

**ACTITUDES HACIA LA NATURALEZA DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA:
EL CASO DE LA PRODUCCIÓN DE BIOETANOL A PARTIR DE MUCÍLAGO
DE CAFÉ**

LUIS DAVID GONZÁLEZ VARGAS

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LA QUÍMICA
BOGOTÁ D.C**

2020

**ACTITUDES HACIA LA NATURALEZA DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA:
EL CASO DE LA PRODUCCIÓN DE BIOETANOL A PARTIR DE MUCÍLAGO
DE CAFÉ**

LUIS DAVID GONZÁLEZ VARGAS

**Trabajo de grado para optar el título de Magíster en Docencia de la Química:
Profundización en Enseñanza de la Química Instrumental**

DIRECTORA:

YOLANDA LADINO OSPINA

Doctora en Educación

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LA QUÍMICA
BOGOTÁ D.C**

2020

Nota de aceptación

Firma del evaluador interno

Firma del evaluador externo

Firma del director

Bogotá, mayo de 2021

DEDICATORIA

A mi esposa Anyulibeth por sus aportes, apoyo y comprensión.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a los docentes del programa de maestría en docencia de la química y colegas maestrantes quienes con sus aportes contribuyeron mi formación profesional y, consecuentemente, a la realización del presente trabajo investigativo.

Especial agradecimiento a la Doctora Yolanda Ladino Ospina por su disposición, apoyo, confianza y aportes fundamentales en cada una de las etapas del proceso investigativo.

Especial mención a mi madre, padre y hermanos por su motivación constante.

"Para todos los efectos, declaro que el presente trabajo es original y de mi total autoría; en aquellos casos en los cuales he requerido del trabajo de otros autores o investigadores, he dado los respectivos créditos"

Acuerdo 031 de Consejo Superior del 2007, artículo 42, parágrafo 2

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	8
2. JUSTIFICACIÓN	10
3. ANTECEDENTES	12
4. MARCO TEÓRICO	16
4.1. MARCO DISCIPLINAR	16
4.1.1. El mucílago de café y su uso en la producción de bioetanol	16
4.2. MARCO DIDÁCTICO	17
4.2.1. La enseñanza de la ciencias y el favorecimiento de actitudes hacia la NdCyT 17	
5. DESCRIPCIÓN, DELIMITACIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	20
5.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	20
6. OBJETIVOS	21
6.1. OBJETIVO GENERAL	21
6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
7. METODOLOGÍA	22
7.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	22
7.2. PARTICIPANTES	22
7.3. FASES DEL DESARROLLO DEL TRABAJO	23
7.3.1. Fase Inicial	23
7.3.2. Fase de desarrollo	23
7.3.3. Fase Final	24
7.3.4. PROPUESTA-PROCEDIMENTAL	24
7.3.5. Obtención y tratamiento de la muestra	24

7.3.6.	Proceso de Fermentación.....	25
7.3.7.	Destilación	26
7.4.	Análisis del rendimiento del bioetanol	26
7.4.1.	Análisis de azúcares totales y reductores.....	29
7.5.	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	32
7.5.1.	Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad ...	32
7.5.2.	Secuencia de Enseñanza Aprendizaje	34
7.5.3.	Adaptaciones de la Secuencia de Enseñanza Aprendizaje	37
8.	RESULTADOS Y ANÁLISIS	39
8.1.	RESULTADOS DEL PRETEST Y POSTEST	39
8.1.1.	Diferencia pretest – postest sobre la percepción de la NdCyT desde el COCTS.....	39
8.1.2.	Análisis para cada cuestión	40
8.2.	SECUENCIA DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE	43
8.2.1.	Fases Elicitar - Extender: Análisis de las nubes de palabras	43
8.2.2.	Fases enganchar y extender: Análisis de las V heurísticas.....	46
8.3.	RESULTADOS Y ANÁLISIS EXPERIMENTAL.....	49
8.3.1.	Análisis de azúcares totales y reductores.....	49
8.3.2.	Análisis del rendimiento de la producción de etanol.....	50
9.	CONCLUSIONES	52
10.	RECOMENDACIONES	54
11.	BIBLIOGRAFÍA.....	55
12.	ANEXOS	61

INTRODUCCIÓN

Se presenta el diseño de una Secuencia de Enseñanza Aprendizaje (SEA) en torno a la producción de bioetanol a partir del mucílago de café para favorecer la adquisición de actitudes adecuadas hacia la Naturaleza de la Ciencia y Tecnología (NdCyT) en estudiantes de grado undécimo, empleando la metodología denominada ciclo de aprendizaje 7E propuesto por Eisenkraft (2003). Para ello se plantea la articulación de los siguientes aspectos: (i) el planteamiento de la producción de bioetanol a partir de mucílago de café como una alternativa de solución al vertimiento de residuos del beneficio del café en las fuentes hídricas del municipio del Páramo Santander, (ii) la enseñanza de conceptos relacionados con las reacciones de oxidación de compuestos orgánicos especialmente del etanol y la importancia de esto en la naturaleza, la industria y la vida cotidiana. (iii) el uso de métodos de análisis químico instrumental y sus implicaciones en la enseñanza de la química a nivel de educación media y (iv) la generación de actitudes y opiniones adecuadas hacia la Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología (Bennásassar, Vásquez, Manassero y Garcia, 2010)

El primer elemento se relaciona con el planteamiento de una alternativa de solución a la problemática ambiental asociada al vertimiento de los residuos de la producción de café en fuentes de agua en el municipio de El páramo Santander. El segundo aspecto, permite definir y aportar al objetivo de enseñanza de la secuencia, pues brinda los elementos conceptuales propios de la química orgánica y, particularmente del estudio de las reacciones de oxidación, a través de la relación entre: la fermentación alcohólica, las propiedades físicas y químicas del etanol, los procesos de separación, entre ellos, los distintos tipos de destilación y la comparación a nivel de eficiencia energética entre el etanol y otros combustibles.

El tercer elemento consiste en aplicar técnicas de análisis químico instrumental para determinar el rendimiento de la producción de bioetanol a partir de mucílago de café. Este aspecto fortalece el componente conceptual de la SEA, pues permitirá tener

claridad sobre los métodos y técnicas que pueden ser llevados al aula teniendo en cuenta las características del contexto donde se plantea la secuencia.

El último de los aspectos que se vincula tiene que ver, con la definición de Bennásassar et al., (2010) sobre la Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología según la cual la naturaleza de la ciencia incluye la reflexión sobre los métodos para validar el conocimiento científico, los valores implicados en las actividades de la ciencia, las relaciones con la tecnología, la naturaleza de la comunidad científica, las relaciones de la sociedad con el sistema tecnocientífico y las aportaciones de éste a la cultura y al progreso de la sociedad; se pretende que cada una de las actividades planteadas en la SEA apunten a generar opiniones adecuadas en los estudiantes sobre algunos de los elementos de la NdCyT.

JUSTIFICACIÓN

Las instituciones educativas poseen la responsabilidad de ser un motor de transformación social, científica y tecnológica; por ello, no deben ser ajenas a los cambios y necesidades del mundo y, particularmente, del contexto en el que se encuentren inmersas. Partiendo de este supuesto las Naciones Unidas a través de las orientaciones de la Agenda 2030 sugieren como reto al sector académico aportar al desarrollo sostenible desde dos ámbitos apremiantes: garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos y el acceso a la energía sostenible (Naciones Unidas/CEPAL, 2019).

En este mismo sentido y bajo la concepción de que la institución escolar desempeña un papel privilegiado en la motivación y en el fomento del espíritu reflexivo, crítico e investigativo, para la formación en ciencias naturales, el Ministerio de Educación Nacional (MEN) plantea como una de las acciones para formar ciudadanos competentes en ciencias naturales la inclusión del eje de Ciencia, Tecnología y Sociedad dentro de los Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales (Ministerio de Educación Nacional, 2004, p.10)

De acuerdo con todo lo anterior, dentro de las instituciones educativas es preciso dirigir los espacios de aprendizaje de las ciencias hacia la formación de ciudadanos que puedan entender las condiciones del contexto y a partir de esto aportar al desarrollo sostenible desde el entendimiento de la relación estrecha entre la Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente (CTSA). Por ello, en el Colegio Nuestra Señora de la Salud del Páramo (Santander), entendiendo las características sociales y económicas del municipio y las metas institucionales consignadas en el PEI; se propician espacios de enseñanza de las ciencias y particularmente, de la química, que responden a la formación desde una perspectiva que comprende la interrelación entre la CTSA. Adicionalmente, en conformidad con los principios de los Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales se reconoce que las competencias son dependientes de los contenidos de un ámbito del saber qué, dónde y para qué de ese saber, pues cada competencia requiere conocimientos,

habilidades, destrezas, actitudes y disposiciones específicas para su desarrollo y dominio (Ministerio de Educación Nacional, 2004, p.11). Por ello se hace necesario, el reconocimiento de las actitudes, opiniones y disposiciones de los estudiantes hacia la Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología, pues permite vincular el conocimiento científico con el conocimiento sobre la naturaleza y especificidad de las relaciones entre la ciencia y la tecnología.

ANTECEDENTES

Lederman (2006) en su revisión bibliográfica en torno al estado de la cuestión sobre NOS (*Nature of Science* - por sus siglas en inglés - en adelante naturaleza de la ciencia) menciona, que ya desde inicios del siglo XX ésta se propuso como una meta de aprendizaje para los estudiantes de ciencias; más tarde, como lo indica el mismo autor, pasó a ser relevante en la construcción de los currículos de ciencias en varios países alrededor del mundo. Sin embargo, solo a finales de la década de los 90 y a inicio del siglo XXI la investigación alrededor de este tema se fortaleció mediante diversas publicaciones, ya no solo en el contexto anglosajón, sino también en el ámbito iberoamericano como se verá más adelante.

En sus inicios el estudio sobre la naturaleza de la ciencia condujo a parametrizar y medir las concepciones y creencias de estudiantes y profesores. En este sentido, autores como Aikenhead y Ryan (1992), diseñaron un instrumento de evaluación para este fin denominado VOSTS (*views of Science-Technology-Society* - por sus siglas en inglés); Rubba y Harkness (1993), a través del cuestionario TBS - TS (Teacher's Belief about Science- Technology-Society por sus siglas en inglés), investigaron ampliamente las creencias de los profesores en servicio y en formación alrededor de la relación Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) y Adb-EI-Khalick, Lederman, Bell, y Schwartz (2001), validaron el instrumento VNOS (*Views of Nature of Science*- por sus siglas en inglés).

Es posible advertir que para validar instrumentos de medición y medir en sí, es crucial entender y definir aquello que se está midiendo. Por ello, algunos autores como Lederman (1992), Bell y Lederman (2003), Bartholomew, Osborne y Ratcliffe (2004), McComas y Olson (1998), Aikenhead y Ryan, (1992) encaminaron sus esfuerzos para establecer definiciones claras sobre la naturaleza de la ciencia. No obstante, esta tarea no ha conducido a resultados unificados sino que más bien, ha generado diversas definiciones que de acuerdo con Vázquez, Aponte, Manassero, y Montesano (2014), se pueden enmarcar en dos corrientes. La primera de ellas prioriza los aspectos epistemológicos de la naturaleza de la ciencia y la segunda

tiene en cuenta las interrelaciones entre ciencia - tecnología – sociedad y en general aspectos que van más allá de lo epistémico (Vázquez, Acevedo, Manassero y Acevedo, 2006).

En su ya citada recopilación bibliográfica Lederman (2006, p. 5), indica que las corrientes de investigación más relevantes sobre la naturaleza de la ciencia han sido: a) investigación sobre las concepciones de los estudiantes, b) investigación sobre el currículo, c) investigación sobre las concepciones de los profesores, d) investigación sobre los intentos de mejorar las concepciones de los profesores, e investigación sobre la efectividad relativa de diversas prácticas de instrucción. Si bien todas ellas anteceden y son fundamentales para entender el actual estado de la investigación en la naturaleza de la ciencia como parte importante de los intereses de la didáctica de las ciencias y de la formulación de planes educativos y curriculares, el interés recae sobre el paso de estos cuestionamientos a las políticas e intereses investigativos del contexto iberoamericano.

De acuerdo con la información suministrada por García, Vázquez y Manassero, (2012) una de las líneas de investigación más activas en Iberoamérica ha sido justamente la relacionada con la didáctica de la Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología. Esta alta actividad se corresponde principalmente con el surgimiento en el año 2007 del Proyecto Iberoamericano de Evaluación de Actitudes Relacionadas con la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad (PIEARCTS) que según Bennásassar et al. (2010), nace como respuesta a la escasa investigación en Iberoamérica sobre naturaleza NdCyT. Más concretamente y en palabras de Bennásassar et al. (2010)

“PIEARCTS es un estudio de investigación cooperativa internacional en la que participan diversos grupos de investigación pertenecientes a distintos países, instituciones y regiones de lenguas ibéricas (español y portugués). Su finalidad es evaluar las creencias y actitudes de estudiantes y profesores sobre las cuestiones de naturaleza de la ciencia y tecnología”. (p. 11)

Dentro de este proyecto se hallan investigaciones realizadas en países como España (Bennàssar, Vázquez, Manassero y Garcia, 2010); Portugal (Figueiredo y Paixao, 2010); México (Garriz, Rueda, Robles y Vázquez, 2011), Colombia (Callejas y Mendoza, 2010) y Brasil (Delourdes y Bispo, 2010). En todos los casos anteriores el objetivo central fue el análisis de las actitudes y creencias sobre la NdCyT, mediante el Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad (COCTS).

Los resultados del proyecto indicado previamente sirvieron como referente en los programas de formación de profesores de ciencias en Colombia. Al respecto, se han realizado diagnósticos sobre el estado de creencias y actitudes hacia la NdCyT como es el caso de los presentados por Callejas y Mendoza (2010), Sanabria. T y Callejas. R (2012) y Siso y Cuéllar (2017). Tuay, Pérez y Porras (2014), quienes indistintamente, abordaron la manera en que los profesores en ejercicio conciben el funcionamiento de la ciencia y la tecnología (CyT) en el mundo actual, o, cuál es la naturaleza de la CyT y las relaciones entre la ciencia, la tecnología, la sociedad y el ambiente (CTSA) que los profesores manifiestan poseer o ponen en práctica en su ejercicio profesional.

El paso siguiente a la labor diagnóstica ha sido el accionar sobre aquello que se ha identificado. Por ello numerosos trabajos circunscritos entre el plan de Enseñanza-Aprendizaje de la Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología (EANCYT) dirigido por Vázquez, Manassero y Bennàssar (2012), indagaron en torno a la búsqueda de estrategias para la formación del profesorado en naturaleza de la ciencia. La aproximación a diversas problemáticas relacionadas con la NdCyT, el COCTS y el diseño de Secuencias de Enseñanza-Aprendizaje (SEA) creadas a partir del modelo ciclo de aprendizaje 7E (Eisenkraft, 2003), se han venido aplicando en algunas investigaciones hechas en los programas de formación de profesores a nivel de pregrado y posgrado en varias universidades de Iberoamérica, entre ellas la Universidad Pedagógica Nacional. En esta línea se encuentra entre otros los

trabajos realizados por Cárdenas y Castro (2017), Murcia y Ruiz (2017), Gómez y Ramírez (2018); Reyes, (2019) y Ladino, Porras y Tuay (2020).

Ahora bien, el Ministerio de Educación Nacional introdujo en el currículo de ciencias para la educación básica y media a través de los Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales la necesidad integrar conceptos básicos de la ciencia con la formación CTS (Ministerio de Educación Nacional, 2004). Ello implica que en los programas de educación básica y media se puedan incluir problemáticas socioambientales con el objetivo de establecer relaciones de enseñanza aprendizaje entre los contenidos de aprendizaje de las ciencias naturales y la NdCyT. En este sentido varias de los trabajos de investigación mencionados previamente plantean SEA relacionadas, por ejemplo, con el proceso de biorremediación de suelos contaminados con mercurio (Murcia y Ruiz, 2017) o en el fomento de la energía sostenible (Reyes, 2019), entre otros.

En cuanto a la problemática socioambiental relacionada con el uso de mucílago de café para la producción de bioetanol es importante señalar que, de acuerdo con algunas bases de datos consultadas, no existe un trabajo investigativo que incluya dicha problemática en procesos de enseñanza aprendizaje desde la naturaleza de la ciencia y la tecnología. No obstante, algunos estudios previos como el realizado por Epstein, Vieira, Aryal, Vera y Solis (2010) demuestran que es posible realizar prácticas de laboratorio significativas produciendo etanol a partir de diversas fuentes, que se sometieron a procesos de degradación celulósica, como frutas, granos y pasto. Asimismo, Van Seters, Sijbers, Denis, y Tramper (2011) con el fin de introducir a los estudiantes en el campo de la biotecnología y fortalecer las competencias científicas realizaron actividades experimentales para producir bioetanol a partir de residuos celulósicos que se desechan cotidianamente como, por ejemplo, los pañuelos faciales y los residuos de la poda de prados.

MARCO TEÓRICO

4.1. MARCO DISCIPLINAR

4.1.1. El mucílago de café y su uso en la producción de bioetanol

El mucílago es un material de naturaleza coloidal que se encuentra entre el endocarpio y el mesocarpio del fruto del café (ver ilustración 1). Su composición es variable y depende del grado de madurez del fruto, el nivel de pluviosidad en el que se realiza la recolección y la variedad del arbusto de café, entre otros. Según datos de Rodríguez, Sanz, Oliveros y Ramírez, (2015) el mucílago contiene entre 85% a 91% de agua y entre 6,2% y 7,4% de azúcares, constituidos por 63% de azúcares reductores. De acuerdo con Ríos y Puerta, (2011) los frutos maduros y frescos contienen en promedio 10,4% (entre 1,1% y 27,3%) en peso de mucílago y los granos despulpados un 18,8%. En consecuencia, por cada tonelada de café cereza que se procese pueden obtenerse entre 80 y 140 kilogramos de mucílago, según la madurez y la cantidad de agua usada en el desmucilaginado mecánico.

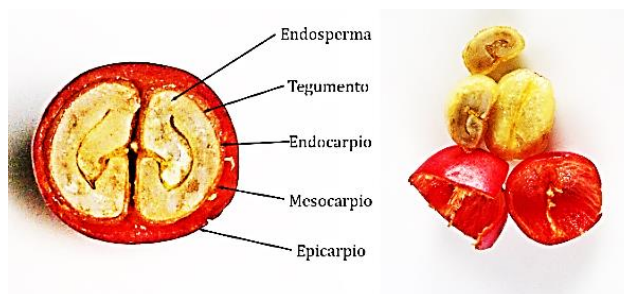


Ilustración 1: Estructura del grano de café

Fuente: Orrego, Zapata, y Kim, (2018b)

Según datos recopilados por Rodríguez y Zambrano, (2010) en términos de volumen, por cada kilogramo de café cereza sin seleccionar se producen 91 mL de mucílago fermentado. Su producción media es de 768 kg/ ha-año, es decir que por cada millón de sacos de 60 kg de café que Colombia exporta, se generan aproximadamente 55.500 t de mucílago fresco (Orrego, Zapata-Zapata y Kim, 2018)

De acuerdo con lo anterior, el mucílago es un residuo que presenta la posibilidad de ser usado en la producción de bioetanol el cual se obtiene por la fermentación

bioquímica de azúcares hasta lograr un grado alcohólico entre un 10% - 15%, el cuál es posible concentrarse hasta alcanzar una concentración superior al 95%. En estudios de fermentación alcohólica reportados por Rodríguez y Zambrano, (2010) se encontró un valor promedio de 58,37 mL de etanol obtenido a partir de 1 kg de mucílago fresco equivalente, en unidades de energía a 1,23 MJ/kg de mucílago.

Como se indicó previamente, debido a su composición química la producción de etanol se realiza mediante fermentación alcohólica, la cual normalmente se lleva a cabo por levaduras del género *Saccharomyces Torulopsis*, *Candida* y *Rhodotorula*, así como las bacterias lácticas *Lactobacillus* y *Streptococcus*. Braide, Udebbunam, Mike-Anosike (2018) reportan que en condiciones de laboratorio se ha realizado la producción de etanol a partir de mucílago de café en condiciones de pH, temperatura y concentración de azúcares conocidas, empleando *Zymomonas mobilis* y, principalmente, *Saccharomyces cerevisiae*.

4.2. MARCO DIDÁCTICO

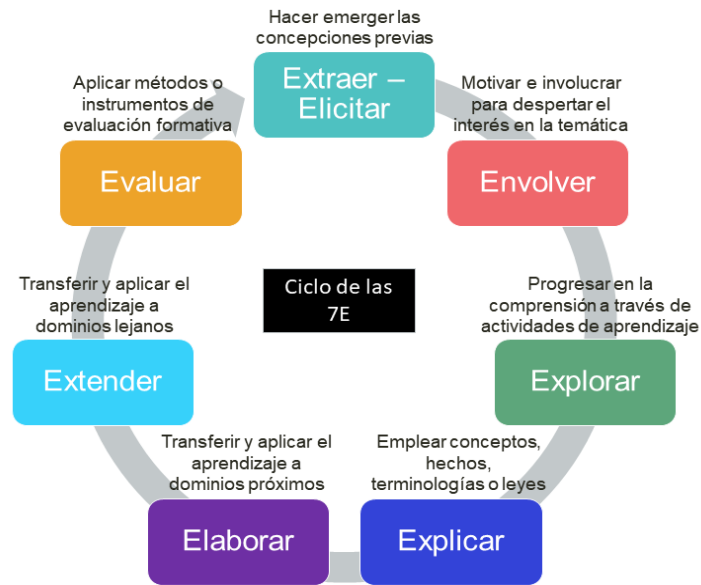
4.2.1. La enseñanza de la ciencias y el favorecimiento de actitudes hacia la NdCyT

El concepto de Naturaleza de la Ciencia y Tecnología, que se toma como referente abarca cuestiones epistemológicas, sociológicas y psicológicas, esto es, gran diversidad de aspectos, tales como qué es la ciencia, su funcionamiento interno y externo, cómo se construye y se desarrolla el conocimiento que produce, los métodos que emplea para validar y difundir este conocimiento, los valores implicados en las actividades científicas y las características de la comunidad científica (Vazquez, Manassero y Acevedo, 2002). Para el presente trabajo son de especial importancia, las definiciones de ciencia, los vínculos de la ciencia con la tecnología y las relaciones de la sociedad con la ciencia y la tecnología.

Acevedo (2008) y Vázquez, Manassero y Bennásassar (2013), en referencia la efectividad de las metodologías para mejorar la enseñanza y el aprendizaje de la

NdCyT concluyen que existen dos requisitos clave: i) por un lado el carácter explícito de la enseñanza y, por otro, ii) la realización de actividades enfocadas a promover la reflexión sobre esta temática. Así, en la enseñanza de la NdCyT deben hacerse claramente explícitos los contenidos en las actividades, teniendo como punto de partida objetivos curriculares claros. Lo anterior debe ir unido a actividades metacognitivas de reflexión donde se dé la discusión explícita y realmente los contenidos de NdCyT.

Teniendo en cuenta lo anterior, y la propuesta de Vázquez et al. (2013) las Secuencias de Enseñanza Aprendizaje son una buena herramienta para la enseñanza de la naturaleza de la ciencia. De acuerdo con Buty, Tiberghien, y Le Maréchal, (2004) estas son procesos que articulan secuencialmente una serie de actividades en torno a un objetivo de enseñanza-aprendizaje o en palabras de Vázquez et al. (2013) son un “conjunto articulado de actividades de enseñanza-aprendizaje sobre el tópico elegido, basadas en las prescripciones de la investigación y adaptadas al nivel evolutivo y a las pautas de las reacciones esperadas de los estudiantes”. Según Eisenkraft, (2003, p. 57), una de las herramientas para estructurar secuencias de enseñanza aprendizaje es el llamado ciclo de las 7E, este es un modelo en el que cada letra "E" en los ciclos de aprendizaje representa las letras mayúsculas de las palabras en inglés que indican fases del proceso de aprendizaje.



*Ilustración 2: ciclo de aprendizaje de las 7E
Fuente: adaptado de Vázquez et al. (2013)*

Para Manassero y Vázquez (2001) las actitudes son tendencias o predisposiciones con componentes cognitivos, conductuales, pero sobre todo emotivos, positivos y negativos, hacia un determinado objeto de actitud. La enseñanza de la NdCyT puede ser acompañada con elementos que permitan medir o por lo menos conocer la forma como se concibe la relación de la sociedad con la ciencia y la tecnología. Por ello, el uso del Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad, al ser un cuestionario ampliamente validado, les confiere especial solidez a las propuestas de enseñanza de la naturaleza de la ciencia y la tecnología. Según Vázquez, et al. (2012) el COCTS se considera un instrumento válido y fiable para la investigación de las razones de los encuestados para justificar sus concepciones. De acuerdo con Vázquez y Manassero (2012), las actitudes y opiniones hacia la NdCyT pueden ser evaluadas mediante el escalamiento de cada una de las cuestiones del COCTS en tres categorías normalizadas, a saber: (i) adecuada (A): La frase expresa un punto de vista apropiado, (ii) plausible (P): Aunque no es totalmente adecuada, la frase expresa algunos aspectos aceptables e (iii) ingenua (I): La frase expresa un punto de vista que no es ni adecuado ni plausible.

DESCRIPCIÓN, DELIMITACIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

5.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El Colegio Nuestra Señora de la Salud es una institución educativa urbana, sin embargo, la mayoría de sus estudiantes proviene del sector rural, donde se desarrollan diversas actividades agrícolas; una de ellas: el cultivo del café, que representa el principal renglón económico del municipio. La producción de café consta de varios procesos, entre ellos la recolección y procesamiento del fruto, este último conocido como “beneficio”. El beneficio del café en el municipio de El Páramo se realiza, principalmente, de manera convencional, ello representa según datos de CENICAFÉ un alto consumo específico de agua, 40 L.kg^{-1} de café pergamino seco y alta contaminación orgánica: 115 g de DQO por kilogramo de café cereza (Rodríguez et al., 2015). El agua gastada en el proceso de beneficio, tanto convencional como mecánico, en muchos casos no es tratada y llega a las fuentes hídricas del municipio. El proceso de beneficio del café genera mucílago como producto de desecho responsable del 26% de la contaminación generada por el aprovechamiento del fruto (Rodríguez, et al. 2015). Por ello, surge la oportunidad de propiciar un espacio en el que el planteamiento de una posible solución a una problemática ambiental manifiesta en el contexto de los estudiantes pueda ser empleada para favorecer actitudes hacia la NdCyT al tiempo que se fortalece la comprensión de algunas reacciones de oxidación en compuestos orgánicos.

Así, se plantea la siguiente pregunta de interés: ¿En qué medida una Secuencia de Enseñanza Aprendizaje diseñada en torno a la producción de bioetanol, a partir de mucílago de café, y fundamentada en el ciclo de aprendizaje 7E favorece la adquisición de actitudes adecuadas hacia la NdCyT en estudiantes de grado undécimo?

OBJETIVOS

6.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar una Secuencia de Enseñanza Aprendizaje, en torno a la producción de bioetanol a partir de mucílago de café, fundamentada en el ciclo de aprendizaje 7E y favorecer la adquisición de actitudes adecuadas hacia la NdCyT en estudiantes de grado undécimo.

6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Estructurar y aplicar la Secuencia de Enseñanza Aprendizaje, de algunas reacciones de oxidación de compuestos orgánicos presentes en materiales vegetales.
2. Proponer técnicas de análisis químico instrumental y no instrumental para determinar el rendimiento de la producción a microescala de bioetanol a partir de mucílago de café.
3. Analizar en qué medida la Secuencia de Enseñanza Aprendizaje diseñada favorece la adquisición de actitudes adecuadas hacia la NdCyT

METODOLOGÍA

7.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de investigación educativa es de enfoque mixto, pues incluye tanto en el diseño como en el análisis, aspectos cualitativos como cuantitativos tendientes a conocer el efecto de la aplicación de una Secuencia de Enseñanza Aprendizaje en la adquisición de actitudes adecuadas hacia la NdCyT en estudiantes de undécimo grado.

Se plantea un diseño mixto de integración en el que se entremezclan las aproximaciones cualitativas como la categorización del trabajo realizado por los estudiantes en la aplicación de la SEA y cuantitativas como el uso del COCTS para la recolección y análisis de los resultados, esto, según los criterios propuestos por Hernández, Fernández y Baptista (2014). Para ello, se emplea un diseño específico de tipo cuasiexperimental debido a que los participantes no fueron asignados al azar, sino por oportunidad (Johnson y Christensen, 2014). El impacto de la SEA en el favorecimiento de actitudes adecuadas hacia la naturaleza de la ciencia se determina mediante el método pretest-postest.

7.2. PARTICIPANTES

La población beneficiaria fue elegida por oportunidad y corresponde a los estudiantes de undécimo grado del Colegio Nuestra Señora de la Salud del Municipio del Páramo, Santander. En total participaron 39 estudiantes: 22 mujeres y 17 hombres, todos ellos entre los 16 y 19 años.

El grupo participante estuvo a cargo del investigador y no se alteró el plan de área, sino que se implementó la SEA de manera articulada en un espacio de 4 semanas, en un total de 16 h, bajo la modalidad de educación remota. Esta metodología, precisó la adaptación de algunas actividades de la secuencia original con el fin de superar las dificultades de comunicación que presentaban varios estudiantes (ver Anexo 3 Actividades SEA)

7.3. FASES DEL DESARROLLO DEL TRABAJO

7.3.1. Fase Inicial

En esta fase se estructuró la SEA atendiendo a los criterios propuestos por Vázquez et al. (2013) y siguiendo la metodología de Eisenkraft (2003). Se plantearon los siguientes aspectos básicos para su construcción: (i) las actividades debían llevar a los estudiantes a proponer alternativas a la problemática del vertimiento de los subproductos del café a las fuentes hídricas, (ii) el uso de técnicas de análisis químico instrumental y los conocimientos científicos relacionados estarían presentes en el análisis de la producción y el uso del bioetanol y (iii) el proceso de producción de bioetanol permitiría el abordaje de las reacciones de oxidación de compuestos orgánicos.

Una vez construida la SEA se aplicó como instrumento de pretest un conjunto de preguntas extraídas del COCTS con el fin de determinar las actitudes y opiniones de los estudiantes hacia las concepciones de ciencia, su respectiva interdependencia e interacción y su influencia en la sociedad.

7.3.2. Fase de desarrollo

En esta fase se dispuso de dos momentos. En primer lugar, se realizó el diseño experimental con el fin de dar fundamento conceptual, metodológico y procedimental a la SEA y vincular efectivamente la enseñanza de técnicas instrumentales de análisis químico. Se propuso el uso de técnicas instrumentales para la determinación de azúcares reductores y no reductores y a partir de esto el rendimiento de la producción de etanol desde el mucílago de café. Sin embargo, también se plantearon como alternativa métodos de análisis no instrumental. Los métodos de análisis propuestos se explican en el apartado 7.3.4.

Posteriormente se implementó la SEA, es importante aclarar que cuestiones externas e imprevistas en el diseño original de la secuencia fue necesario realizar algunas adaptaciones metodológicas para que esta pudiese ser aplicada en la

modalidad de educación remota. La secuencia original y las adaptaciones realizadas se presentan en el apartado de 7.5.

7.3.3. Fase Final

A partir de los resultados del pretest y postest se analizó en qué medida la implementación de la SEA favoreció la adquisición de actitudes hacia la Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología, esto se complementó con el establecimiento de categorías de análisis de lo realizado por los estudiantes en las etapas de Elicitar, Enganchar-Explorar y Extender de la SEA. Finalmente, se analizó los resultados de una encuesta de percepción aplicada a los estudiantes sobre su aprendizaje en el desarrollo de las actividades propuestas y la producción de bioetanol como medio de aprovechamiento de los subproductos de la producción de café pergamino.

También, se realizó un reconocimiento de las debilidades y fortalezas de las actividades experimentales y de enseñanza aprendizaje propuesta, a la luz de las forzosas limitaciones en las que estas se desarrollaron.

7.3.4. PROPUESTA-PROCEDIMENTAL

A continuación, se describe el montaje experimental realizado a pequeña escala para la obtención de etanol a partir de mucílago de café. Del mismo modo, debido a que la presente propuesta tiene como proyección su aplicación en contextos diferentes al descrito en el apartado 7.2, se proponen dos tipos de procedimientos experimentales que pueden aplicarse de acuerdo con la disponibilidad de materiales, instrumentos y espacio físico para su realización (subapartados 7.4 y 7.4.1). En todo caso, se propone que los estudiantes puedan involucrarse directa o indirectamente en el proceso experimental, especialmente con el uso de técnicas de análisis instrumental.

7.3.5. Obtención y tratamiento de la muestra

Se obtuvieron 2 L de mucílago de la finca Porvenir del municipio de El Páramo, Colombia, donde es extraído mediante desmucilaginado mecánico. Este mucílago proviene principalmente de café de la variedad castilla.

Para su pretratamiento, se filtró 1 L de la muestra recolectada mediante filtro 20 mesh¹ y sometió a calentamiento en baño de maría a 80 °C durante 30 min. Orrego, Zapata y Kim (2018a) sugieren llevar a autoclave a 120°C durante 15 min y posteriormente centrifugar a 8000 rpm con el fin de remover sólidos.

Se prepararon 100 mL de medio de cultivo con el fin de llevar las levaduras a su fase exponencial. Para ello se emplearon 10 g de extracto de levadura seca *Saccharomyces cerevisiae* de marca comercial, 20 g de peptona y 20 g de glucosa, en él se cultivaron las levaduras a 30°C durante 2 horas (Orrego et al., 2018a).

7.3.6. Proceso de Fermentación

Se emplearon cuatro balones de 500 mL como reactores de fermentación, en ellos se agregaron 250 mL del mucílago previamente preparado y se rectificó el pH a 4,5 empleando una solución 1 M de NaOH. Orrego et al. (2018b) recomiendan que es necesario agregar 125 mg de fosfato monobásico de amonio a cada medio de fermentación con el fin de mejorar la disponibilidad de nutrientes para las levaduras,



Imagen 1: Montaje de fermentación, el diseño empleado permitió mantener la temperatura constante.

Fuente: archivo del autor.

sin embargo, Pérez, De León, Saldaña y Pathiyamattom (2015) reportan que el mucílago en sí contiene los nutrientes necesarios para el crecimiento de las levaduras por lo que no es necesario nitrógeno y fósforo adicional, se tuvo en cuenta la recomendación de Pérez et al. (2015). Todas las muestras de fermentación se ubicaron en un medio a 31°

C durante 24 horas agitándose cada 2 horas.

¹ Equivalente a 0,841 mm de ancho de malla, en su defecto se empleó un tamiz convencional.

7.3.7. Destilación

Pasadas 24 horas cada uno de los fermentos se sometió a un proceso de destilación simple. Antes de la destilación se agregó a cada balón 0,5 g de hidróxido de sodio y 5 mL de acetite vegetal como antiespumante. La destilación se realizó hasta recolectar como destilado aproximadamente $2/3$ partes del volumen inicial. Posteriormente, se aforó a 250 mL para llegar al volumen de partida y se almacenó para su análisis.



Imagen 2: Montaje para destilación de la muestra.

Fuente: archivo del autor

7.4. Análisis del rendimiento del bioetanol

Determinación de etanol mediante volumetría redox con $K_2Cr_2O_7$: Se adaptó el proceso propuesto por Kaczmarczyk y Michałowski (2019) para la determinación de etanol en el destilado obtenido en la fase anterior. El procedimiento se basa en la oxidación del etanol del destilado a ácido acético mediante una solución de 0,02 M de $K_2Cr_2O_7$ que se adiciona en exceso y se acidifica con una solución 1 M de H_2SO_4 . El exceso de $K_2Cr_2O_7$ se reduce añadiendo un exceso de una solución de KI. El yodo formado se determina posteriormente en titulación redox con solución estándar de $Na_2S_2O_3$. A partir de las ecuaciones que describen cada uno de los procesos redox se obtiene la siguiente expresión que permite calcular el %m/v de etanol en el destilado y por ende el rendimiento de etanol del proceso de fermentación de mucílago de café. $p = 1,152 * (6 * C_1V_1 - C_2V_2) * \frac{V_f}{V_0 - V_S} (\%, \frac{m}{v})$ Este procedimiento se resume en la Ilustración 3.

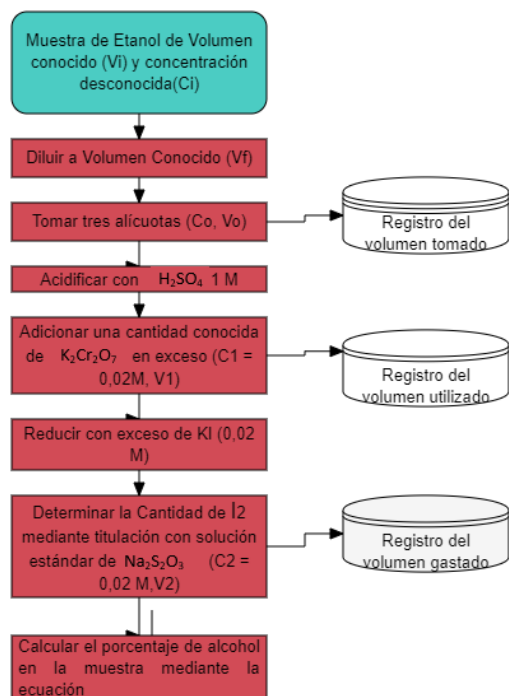


Ilustración 3: Procedimiento para la determinación volumétrica de etanol
 Fuente: elaboración propia a partir de lo propuesto por Kaczmarczyk y Michałowski (2019)

Determinación de etanol mediante espectrofotometría de la oxidación con $K_2Cr_2O_7$: este método se adaptó de la propuesta de Williams y Darwin Reese, (1950); Jackels y Jackels (2005) y Sumbhate, Nayak, Goupale, Tiwari y Jadon (2012); e incluye las recomendaciones de American Public Health Association, (2017) dadas en el procedimiento 3500 para la determinación de cromo del Standard Methods (p. 307). El procedimiento propuesto permite la determinación de etanol en una concentración entre $0,0010$ a $5,8 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ en solución acuosa, este se basa en la oxidación cuantitativa del alcohol etílico mediante una solución de $K_2Cr_2O_7$ en medio ácido, a la cual se adiciona difenilcarbazida que es oxidada a difenilcarbazona por el cromo hexavalente (Cr^{6+}), el cromo trivalente (Cr^{3+}) producido durante esta reacción reacciona con la difenilcarbazona para dar un complejo de color rojo violeta que se mide espectrofotométricamente a 540 nm . Cabe aclarar que solamente el Cr^{3+} intermediario da lugar a la reacción y no el Cr^{3+}

producto de la reacción de oxidación del etanol, puesto que este se encuentra hidrolizado y, por lo tanto, no está disponible.

El proceso de análisis requiere de: a) solución stock de etanol, a partir de etanol absoluto, con una concentración de $10 \text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$, b) solución saturada de difenilcarbazida preparada con etanol al 95%, c) solución de H_2SO_4 6 M y d) solución de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ $1000 \text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ (0,170 M) preparada a partir del dicromato secado a 120°C durante al menos dos horas.

La concentración de la muestra a analizar debe estar entre $1,0$ y $5,8 \text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$, para ello se debe tener en cuenta que según lo reportado por Orrego et al. (2018^a) y Pérez, Saldaña, Guerrero y Santis (2015) es posible producir etanol a partir de mucílago de café con una concentración entre $10 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ y $50 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$, por lo tanto es aconsejable realizar un procedimiento como la densimetría para determinar la concentración aproximada y realizar las diluciones necesarias para llevar la muestra al rango de concentración sugerido. La concentración de etanol en la muestra se calcula a partir de la ecuación química que describe el proceso y los datos del exceso de dicromato de potasio presente en cada muestra que se obtienen a partir de la curva de calibración. El procedimiento para la determinación del etanol se resume en la Ilustración 4.

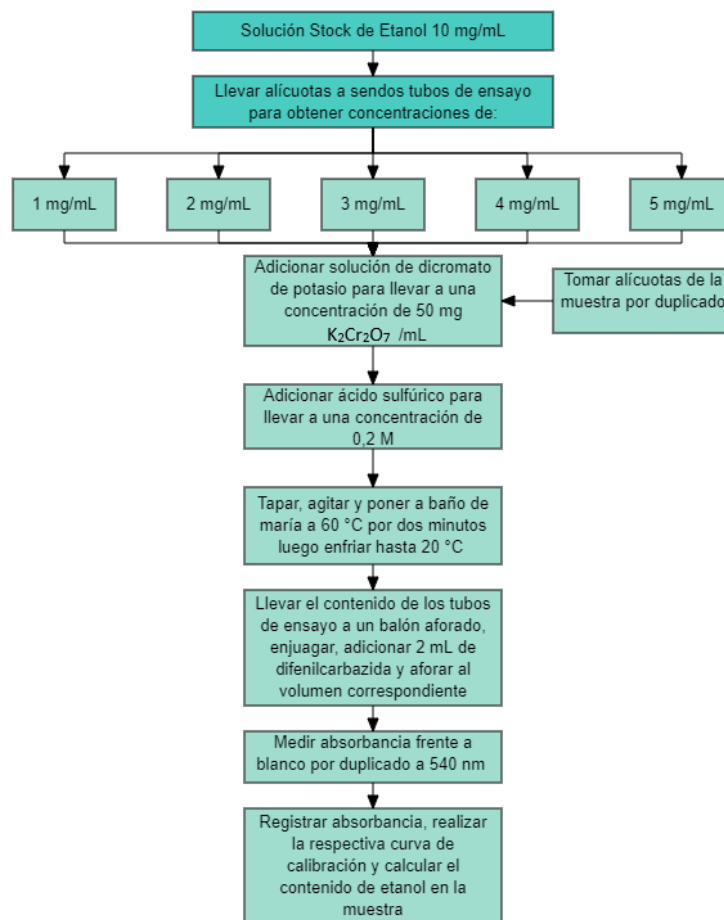


Ilustración 4: Procedimiento para la determinación espectrofotométrica de etanol

Fuente: elaboración propia

7.4.1. Análisis de azúcares totales y reductores

Para los dos métodos propuestos a continuación fue necesario realizar un pretratamiento del mucílago. En primer lugar, se debe clarificar la muestra, este proceso se realiza mediante la adición de carbón activado y una solución concentrada de acetato de plomo, luego se filtra, se le adiciona oxalato de sodio para precipitar el plomo presente y finalmente, se filtra y se realizan las diluciones necesarias para realizar el análisis (Ríos y Puerta, 2011).

Para la determinación de azúcares totales, además del proceso descrito anteriormente, se debe realizar la hidrólisis ácida a 70 °C durante 1 hora, se neutraliza y, posteriormente, se realiza la respectiva determinación.

Determinación de azúcares reductores y totales mediante el método DNS o método de Miller: se basa en la reducción del ácido 3,5-dinitrosalicílico (DNSA), en medio alcalino a 80 ° C, formando ácido glucónico y ácido 3-amino-5-nitrosalicílico que se mide con espectrofotómetro a 480 nm (Cañizares, Hernández y Gómez, 2001; Miller, 1959)

Para este procedimiento emplea: a) solución stock de glucosa 100 mg * mL⁻¹, b) solución de DNSA 10 mg* mL⁻¹, c) solución de NaOH 16 mg* mL⁻¹ y d) solución de fenol 5 mg * mL⁻¹. Los patrones para preparar la curva de calibración se preparan a una concentración de 5, 10, 30, 40 y 50 mg* mL⁻¹ de glucosa. El procedimiento sugerido se describe en la Ilustración 5: Método de Miller para la determinación de azúcares reductores y totales

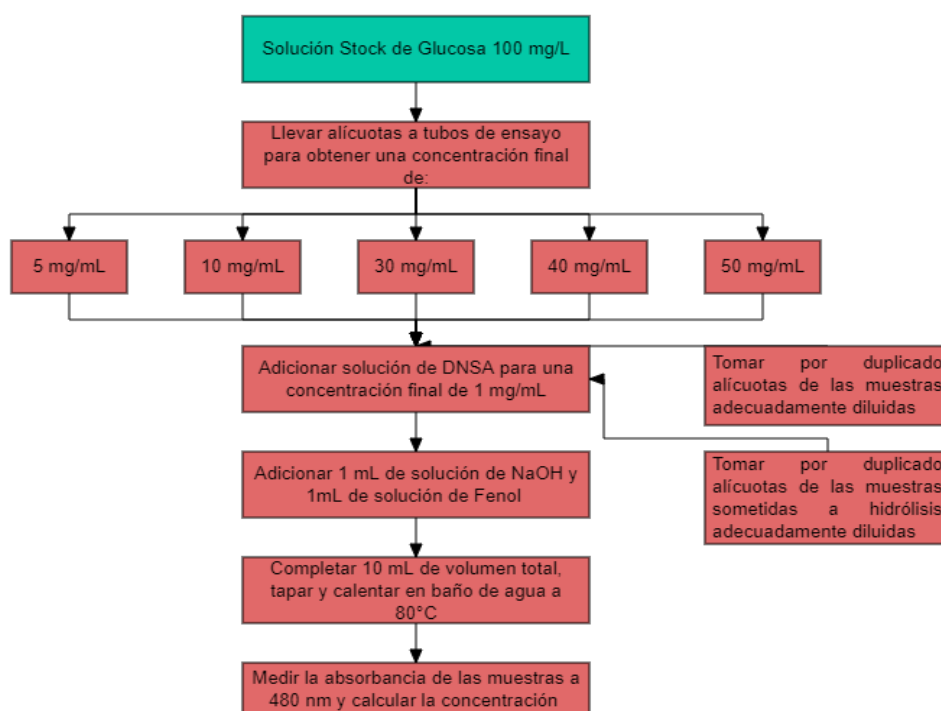
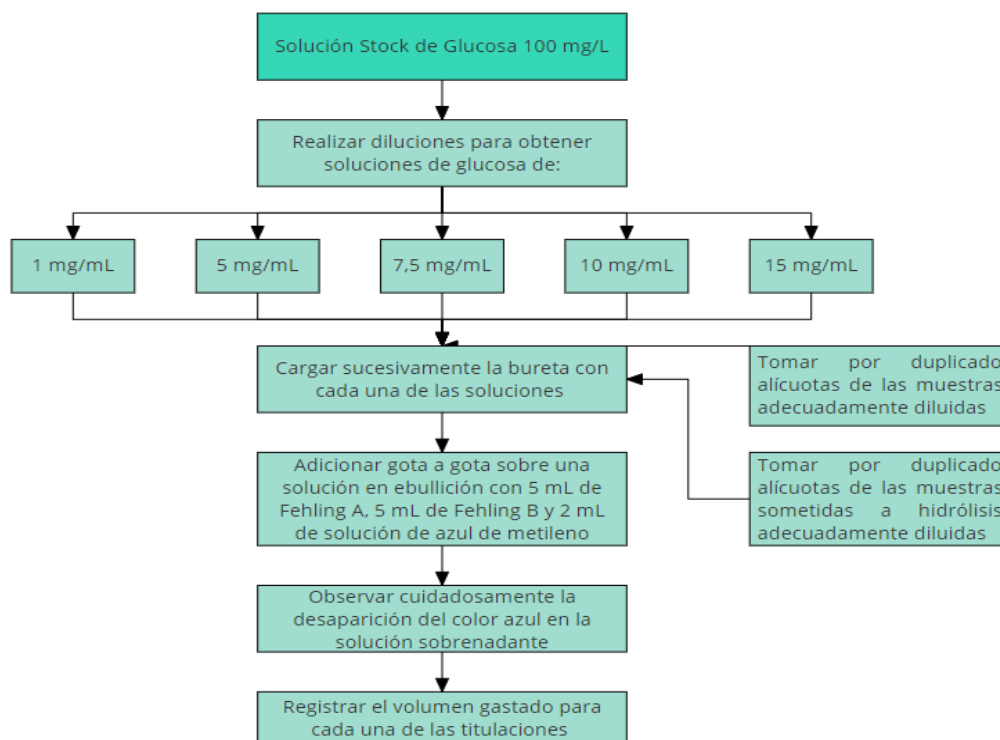


Ilustración 5: Método de Miller para la determinación de azúcares reductores y totales
Fuente: elaboración propia a partir de la propuesta de Cañizares et al. (2001)

Determinación de azúcares reductores y totales mediante el método de Lane-

Eynon: Se propone el uso del método Lane-Eynon (923.09 de la A.O.A.C.), este es un método volumétrico para determinar la concentración de azúcares reductores en una muestra. Se fundamenta en la reducción de iones Cu^{2+} a Cu^{1+} por los carbohidratos reductores en medio alcalino formando un precipitado de color rojo ladrillo (AOAC, 2019). La reacción no es estequiométrica, lo que significa que es necesario preparar una curva de calibración realizando el experimento con una serie de soluciones estándar de concentración de carbohidratos conocida.

Para realizar este procedimiento se agregan sucesivas soluciones patrón de glucosa y las soluciones hidrolizadas y no hidrolizadas de la muestra problema a una cantidad conocida de solución estandarizada de sulfato de cobre (Fehling A) y tartrato de sodio y potasio e hidróxido de sodio (Fehling B) en ebullición con indicador de azul de metileno. Una vez que ha reaccionado todo el sulfato de cobre en solución, cualquier adición de azúcares reductores hace que el indicador cambie de azul a incoloro. Se registra el volumen de solución de azúcar necesario para alcanzar el punto final. El proceso se resume en la Ilustración 6.



*Ilustración 6: Método de Lane-Eynon para la determinación de azúcares totales y reductores
Fuente: elaboración propia a partir de AOAC (2019)*

7.5. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

7.5.1. Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad

Se aplicó como instrumento de pretest y postest un conjunto de cinco preguntas que se extrajeron del COCTS, los temas, subtemas y el código de las cuestiones se muestran de en la Tabla 1. El modelo de pregunta elegido fue el Modelo de Respuesta Única propuesto Vásquez y Manassero (2012) en este “el encuestado selecciona sólo una frase en cada cuestión, aquella que le merece su mayor preferencia; la métrica asigna una puntuación a la cuestión, según la categoría asignada (...) a la frase elegida como única respuesta seleccionada” (p. 4).

Temas	Subtemas	Cuestiones
Definiciones de ciencia y tecnología	Ciencia	10111 y 10113
Influencia triádica	Interacción CTS	30111
Influencia de Ciencia y Tecnología sobre la Sociedad	Resolución de problemas	40411 y 40421

Tabla 1: Resumen cuestiones extraídas del COCTS (ver Anexo 1 Cuestiones del COCTS aplicadas en el pretest y postest)

Fuente: Vásquez y Manassero (2012)

A continuación, se presenta la cuestión 10113 a manera de ejemplo de las preguntas del cuestionario aplicado tomada de Vásquez y Manassero (2012) (el cuestionario completo que se aplicó se presenta en el Anexo 1 Cuestiones del COCTS aplicadas en el pretest y postest:

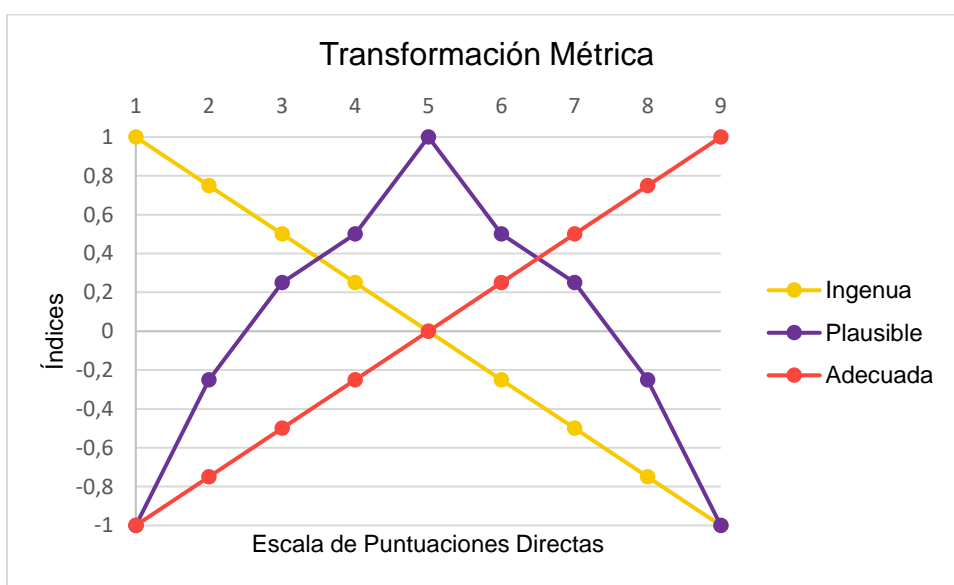
El proceso de hacer ciencia se describe mejor como:

- a. todo lo que hacemos para entender el mundo que nos rodea.
- b. el método científico.
- c. descubrir el orden que existe en la naturaleza.
- d. el uso de la tecnología para descubrir los secretos de la naturaleza.
- e. la aplicación de métodos cualitativos y cuantitativos para entender el universo.
- f. observar y proponer explicaciones sobre las relaciones en el universo, y comprobar la validez de las explicaciones

Cada una de las frases de las preguntas del cuestionario están previamente categorizadas de la siguiente forma:

- Adecuada (A): La frase expresa un punto de vista apropiado.
- Plausible (P): Aunque no es totalmente adecuada, la frase expresa algunos aspectos aceptables.
- Ingenua (I): La frase expresa un punto de vista que no es ni adecuado ni plausible (Vásquez y Manassero, 2012, p. 10).

La métrica establecida por Acevedo, Vásquez Manassero (2003) transforma las puntuaciones directas (dadas en una escala del 1 al 9) en una escala que va desde -1 a 1, tal cual se representa en la Gráfica 1; cuanto más positivo y cercano al valor máximo (1) es un índice, la opinión se considera más adecuada e informada, y cuanto más negativo y cercano a la unidad negativa (-1) es el índice, representa una opinión más ingenua o desinformada. Para cada una de las cuestiones se calculó un índice global obtenido a partir del índice de cada categoría para cada cuestión.



Gráfica 1: Transformación métrica de las opiniones del COCTS
Fuente: Vásquez y Manassero (2012)

7.5.2. Secuencia de Enseñanza Aprendizaje

Tal como se mencionó previamente la Secuencia de Enseñanza Aprendizaje se diseñó según las recomendaciones dadas por Vázquez et al. (2013) quienes plantean que la enseñanza de la naturaleza de la ciencia y la tecnología debe cumplir dos requisitos clave, estos son, el carácter explícito de los contenidos y la realización de actividades enfocadas a promover la reflexión sobre esta temática. En cumplimiento del primer criterio, se utilizó la producción de bioetanol para

abordar conceptos químicos relacionados con las reacciones de oxidación de compuestos orgánicos vinculando el uso de técnicas de análisis químico instrumental.

En la misma línea de lo descrito previamente, se buscó que las actividades realizadas por los estudiantes generaran procesos metacognitivos de reflexión a través de la socialización, la retroalimentación y el uso de estrategias como la creación de reportes mediante la V heurística.

A continuación se describen brevemente las actividades planteadas en cada una de las fases según el modelo de las 7E propuesto por Eisenkraft (2003). Una descripción más completa de la SEA y de las actividades se presenta en el Anexo 2 Secuencia de Enseñanza Aprendizaje y el Anexo 3 Actividades SEA.

Enganchar – Evaluar: se aplicaron las cuestiones 10111,10113, 30111, 40411 y 40421 del COCTS como pretest.

Elicitar, conocimientos previos: A partir de un conjunto de imágenes, los estudiantes plantean una relación general entre ellas, luego analizan los grupos de imágenes propuesto y en máximo tres palabras describen la relación de estas. Se presenta en la clase y se organiza una nube de palabras que recogen los aspectos comunes de las respuestas dadas por los estudiantes.

Enganchar – Explorar, Introducción – motivación: se realiza una salida de campo que consta de las siguientes etapas:

- Antes de la salida: en el aula de clase se contextualiza a través de tres lecturas que explican algunos procesos relacionados con el beneficio del café, producción y uso del etanol y los biocombustibles. Para ello se emplea la técnica de trabajo grupal llamada *jigsaw* (Aronson, 1978) que consiste en organizar el aula en grupos pequeños, en este caso seis, estos se llaman *home groups*, cada uno de los miembros del grupo tiene un tema que discute a un nuevo grupo llamado *expert group* durante un tiempo limitado. Luego, se reúnen nuevamente todos los integrantes del *home group* y, dado que todos

tienen conocimiento de una parte del tema, se construye una visión general de lo propuesto, es decir se completa el *jigsaw* o puzle (Aronson, 1978). El reporte de la comprensión de los temas planteados se hizo mediante la construcción de una V heurística. Los aspectos metodológicos de la construcción de la V heurística se hacen con ayuda del docente teniendo como referencia los criterios propuestos por Gowin y Álvarez (2005)

- Durante la salida: se realiza la actividad de campo recolectando datos a través de una guía de observación que está centrada en reconocer cuáles son los productos que no son aprovechados en la producción del café. Con base en lo observado se plantean alternativas de aprovechamiento de los residuos del café a través de una lluvia de ideas.
- Después de la salida: a partir de lo observado y las opciones de aprovechamiento, identificado en la fase anterior, los estudiantes construyen una nueva V heurística que es socializada con todo el grupo y que incluye elementos conceptuales de la fase 'antes' y las alternativas de solución planteadas en la lluvia de ideas.

Explicar, Actividades de Desarrollo: A través de simulaciones y otros materiales audiovisuales se explicaron las principales reacciones de oxidación del etanol, los respectivos cambios de energía y se realizaron comparaciones con otros procesos oxidativos. Se retoman las V heurísticas creadas por los grupos en la fase previa y se les pide a los estudiantes que describan cuales de los procesos descritos son oxidaciones.

Se le entrega a cada uno de los grupos un sobre que contienen recortes de una reacción química de oxidación (de etanol y otras sustancias semejantes). Los estudiantes deben ordenar correctamente la ecuación y balancearla.

Cada uno de los grupos expone y explica la ecuación química que han reagrupado haciendo énfasis en el proceso de cambio químico.

Elaborar, Consolidación: de forma grupal los estudiantes realizan algunos cálculos de energía producida por una determinada cantidad de combustibles. Luego se socializan los resultados y se establecen las respectivas comparaciones.

Extender, actividades de ampliación: Se realiza el proceso de producción de bioetanol a partir del mucilago del café. Este proceso consta de las etapas de preparación de la muestra, fermentación, separación y cuantificación. Los resultados obtenidos en esta etapa se comparan con el proceso de fermentación, separación y cuantificación realizado de manera externa el cuál se presenta a los estudiantes en formato de video. En esta etapa se realiza la versión final de la V heurística creada en las fases previas.

Evaluar: se aplicaron las cuestiones 10111,10113, 30111, 40411 y 40421 del COCTS como postest.

7.5.3. Adaptaciones de la Secuencia de Enseñanza Aprendizaje

Debido a la imposibilidad de realizar varias de las actividades propuestas, por la situación de pandemia que se vivió en el 2020, inicialmente para la implementación presencial, se realizaron algunas adaptaciones a la SEA para que esta pudiera ser realizada en la modalidad de educación remota. El cambio más importante se dio en cuanto a la socialización, explicación de conceptos y retroalimentación de las actividades propuestas, pues esto se realizó a través de chats grupales e individuales y varias veces a través de WhatsApp. En cuanto a las actividades de la SEA implementada se realizaron los siguientes cambios:

Enganchar – Explorar: la actividad inicialmente planteada consistía en tres etapas, una de las cuales era la realización de una salida de campo con el fin de hacer reconocimiento in situ del proceso de producción del café y el tratamiento de los subproductos de desecho. Esta actividad se replanteó y la observación se llevó a cabo a través de videoclips realizados por los propios estudiantes distribuidos en seis grupos. Los temas que se plantearon para la realización de los videos fueron los siguientes.

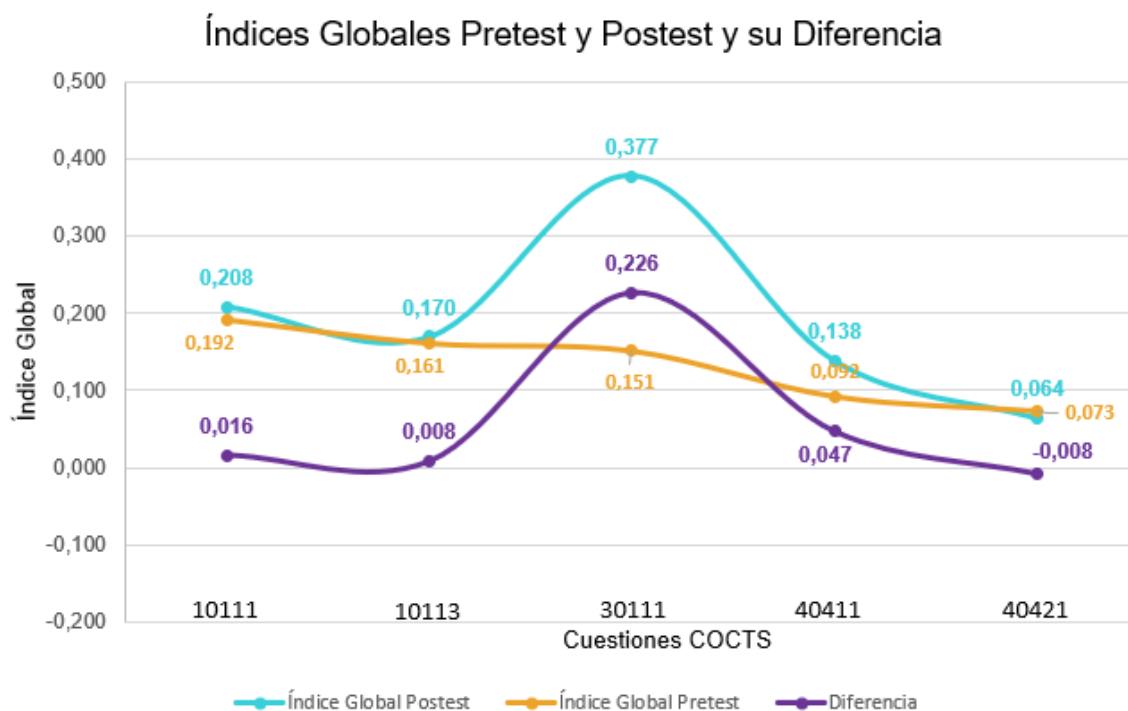
- Características generales del cultivo del café requerimientos de clima y suelos y nutrientes.
- Etapas del cultivo del café desde la siembra hasta la etapa de producción y variedades de café.
- Proceso de recolección del café desde la floración hasta la maduración y tiempos de recolección.
- Proceso de procesamiento del café desde la recolección hasta el producto final
- Manejo de los desechos del proceso de producción del café.
- Aspectos económicos de la producción del café.

Extender: debido a la imposibilidad de realizar actividades prácticas de laboratorio con los estudiantes, las prácticas de laboratorio fueron realizadas por el profesor de la asignatura y autor de este trabajo, quien grabó en formato de video y realizó la respectiva socialización de las actividades en la clase remota. La implementación de esta fase se fortaleció a través de la aplicación del cuestionario que se presenta en la Actividad N° 8 del Anexo 3 Actividades SEA. Esta tenía como intención indagar en los estudiantes los aprendizajes a nivel conceptual, actitudinal y procedimental que generó o fortaleció la implementación de la secuencia.

RESULTADOS Y ANÁLISIS

8.1. RESULTADOS DEL PRETEST Y POSTEST

8.1.1. Diferencia pretest – postest sobre la percepción de la NdCyT desde el COCTS



Gráfica 2: Diferencia entre resultados de pretest y postest sobre la percepción del COCTS
Fuente: elaboración propia

Los resultados del pretest y postest permiten hacer una aproximación a las fortalezas y a los aspectos susceptibles de mejora de la secuencia de enseñanza aprendizaje. En primer lugar, se evidencia un cambio significativo, por ejemplo, en las actitudes evaluadas mediante la cuestión 30111 la cual está relacionada con la interacción ciencia, tecnología y sociedad. Además, es posible observar que la SEA favorece las actitudes relacionadas con la influencia de la ciencia y la tecnología en la sociedad evaluadas mediante la cuestión 40411.

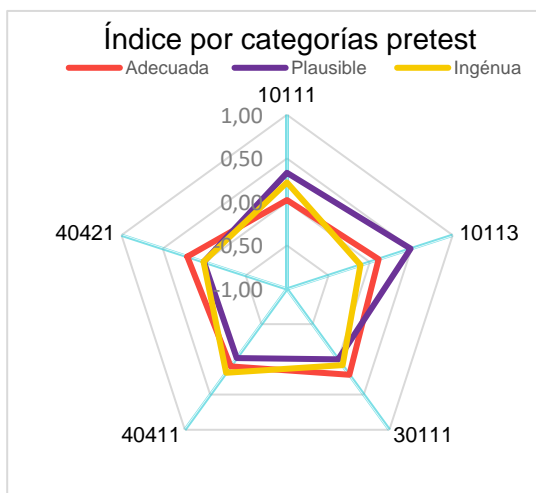
En términos generales se puede afirmar que la SEA favorece la adquisición de actitudes adecuadas hacia la NdCyT en las concepciones de ciencia y tecnología,

influencia triádica e influencia de la ciencia y tecnología sobre la sociedad, puesto que se encontró una diferencia positiva para casi todas las cuestiones excepto para la cuestión 40421 cuyo diseño posee dos frases adecuadas y se observó que hubo una disminución en el índice de una de las frases adecuadas al tiempo que la otra aumentó de tal forma que en el índice global no hubo diferencia significativa entre el pretest y postest. No obstante, al comparar los índices de cada una de las frases en el postest se puede evidenciar que la estrategia llevó a los estudiantes a ubicar el uso de la ciencia en cosas cotidianas y que muy probablemente el resultado negativo en la segunda frase se relaciona con la doble negación presente en la sintaxis de la cuestión.

Un análisis más detallado de estas diferencias, sus posibles causas y la contribución de las actividades propuestas en cada una de las fases se muestra a continuación.

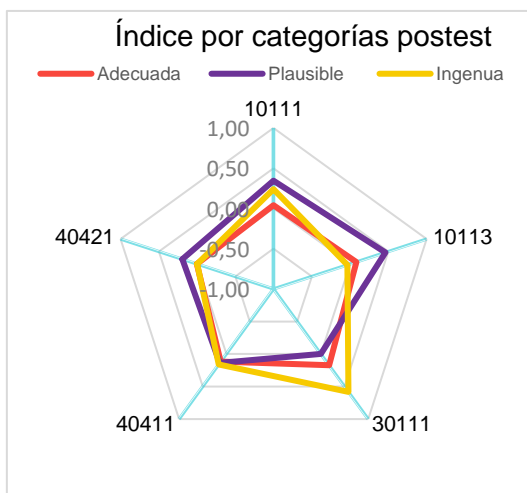
8.1.2. Análisis para cada cuestión

En las Gráfica 3 y Gráfica 4 se relacionan los cambios evidenciados en la aplicación del pretest y postest. A partir de esto se presenta el análisis detallado para cada una de las actitudes a las que se les hizo seguimiento en este trabajo. Nótese que la percepción hacia una opinión ingenua o poco válida se da para las cuestiones 10113, mientras que las mejores percepciones se dan hacia 30111 y 40411.



Gráfica 3: Índice para cada categoría en el pretest.

Fuente: elaboración propia



Gráfica 4: Índices para cada categoría en el postest.

Fuente: elaboración propia

Índice por Categorías Pretest				Índice por Categorías Postest		
Cuestión	Adecuada	Plausible	Ingenua	Adecuada	Plausible	Ingenua
10111	0,02	0,33	0,22	0,04	0,34	0,24
10113	0,11	0,49	-0,11	0,08	0,46	-0,03
30111	0,22	N/A	0,08	0,17	N/A	0,58
40411	0,10	-0,02	0,19	0,12	0,14	0,16
40421	0,20	0,00	0,01	0,00	0,19	0,00

Tabla 2: Comparación entre índices por categorías para el pretest y postest

Percepción sobre la ciencia y tecnología: tal como se muestra en la Tabla 1 las cuestiones que permiten evaluar las actitudes de los estudiantes hacia este tema son la 10111 y 10113. A partir de estas cuestiones se puede identificar las opiniones de los estudiantes sobre ciencia y el proceso de hacer ciencia. Los resultados del pretest muestran que los estudiantes poseen una actitud mayoritariamente plausible y que en comparación con el postest la actitud plausible sigue siendo alta.

La diferencia positiva en el índice global que se evidencia en la Gráfica 2 para estas dos cuestiones se explica, en la cuestión 10111, por el aumento en las actitudes adecuadas y plausibles hacia la definición de ciencia y en la cuestión 10113 por el aumento de las actitudes adecuadas y la disminución significativa de las actitudes ingenuas hacia la descripción del proceso de hacer ciencia.

Los aportes de la SEA a la promoción de actitudes hacia las definiciones ciencia y el proceso de hacer ciencia se relacionan con el hecho de que el hilo conductor fue, tal cual lo propone Acevedo (2009), la realización de actividades enfocadas a promover la reflexión sobre el proceso del quehacer científico, incluyendo actividades de observación, planteamiento de soluciones, lecturas de reportes científicos y la enseñanza explícita del concepto de reacciones de oxidación de compuestos orgánicos.

Influencia triádica: la comparación entre los índices globales para la cuestión 30111 muestra un aumento significativo en esta cuestión, debido a un aumento en la manifestación de actitudes adecuadas y una disminución de las actitudes ingenuas. Cabe recordar que cuanto más cercano a 1 sea el valor para cualquier categoría, mejor es el resultado para esta.

Debido a que la cuestión 30111 evalúa las opiniones hacia la interacción ciencia tecnología y sociedad se puede afirmar que la SEA favorece notablemente las actitudes hacia la representación que tienen los estudiantes sobre las interacciones mutuas entre la ciencia, la tecnología y la sociedad.

Influencia de Ciencia y Tecnología sobre la Sociedad: las cuestiones que se emplearon para evaluar este aspecto fueron la 40411 y 40421, las cuales se relacionan específicamente con el subtema de resolución de problemas. Los resultados evidencian que hubo un aumento en el índice global para la cuestión 40411 que específicamente indaga sobre las actitudes hacia la capacidad de la ciencia y la tecnología para resolver diversos problemas sociales. En esta cuestión la diferencia se explica por un leve aumento de las actitudes adecuadas y plausibles.

El aporte de la SEA a esta mejora en las actitudes se puede atribuir al hecho de que las actividades propuestas se relacionan principalmente con el uso del conocimiento científico para la resolución de un problema ambiental en el contexto de los estudiantes.

En cuanto a lo evaluado mediante la cuestión 40411 los resultados muestran una leve disminución en el índice global de esta cuestión atribuible a una mejora en las opiniones plausibles casi en la misma proporción que la disminución de las opiniones adecuadas. Al analizar el índice por frases se puede evidenciar que los estudiantes le atribuyen a la ciencia una capacidad ingenua para la resolución de problemas cotidianos.

8.2. SECUENCIA DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE

A continuación, se realiza un análisis detallado de dos etapas de la implementación de la SEA. Los resultados de estas dos etapas se exponen debido a que fueron las que por su diseño intencionado aportan en mayor medida al favorecimiento de actitudes adecuadas hacia la NdCyT.

8.2.1. Fases Elicitar - Extender: Análisis de las nubes de palabras

A partir del conjunto de imágenes presentado en el Anexo 3 Actividades SEA, se les pidió a los estudiantes que plantearan una relación general entre ellas. La actividad pretendía dar cuenta de los conocimientos previos de los estudiantes sobre el proceso de producción del café, los subproductos generados, los biocombustibles y los conceptos químicos subyacentes en estos procesos. La Ilustración 7 es la nube de palabras creada a partir de las respuestas de los estudiantes. En ella se muestra la variedad de respuestas dadas por los estudiantes y junto con las demás nubes de palabras construidas en esta actividad se puede establecer un punto de partida y de comparación sobre el avance en la comprensión de los conceptos, procedimientos y actitudes vinculadas al proceso de producción de etanol a partir de mucílago de café.


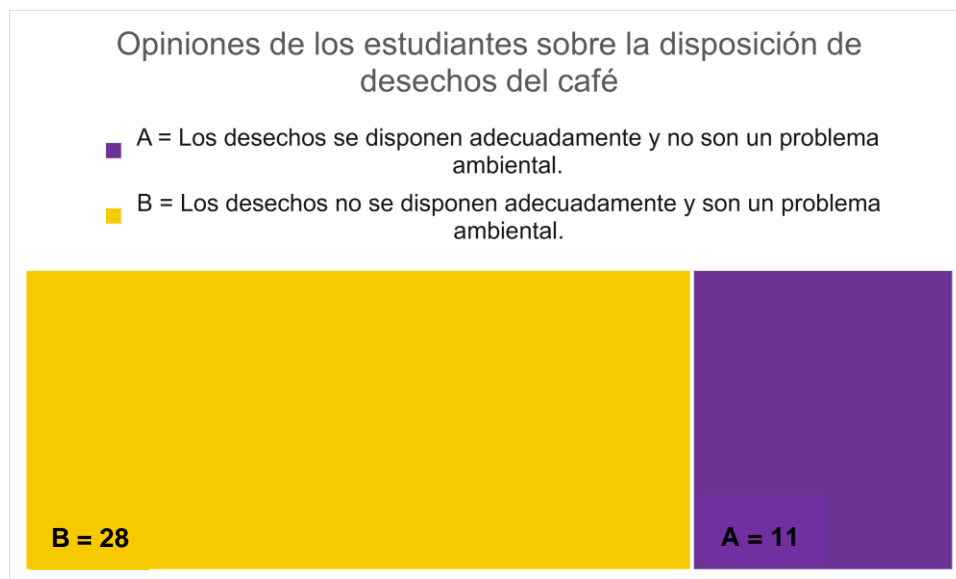
En máximo tres palabras escriba la relación que encuentra entre todas las imágenes 



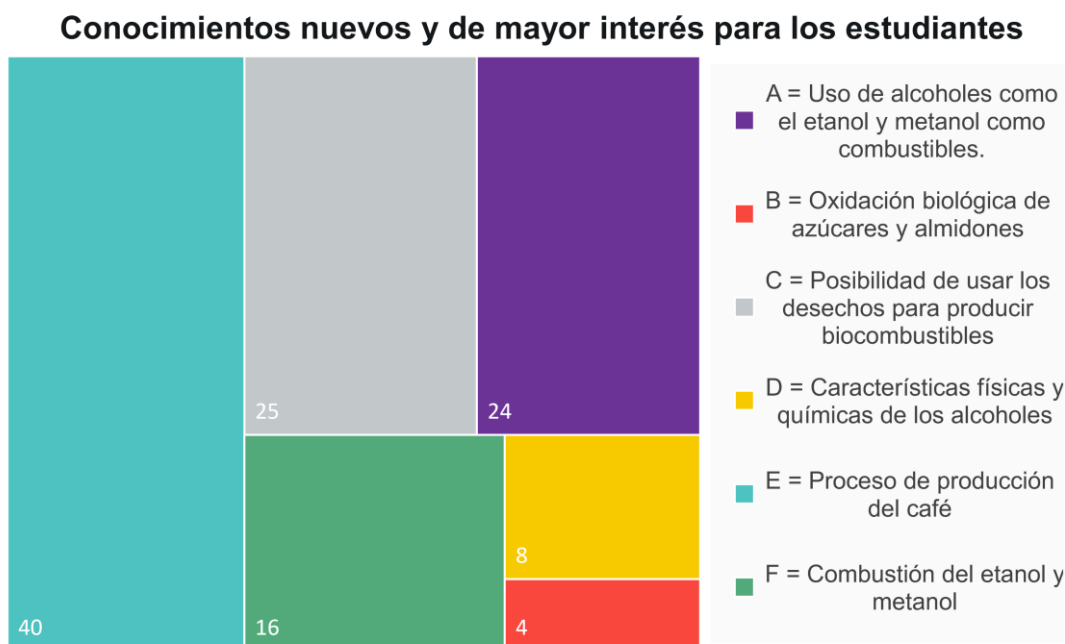
Ilustración 7: Ejemplo de nube de palabras

En el cuestionario realizado por los estudiantes en la actividad final permitió conocer si los estudiantes: (a) identificaban una problemática ambiental en el tratamiento de los desechos del café, (b) valoraban como viable o inviable el uso de mucílago de café para la producción de etanol y si, mediante un proceso metacognitivo, (c) identificaban su propia adquisición de nuevos conceptos. Las respuestas de los estudiantes en estos aspectos muestran los siguientes resultados.



Gráfica 5: Identificación de una problemática ambiental en el tratamiento de los desechos del café.
Fuente: elaboración propia

Al comparar la Ilustración 7 y la socialización de esta actividad en el marco de la aplicación de la secuencia y los resultados del cuestionario aplicado que se muestran en la Gráfica 5, es posible concluir que los estudiantes inicialmente no identifican que los desechos del café y su disposición sea una problemática ambiental en el municipio del páramo. Sin embargo, al finalizar la implementación de la secuencia la mayoría de los estudiantes consideraba que los desechos o subproductos del café no se disponen adecuadamente y son un problema ambiental, por cuanto generan problemas de contaminación del quebradas y arroyos del municipio.



Gráfica 6: Reconocimiento por parte de los estudiantes de la adquisición de nuevos conocimientos, respuestas organizadas por categorías.

Fuente: elaboración propia

La Gráfica 6 presenta las categorías de conceptos que los estudiantes manifiestan haber adquirido a través de la SEA y que a la vez son de interés para ellos, se construyó con base en las respuestas dadas a la pregunta: “mencione tres cosas de las que aprendió que le enseñaría a otra persona interesada en el tema”. Como

es evidente el proceso de producción del café es aquello sobre lo que los estudiantes más aprendieron y despertó mayor interés. Además, se observa que los estudiantes manifiestan interés sobre aspectos tanto procedimentales como conceptuales. La inclusión de este proceso en la SEA permitió propiciar momentos metacognitivos y reflexivos en los estudiantes tal cual lo sugiere García et al. (2012).

8.2.2. Fases enganchar y extender: Análisis de las V heurísticas

A partir de las lecturas entregadas y de los videos realizados en la actividad de enganche expuesta en el apartado 7.5.3, los estudiantes distribuidos en grupos y con la debida orientación y explicación crearon una versión inicial de V heurística. Una vez entregada se realizó la respectiva socialización y retroalimentación, luego, sobre la base del primer trabajo realizado, los estudiantes fueron incluyendo nuevos elementos conceptuales, procedimentales y actitudinales de tal forma que al llegar a la etapa de extender entregaron una nueva V heurística, más elaborada. Nótese que en las V heurísticas categorizadas como plausibles que se presentan en el Anexo 4 Ejemplos de V heurísticas creadas por los estudiantes (antes – después) categorizada como plausible hay conceptos más elaborados como la oxidación de material orgánico y la fermentación. Además, la versión inicial con relación a la versión final incluye de forma más clara el proceso de producción de bioetanol que se presentó en el artículo de lectura y en el video de la fase extender.

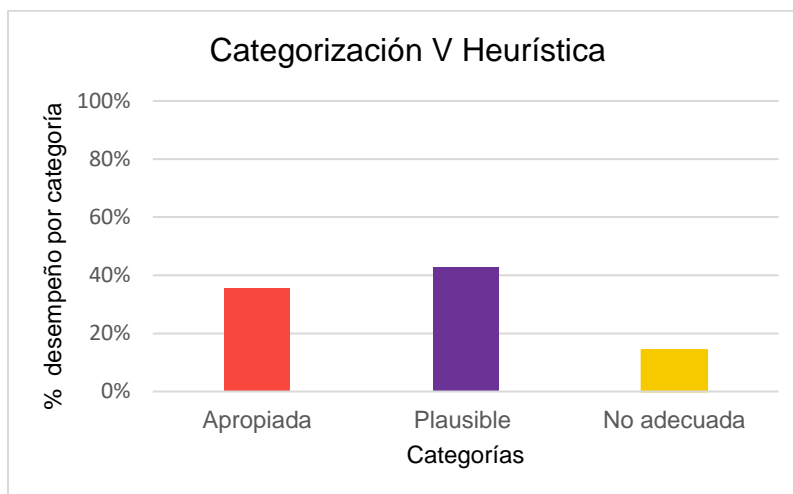
Para Gowin y Álvarez (2005) la V heurística es una herramienta que interrelaciona las competencias conceptuales, procedimentales y actitudinales de la actividad científica y además permite integrar de manera significativa el conocimiento cotidiano con el científico. Con base a lo anterior, se plantearon tres categorías para evaluar las V heurísticas tal como se expone en la siguiente tabla:

	Apropiada	Plausible	No adecuada
	3	2	1
C r i t e r i o s	Establece relación entre los aspectos conceptuales, procedimentales y actitudinales involucrados en la producción de bioetanol a partir de mucílago de café, con satisfactoria coherencia pregunta evento en la V heurística construida.	Establece relación entre los aspectos conceptuales, procedimentales y actitudinales involucrados en la producción de bioetanol a partir de mucílago de café, pero no se presenta satisfactoria coherencia pregunta evento en la V heurística construida.	Establece poca relación entre los aspectos conceptuales, procedimentales y actitudinales involucrados en la producción de bioetanol a partir de mucílago de café, pero no se presenta satisfactoria coherencia pregunta evento en la V heurística construida.

Tabla 3: Categorías y criterios para el análisis de las V heurísticas.

Fuente: adaptado de Ladino (2020)

Se evaluaron 14 V heurísticas recopiladas. Los resultados de dicha categorización se muestran en la Gráfica 7.



Gráfica 7: Categorización V heurística creadas por los estudiantes

Fuente: elaboración propia

Estos resultados muestran que la mayoría de las V heurísticas realizadas fueron apropiadas o plausibles (Anexo 4 Ejemplos de V heurísticas creadas por los

estudiantes (antes – después) categorizada como plausible) Tanto aquellas que se ubicaron en la categoría apropiada, como las que se ubicaron en la categoría plausible presentaron una correcta relación entre los aspectos conceptuales, procedimentales y actitudinales, todo esto se puede relacionar con el hecho de que los estudiantes lograron establecer relación entre conceptos químicos como las reacciones de oxidación de alcoholes, los aspectos metodológicos del proceso de fermentación de mucílago de café y el análisis de la posibilidad de aprovechar los residuos de la producción de cafetera para la generación de biocombustibles.

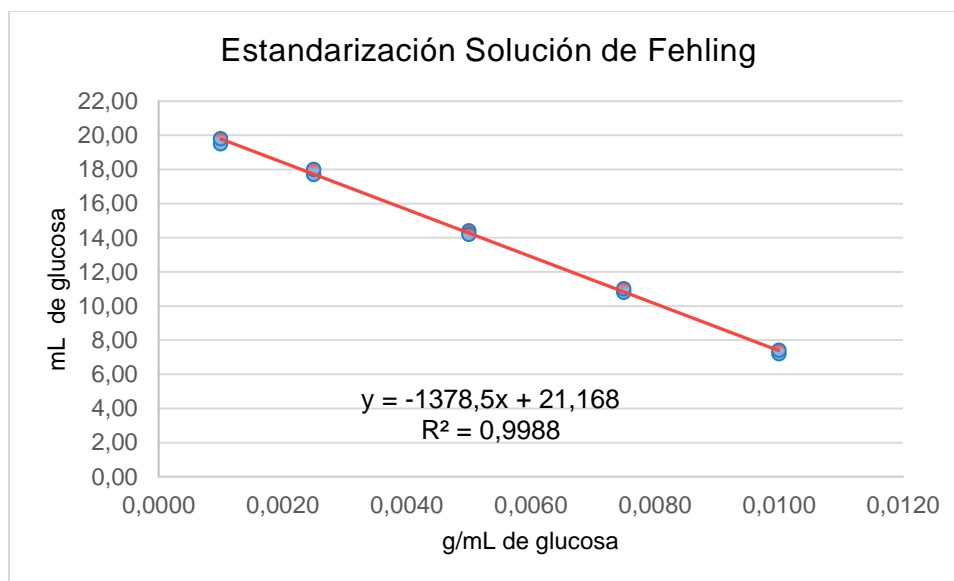
Si se comparan los resultados de esta actividad con la diferencia entre el pretest y postest, se evidencia que la actividad propuesta aporta de manera significativa a la generación de actitudes hacia la naturaleza de la ciencia y la tecnología, especialmente, lo evaluado en la cuestión 3011 atinente a la interacción CTS. Esto se corrobora al observar que si los estudiantes logran construir relaciones conceptuales, actitudinales y metodológicas a partir de: lecturas, observaciones, análisis de una problemática ambiental, explicaciones sobre la oxidación de alcoholes y prácticas experimentales; están estableciendo relaciones entre aspectos de ciencia, tecnología y sociedad.

Como se observa en la Tabla 3 las V heurísticas apropiadas se diferencian de las plausibles en que estas últimas no presentan una satisfactoria coherencia pregunta-evento, criterio que es sugerido por Gowin y Álvarez (2005). Con esta actividad se busca favorecer que los estudiantes puedan aproximarse a la comprensión de la influencia de la ciencia y la tecnología en la sociedad. Los resultados que se muestran en la Gráfica 7 señalan que el 36% de las V heurísticas creadas son apropiadas, lo cual, además de evidenciar el cumplimiento del criterio previamente mencionado, permite afirmar que existe un aporte efectivo a la comprensión de la influencia de la ciencia y la tecnología en la sociedad evaluadas mediante las cuestiones 40411 y 40421. A pesar de lo mencionado, el mejoramiento de los índices de las frases adecuadas solo fue notorio en la cuestión 40411.

8.3. RESULTADOS Y ANÁLISIS EXPERIMENTAL

8.3.1. Análisis de azúcares totales y reductores

Se realizó el análisis del contenido de azúcares reductores y totales mediante el método de Lane-Eynon, explicado en la sección 7.4.1. Para ello se llevó a cabo la estandarización de la solución de Fehling tal como se muestra en la siguiente gráfica.



Gráfica 8: Estandarización de la solución de Fehling empleada en análisis de azúcares totales y reductores

Fuente: elaboración propia

Una vez comprobada la linealidad del método se procedió a realizar la titulación de las muestras de mucílago previamente clarificada empleando acetato de plomo y oxalato de sodio para precipitar el exceso de plomo. La titulación se realizó por triplicado tanto para la muestra sin hidrolizar como para la muestra hidrolizada.

A partir de los datos volumétricos se realizó el cálculo del factor de Fehling y con él se obtuvo que la concentración de azúcares totales fue de 4,93% m/v y de azúcares reductores de 4,56% m/v.

Ríos y Puerta (2011) y Orrego et al. (2018b) reportan un contenido de azúcares totales en el mucílago de café en base húmeda entre 6,2 y 7,4 % m/v de los cuales

aproximadamente un 63% corresponde a azúcares reductores. Si se comparan estos datos con el análisis realizado es posible concluir que hubo una subestimación del contenido de azúcares totales, posiblemente relacionado con una hidrólisis incompleta de la muestra. Esta afirmación se sustenta en que si el contenido de azúcares reductores obtenidos antes de la hidrólisis fue de 4,56% m/v, los azúcares totales debían estar entre el 7,0 y 7,2% m/v. No obstante, este resultado fundamenta el análisis del rendimiento del mucílago de café en la producción de etanol, tal como se explica a continuación.

8.3.2. Análisis del rendimiento de la producción de etanol

Los métodos para el análisis del etanol en el destilado propuestos en la sección 7.4 se basan en la determinación espectrofotométrica o volumétrica de la oxidación del etanol con $K_2Cr_2O_7$, de estos dos métodos el más adecuado al contexto es la determinación volumétrica. Pese a esto, no fue posible efectuarlo debido a la imposibilidad de conseguir los reactivos necesarios. Por ello, se realizó dicho análisis empleando el método de picnometría (942.06 de la AOAC, 2019) y el método con hidrómetro (957.03 de la AOAC, 2019).

Mediante picnometría y teniendo en como referencia la tabla 913.02 de la AOAC (2019) se encontró que la concentración de etanol en el destilado fue de 6,85 %v/v lo que equivale a un 3,43 %v/v en el fermento. En cuanto a la determinación mediante hidrómetro se encontró que la concentración de alcohol ajustada al fermento inicial fue de aproximadamente 3,5%v/v. 3,43 %v/v es equivalente a 3,37 % m/v de etanol, contenido semejante a los resultados obtenidos por Lopes et al. (2020), Orrego et al., (2018^a) y Rodríguez et al. (2015), a partir de esto es posible calcular el rendimiento del proceso el cual es equivalente al 131,4% lo cual refuerza el hecho de que hubo una subestimación del contenido de azúcares



*Imagen 3: Medición de etanol mediante hidrómetro.
Fuente: archivo del autor*

totales en la muestra. Al tomarse como referencia el contenido de azúcares reductores en el mucílago de café señalado por Orrego et al. (2018b) el rendimiento del etanol en el proceso de fermentación realizado bajo las condiciones descritas en la sección 7.3.6 fue de alrededor de un 90%.

Una vez realizada esta parte experimental, se presentó en la clase a los estudiantes, evidenciándose la extracción de bioetanol y la determinación y cuantificación de su rendimiento. Con base en esto los estudiantes fortalecieron las V heurísticas previamente construidas tal cual se indica en la sección 7.5.3.

Finalmente, Los resultados de la aplicación de la SEA permitieron hacer los ajustes, cambio y transformaciones a la misma y en el Anexo 2 Secuencia de Enseñanza Aprendizaje se presenta la SEA propuesta y desarrollada.

CONCLUSIONES

En este trabajo se diseñó una Secuencia de Enseñanza Aprendizaje en torno a la producción de bioetanol a partir de mucílago de café, la cual se fundamentó en el ciclo de aprendizaje 7E. La secuencia diseñada favoreció la adquisición de actitudes adecuadas hacia la NdCyT en estudiantes de grado undécimo del Colegio Nuestra Señora de la Salud del municipio del Páramo; sobre todo, en las cuestiones 40411 y 30111, donde la diferencia entre el pretest y el postest muestran una mejora significativa por la interacción con la SEA, tal como se presenta en el objetivo específico 3.

Cabe resaltar que, la implementación de la secuencia no solo favoreció las actitudes hacia la NdCyT relacionadas con las interacciones mutuas entre la ciencia, tecnología y sociedad, sino también, las actitudes hacia la percepción y descripción de la ciencia y el uso de la ciencia y la tecnología en la resolución de problemas, en este caso de tipo medioambiental. Esto coincide con los resultados de Epstein et al. (2010) por cuanto, el incluir en la enseñanza de las ciencias elementos procedimentales que planteen soluciones a problemáticas del contexto, provee de significado a las prácticas experimentales, lo que a su vez aporta al fortalecimiento de las concepciones y uso de la ciencia y tecnología.

El análisis de las etapas de Enganchar, Elicitar y Extender a la luz de los resultados del pretest y postest permite concluir que las actividades con mayor impacto en el desarrollo de actitudes fueron aquellas que promueven procesos metacognitivos y transferir conceptos a nuevos contextos como, por ejemplo, la creación de las V heurísticas.

En cuanto al aspecto procedimental, se determinó el rendimiento de la producción a microescala de bioetanol a partir de mucílago de café. Según el análisis se produjo etanol en una concentración de 3,43%v/v a partir de la muestra recolectada, lo cual es semejante a lo reportado por Lopes et al. (2020), Orrego et al., (2018^a) y Rodríguez et al. (2015). Mediante las técnicas propuestas, se analizó el contenido de azúcares reductores y totales de la muestra de mucílago de café a través del

método de Lane – Eynon. Los resultados de este análisis mostraron estar en el rango de azúcares reductores que se indica en la literatura especializada. Estos procedimientos experimentales permitieron fortalecer la implementación de la SEA al ser vinculados en la fase de Extender.

RECOMENDACIONES

Debido a que la implementación de la SEA se hizo en un momento de pandemia en el que fue obligatorio emplear la modalidad de educación remota, algunas de las actividades inicialmente propuestas se modificaron o se sustituyeron por otras. Por ello, para futuros trabajos se recomienda aplicar la secuencia de manera presencial y, con base en ello, realizar un análisis del favorecimiento de actitudes. Dicho análisis puede ser incluso de tipo comparativo, teniendo como referencia los resultados que en el presente trabajo se muestran.

En cuanto a las fases de la SEA, las fases elaborar y extender pueden mejorarse mediante el desarrollo presencial de las prácticas experimentales de tal forma que se incluyan soluciones a las dificultades encontradas en la determinación de azúcares totales y reductores, esto permitirá dar mayor solidez conceptual a la secuencia y les permitirá a los estudiantes trasladar estos conceptos a nuevos contextos.

En la medida de lo posible es importante que las prácticas experimentales implementadas sean aquellas que corresponden a técnicas instrumentales, esto principalmente por la robustez de sus resultados. Además, se recomienda que, si esto es posible, se diseñe un instrumento que permita realizar un análisis más exhaustivo de la promoción de actitudes atribuibles a la inclusión de este tipo de prácticas en la SEA.

BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, A. (2008). El estado actual de la naturaleza de la ciencia en la didáctica de las ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 5(2), 133–169. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92050202>
- Acevedo, A. (2009). Enfoques explícitos versus implícitos en la enseñanza de la naturaleza de la ciencia. *Eureka*, 355–386. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92013010004>
- Acevedo, A., Vásquez, Á., & Manassero, A. (2003). *Creencias sobre la tecnología y sus relaciones con la ciencia*. 19(October).
- Adb-El-Khalick, F., Lederman, N. G., Bell, R. L., & Schwartz, R. S. (2001). Views of nature of science questionnaire (VNOS): Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Proceedings of the annual meeting of the association for the education of teachers in science (Costa Mesa, Ca, January 18-21, 2001)*, 48p.
- Aikenhead, G. S., & Ryan, A. G. (1992). The Development of a New Instrument: 'Views on Science-Technology-Society' (VOSTS). *Science Education*, 76(5), 477–491. <https://doi.org/10.1002/sce.3730760503>
- American Public Health Association. (2017). *Standard Methods for the examination of water and Waste water* (23a ed.; R. Baird, A. Eaton, & R. Eugene, eds.). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-382165-2.00237-3>
- AOAC. (2019). *Official Methods of Analysis* (21a ed.).
- Aronson, E. (1978). The jigsaw classroom. En *The jigsaw classroom*. Oxford, England: Sage.
- Balta, N. (2016). The Effect of 7E Learning Cycle on Learning in Science Teaching: A meta-Analysis Study. *European Journal of Educational Research*, 5(2), 61–72. <https://doi.org/10.12973/eu-jer.5.2.61>
- Bartholomew, H., Osborne, J., & Ratcliffe, M. (2004). Teaching students “ideas-about-science”: Five dimensions of effective practice. *Science Education*, 88(5), 655–682. <https://doi.org/10.1002/sce.10136>
- Bell, R. L., & Lederman, N. G. (2003). Understandings of the Nature of Science and Decision Making on Science and Technology Based Issues. *Science Education*, 87(3), 352–377. <https://doi.org/10.1002/sce.10063>
- Bennásassar, A., Vásquez, A., Manassero, A., & Garcia, A. (2010). *Ciencia, tecnología y sociedad en iberoamérica: una evaluación de la comprensión de la naturaleza de la ciencia y tecnología* (Documento). Madrid: Organización de estados Iberoamericanos para la educación, la ciencia y la cultura - Centro de Altos Estudios Universitarios de la OEI.
- Bennàssar, A., Vázquez, Á., Manassero, M., & Garcia, A. (2010). Las creencias de

- estudiantes y profesores españoles sobre NdCyT: comparaciones entre ciencias y humanidades. En *Ciencia, tecnología y sociedad en Iberoamérica: una evaluación de la comprensión de la naturaleza de ciencia y tecnología* (Vol. 19, pp. 57–75). Organización de Estados Iberoamericanos.
- Braide, W., Udebbunam, L., & Mike-Anosike, E. (2018). Production and Spectrophotometric Quantification of Bioethanol from Pineapple Fruit Skin. *Sumerianz Journal of Biotechnology*, 1(2), 67–74.
- Buty, C., Tiberghien, A., & Le Maréchal, J. F. (2004). Learning hypotheses and an associated tool to design and to analyse teaching-learning sequences. *International Journal of Science Education*, 26(5), 579–604. <https://doi.org/10.1080/09500690310001614735>
- Callejas, M. M., & Mendoza, E. A. (2010). Diferencias en la comprensión de la NdCyT entre profesores en formación que inician la universidad y los que finalizan su grado. En *Ciencia, tecnología y sociedad en Iberoamérica: una evaluación de la comprensión de la naturaleza de ciencia y tecnología* (Vol. 19, pp. 89–101). Organización de Estados Iberoamericanos.
- Cañizares, P., Hernández, D., & Gómez, H. (2001). An automated flow injection analysis procedure for the determination of reducing sugars by DNSA method. *Journal of Food Science and Technology*, 66(3), 407–411.
- Cárdenas, L. A., & Castro, M. C. (2017). Propuesta didáctica par la enseñanza y aprendizaje de la química de la orina en estudiantes de educación básica y media. En *Repositorio Universidad Pedagógica Nacional*.
- Delourdes, M., & Bispo, D. de O. (2010). Os procesos de formação e as crenças de professores e estudantes brasileiros sobre a natureza da ciência e tecnologia. En *Ciencia, tecnología y sociedad en Iberoamérica: una evaluación de la comprensión de la naturaleza de ciencia y tecnología* (Vol. 19, pp. 101–115). Organización de Estados Iberoamericanos.
- Eisenkraft, A. (2003). Expanding the 5E model. *The Science Teacher -Washington-*, 70(6), 56–59. Recuperado de <http://www.its-about-time.com/iat/5e.pdf>
- Epstein, J. L., Vieira, M., Aryal, B., Vera, N., & Solis, M. (2010). Developing biofuel in the teaching laboratory: Ethanol from various sources. *Journal of Chemical Education*, 87(7), 708–710. <https://doi.org/10.1021/ed100260g>
- Figueiredo, M., & Paixao, F. (2010). Opiniões sobre a natureza da ciência e da tecnologia de estudantes portugueses do ensino superior. En *Ciencia, tecnología y sociedad en Iberoamérica: una evaluación de la comprensión de la naturaleza de ciencia y tecnología* (Vol. 19, pp. 75–89). Organización de Estados Iberoamericanos.
- García, A., Vásquez, Á., & Manassero, M. A. (2012). Comprensión de los estudiantes sobre naturaleza de la ciencia : análisis del estado actual de la cuestión y perspectivas. *Enseñanza de las ciencias*, 30(1), 23–34.

- Garriz, A., Rueda, C., Robles, C., & Vázquez, Á. (2011). Actitudes sobre la naturaleza de ciencia y tecnología en profesores y estudiantes mexicanos del bachillerato y la universidad públicos. Proyecto Iberoamericano de Evaluación de Actitudes Relacionadas con Ciencia, Tecnología y Sociedad. *Educación Química*, 22(2), 141–154. [https://doi.org/10.1016/s0187-893x\(18\)30126-5](https://doi.org/10.1016/s0187-893x(18)30126-5)
- Gómez, A. M., & Ramírez, C. A. (2018). Las 7E en el proceso de enseñanza-aprendizaje de conceptos con los micro y macronutrientes. En *Repositorio Universidad Pedagógica Nacional*.
- Gowin, B., & Álvarez, M. (2005). *The art of educating with V diagrams*. New York: Cambridge University Press.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. del pilar. (2014). *Metodología de la Investigación* (6a ed.). México: Mc Graw Hill Education.
- Jackels, S. C., & Jackels, C. F. (2005). Characterization of the coffee mucilage fermentation process using chemical indicators: A field study in Nicaragua. *Journal of Food Science*, 70(5). <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.tb09960.x>
- Johnson, B., & Christensen, L. (2014). *Educational Research, quantitative, qualitative and mixed approaches* (5a ed.). Thousand Oaks: SAGE.
- Kaczmarczyk, A. M., & Michałowski, T. (2019). Stoichiometric approach to redox back titrations in ethanol analyses. *Annals of Advances in Chemistry*, (3), 001–006. <https://doi.org/https://doi.org/10.29328/journal.aac.1001017>
- Koehler, N., Mccaherty, J., Wilson, C., Cooper, G., Schwarck, R., Kemmet, N., ... Wilson, C. (2020). 2020 Ethanol industry outlook. En *Renewable fuels association*. Recuperado de <https://ethanolrfa.org/wp-content/uploads/2020/02/2020-Outlook-Final-for-Website.pdf>
- Ladino, Y. (2020). *Rúbrica de criterios de evaluación*. Bogotá.
- Ladino, Y., Porras, Y. A., & Tuay, R. N. (2020). Desarrollo de la habilidad argumentativa en estudiantes de educación media desde el enfoque de la Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología. *Tecné Episteme y Didaxis: TED*, 143–161.
- Lederman, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 331–359. <https://doi.org/10.1002/tea.3660290404>
- Lederman, N. G. (2006). Research on Nature of Science : Reflections on the Past , Anticipations of the Future. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 7(1), 1–11.
- Lopes, A. C. A., Andrade, R. P., de Oliveira, L. C. C., Lima, L. M. Z., Santiago, W. D., de Resende, M. L. V., ... Duarte, W. F. (2020). Production and characterization of a new distillate obtained from fermentation of wet processing

- coffee by-products. *Journal of Food Science and Technology*, 57(12), 4481–4491. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04485-4>
- Manassero, M. A., & Vázquez, Á. (2001). Instrumentos y métodos para la evaluación de las actitudes relacionadas con la ciencia, la tecnología y la sociedad. *Enseñanza de las ciencias*, 1(20), 15–27.
- McComas, W. F., & Olson, J. K. (1998). The Nature of Science in Science Education: Rationales and Strategies. En *The nature of science in science education: Rationales and strategies*.
- Miller, G. L. (1959). Use of Dinitrosalicylic Acid Reagent for Determination of Reducing Sugar. *Analytical Chemistry*, 31(3), 426–428. <https://doi.org/10.1021/ac60147a030>
- Ministerio de Educación Nacional. (2004). Guía N° 7 Estándares básicos de competencias en ciencias sociales y ciencias naturales. En Ministerio de Educación Nacional (Ed.), *Formar en ciencias: ¡el desafío! Lo que necesitamos saber y saber hacer* (Primera). Bogotá.
- Murcia, M. A., & Ruiz, M. A. (2017). Secuencia de Enseñanza-Aprendizaje relacionada con el proceso de biorremediación de suelos contaminados con mercurio para el desarrollo actitudinal con enfoque CTS. En *Repositorio Universidad Pedagógica Nacional*.
- Naciones Unidas/CEPAL. (2019). La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe. Objetivos, metas e indicadores mundiales. En *Publicación de las Naciones Unidas*. Recuperado de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141_es.pdf
- Navia, D. P. P., de Velasco, R. J. M., & Hoyos, J. L. C. (2011). Production and evaluation of ethanol from coffee processing by-products. *Vitae*, 18(3), 287–294. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/1698/169822677008.pdf>
- Orrego, D., Zapata, A. D., & Kim, D. (2018a). Ethanol production from coffee mucilage fermentation by *S. cerevisiae* immobilized in calcium-alginate beads. *Bioresource Technology Reports*, 3(August), 200–204. <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2018.08.006>
- Orrego, D., Zapata, A. D., & Kim, D. (2018b). Optimization and scale-up of coffee mucilage fermentation for ethanol production. *Energies*, 11(4), 1–12. <https://doi.org/10.3390/en11040786>
- Pérez, B. Y., De León, A., Saldaña, S., & Pathiyamattom, S. (2015). Optimization of bioethanol production from coffee mucilage. *BioResources*, 10(3), 4326–4338. <https://doi.org/10.15376/biores.10.3.4326-4338>
- Pérez, B. Y., Saldaña, S., Guerrero, C. A., & Santis, L. F. (2015). A Simple Method to Determine Bioethanol Production. *BioResources*, 10(2), 2691–2698.

- Reyes, M. A. (2019). Secuencia didáctica para el fortalecimiento del pensamiento crítico: un estudio aplicado al fomento de la energía sostenible. En *Repositorio Universidad Pedagógica Nacional*.
- Ríos, S., & Puerta, G. I. (2011). Composición Química Del Mucílago De Café, Según El Tiempo De Fermentación Y Refrigeración. *Cenicafé*, 2(62), 23–40. Recuperado de <http://www.cenicafe.org/es/documents/2.pdf>
- Rodríguez, N., Sanz, J., Oliveros, C., & Ramírez, C. (2015). Beneficio de Cafe en Colombia. En *Avances Técnicos Cenicafé*.
- Rodríguez, N., & Zambrano, D. (2010). Los subproductos del café: fuente de energía renovable. *Avances Técnicos Cenicafé*, (3), 8. <https://doi.org/ISSN-0120-0178>
- Rubba, P. A., & Harkness, W. J. (1993). Examination of Preservice and In-service Secondary Science Teachers' Beliefs about Science-Technology-Society Interactions. *Science Education*, 77(4), 407–431. Recuperado de <https://eric.ed.gov/?id=EJ484123>
- Sanabria, T, I. A., & Callejas, R, M. M. (2012). Las Relaciones Cts : Estudio. *Praxis y saber*, 3(5), 103–125.
- Siso, Z., & Cuéllar, L. (2017). Relaciones entre las concepciones de naturaleza de la ciencia y la tecnología , y de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de profesores de química en ejercicio . Una primera conceptual del profesor. *Tecné Episteme y Didaxis: TED*, (41), 17–36.
- Sumbhate, S., Nayak, S., Goupale, D., Tiwari, A., & Jadon, R. S. (2012). Colorimetric method for the estimation of ethanol in alcoholic-drinks. *Journal of Analytical Techniques*, 1(April 2014), 1–6.
- Tuay, R. N., Pérez, M. R., & Porras, Y. (2014). Miradas de la naturaleza de la ciencia y la tecnología desde la perspectiva CTSA de maestros en escuelas normales. *Tecné Episteme y Didaxis: TED*, (Extra), 1–7. <https://doi.org/10.17227/01203916.3077>
- Van Seters, J. R., Sijbers, J. P. J., Denis, M., & Tramper, J. (2011). Build your own second-generation bioethanol plant in the classroom! *Journal of Chemical Education*, 88(2), 195–196. <https://doi.org/10.1021/ed100791w>
- Vásquez, A., & Manassero, A. (2012). *Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia , Tecnología y Sociedad Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia , Tecnología y Sociedad (COCTS) (Tecnología)*.
- Vázquez, Á., Acevedo, A., Manassero, A., & Acevedo, P. (2006). Actitudes del alumnado sobre ciencia, tecnología y sociedad, evaluadas con un modelo de respuesta múltiple. *Revista Electronica de Investigacion Educativa*, 8(2), 2–37.
- Vázquez, Á., Aponte, A., Manassero, M. A., & Montesano, M. (2014). *Una secuencia de enseñanza-aprendizaje sobre un tema socio-científico : análisis y evaluación de su aplicación en el aula*. (July 2015). <https://doi.org/10.1016/S0187->

893X(14)70558-0

- Vázquez, Á., Manassero, A., & Bennàssar, A. (2012). *Secuencias de Enseñanza-Aprendizaje sobre la Naturaleza de la Ciencia y Tecnología*. Proyecto EANCYT Naturaleza de la Ciencia y Tecnología.
- Vázquez, A., Manassero, M. A., & Acevedo, J. A. (2002). El movimiento Ciencia , Tecnología y Sociedad y la enseñanza de las ciencias. *Organización de estados iberoamericanos para la educación, la ciencia y la cultura*, 19(March 2014).
- Vázquez, Á., Manassero, M. A., & Bennásassar, A. (2013). *Secuencias de Enseñanza - Aprendizaje sobre la Naturaleza de la Ciencia y Tecnología* (Vol. 1). Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=72430508>
- Williams, M. B., & Darwin Reese, H. (1950). Colorimetric Determination of Ethyl Alcohol. *Analytical Chemistry*, 22(12), 1556–1561. <https://doi.org/10.1021/ac60048a025>

ANEXOS

Anexo 1 Cuestiones del COCTS aplicadas en el pretest y postest

10111. Definir qué es la ciencia es difícil porque ésta es algo complejo y engloba muchas cosas. Pero la ciencia PRINCIPALMENTE es:	Nulo	Casi nulo	Bajo	Parcia bajo	Parcial	Parcial alto	Alto	Casi total	Total
a. el estudio de campos tales como biología, química, geología y física.									
b. un cuerpo de conocimientos, tales como principios, leyes y teorías que explican el mundo que nos rodea (materia, energía y vida).									
c. explorar lo desconocido y descubrir cosas nuevas sobre el mundo y el universo y cómo funcionan.									
d. realizar experimentos para resolver problemas de interés sobre el mundo que nos rodea.									
e. inventar o diseñar cosas (por ejemplo, corazones artificiales, ordenadores, vehículos espaciales).									
f. buscar y usar conocimientos para hacer de este mundo un lugar mejor para vivir (por ejemplo, curar enfermedades, solucionar la contaminación y mejorar la agricultura).									
g. una organización de personas (llamados científicos) que tienen ideas y técnicas para descubrir nuevos conocimientos.									
h. un proceso investigador sistemático y el conocimiento resultante.									
i. no se puede definir la ciencia.									
10113. El proceso de hacer ciencia se describe mejor como... :	Nulo	Casi nulo	Bajo	Parcia bajo	Parcial	Parcial alto	Alto	Casi total	Total
a. todo lo que hacemos para entender el mundo que nos rodea.									
b. el método científico.									
c. descubrir el orden que existe en la naturaleza.									
d. el uso de la tecnología para descubrir los secretos de la naturaleza.									
e. la aplicación de métodos cualitativos y cuantitativos para entender el universo.									
f. observar y proponer explicaciones sobre las relaciones en el universo, y comprobar la validez de las explicaciones									

<p>3011. ¿Cuál de los siguientes diagramas representaría mejor las interacciones mutuas entre la ciencia, la tecnología y la sociedad? (Las flechas simples indican una sola dirección para la relación, y las dobles indican interacciones mutuas. Las flechas más gruesas indican una relación más intensa que las finas, y éstas más que las punteadas; la ausencia de flecha, indica falta de relación).</p>	Nulo	Casi nulo	Bajo	Parcial bajo	parcial	Parcial alto	Alto	Casi total	Total
<p>a. Ciencia → Tecnología → Sociedad</p>									
<p>b. Tecnología → Ciencia → Sociedad</p>									
<p>c.</p> <pre> graph TD C[Ciencia] -.-> T[Tecnología] C -.-> S[Sociedad] T -.-.-> S </pre>									
<p>d.</p> <pre> graph TD C[Ciencia] -.-> T[Tecnología] C -.-> S[Sociedad] S -.-.-> T </pre>									
<p>e.</p> <pre> graph TD C[Ciencia] -.-> T[Tecnología] C -.-> S[Sociedad] T <-.-.-> S </pre>									
<p>f.</p> <pre> graph TD C[Ciencia] <==> T[Tecnología] C <==> S[Sociedad] T <-.-.-> S </pre>									
<p>g.</p> <pre> graph TD C[Ciencia] -.-.-.-> T[Tecnología] S[Sociedad] </pre>									
<p>40411. La ciencia y la tecnología son una gran ayuda para resolver problemas sociales como la pobreza, el crimen, el desempleo, la superpoblación, la contaminación o la amenaza de una guerra nuclear</p>	Nulo	Casi nulo	Bajo	Parcial Bajo	Parcial	Parcial alto	Alto	Casi Total	Total
<p>a. La ciencia y la tecnología ciertamente pueden ayudar a resolver esos problemas. Se podrían usar nuevas ideas de la ciencia y nuevos inventos de la tecnología</p>									
<p>b. La ciencia y la tecnología pueden ayudar a resolver algunos problemas sociales, pero no otros.</p>									
<p>c. La ciencia y la tecnología resuelven muchos problemas sociales, pero la ciencia y la tecnología causan muchos de esos problemas.</p>									
<p>d. No es una cuestión de que la ciencia y la tecnología ayuden, sino más bien de cómo usarlas sabiamente.</p>									

e. Es difícil ver como la ciencia y la tecnología pueden ayudar mucho a resolver esos problemas sociales. Los problemas sociales conciernen a la naturaleza humana; esos problemas no tienen nada que ver con la ciencia y la tecnología.									
f. La ciencia y la tecnología lo único que hacen es empeorar los problemas sociales. Son el precio que pagamos por los avances en ciencia y tecnología.									
g. Depende del tipo de problema que se trate; en unos casos podrá resolverlos y en otros no.									
40421. a. En tu vida diaria, el conocimiento de la ciencia y la tecnología te ayuda personalmente a resolver problemas prácticos (por ejemplo, lograr sacar el coche de una zona de hielo, cocinar o cuidar un animal). El razonamiento sistemático aprendido en las clases de ciencias (por ejemplo, hacer hipótesis, recoger datos, ser lógico):	Nulo	Casi nulo	Bajo	Parcial bajo	Parcial	Parcial alto	Alto	Casi total	Total
a. me ayuda a resolver problemas en mi vida diaria. Los problemas diarios se resuelven de manera más fácil y lógica si se tratan como problemas de ciencias.									
b. me da una mayor comprensión y conocimiento de los problemas diarios. Sin embargo, las técnicas que aprendí para resolver un problema no me son útiles directamente en mi vida diaria.									
c. Las ideas y hechos que aprendí en las clases de ciencias a veces me ayudan a resolver problemas o tomar decisiones sobre cosas como cocinar, no enfermar o explicar una amplia variedad de sucesos físicos (por ejemplo, el trueno o las estrellas).									
d. El razonamiento sistemático y las ideas y hechos que aprendí en las clases de ciencias me ayudan mucho. Me sirven para resolver algunos problemas y entender una amplia variedad de sucesos físicos (por ejemplo, el trueno o las estrellas).									
e. Lo que aprendí en las clases de ciencias generalmente no me ayuda a resolver problemas prácticos; pero me sirve para percibir, relacionarme y comprender el mundo que me rodea.									
5.b Lo que aprendí en las clases de ciencias NO se relaciona con mi vida diaria:	Nulo	Casi nulo	Bajo	Parcial bajo	Parcial	Parcial alto	Alto	Casi total	Total
f. biología, química, geología y física no me resultan prácticas. Tratan detalles teóricos y técnicos que tiene poco que ver con mi mundo de cada día.									
g. mis problemas cotidianos son resueltos por mi experiencia pasada o por conocimientos que no están relacionados con la ciencia y la tecnología.									

Anexo 2 Secuencia de Enseñanza Aprendizaje

Tiempo	ACTIVIDADES (Alumnado / Profesorado)	Metodología/ organización	Recursos
45	Enganchar - Evaluar	Toda la clase	*Anexo 1
	Se aplica el cuestionario de opiniones sobre ciencia, tecnología y sociedad (COCTS) – pretest		
30	Elicitar Conocimientos previos	Toda la clase	Actividad N° 1 https://www.menti.com/nou9okz2eh Computadores, tabletas o celulares con acceso a internet
	A partir de un conjunto de imágenes, los estudiantes plantean una relación general entre ellas, luego analizan los grupos de imágenes propuesto y en máximo tres palabras describen la relación de estas. Se presenta en la clase y se organiza una nube de palabras que recogen los aspectos comunes de las respuestas dadas por los estudiantes.		
60	Enganchar - Explorar Introducción – motivación	Seis grupos de trabajo	*Anexo 3 Actividad N° 2
	Se realiza una salida de campo que consta de las siguientes etapas: Antes: en el aula de clase se contextualiza a través de tres lecturas que explican algunos procesos relacionados con el beneficio del café, producción y uso del etanol y los biocombustibles. Para ello se empleará la metodología de trabajo grupal llamada <i>jigsaw</i> .		
	Posteriormente dentro de los <i>home groups</i> los estudiantes construyen de una V heurística con la guía del docente.		

120	Durante: se realiza la actividad de campo recolectando datos a través de una guía de observación que está centrada en reconocer cuáles son los productos que no son aprovechados en la producción del café. Con base en lo observado se plantean alternativas de aprovechamiento de los residuos del café a través de una lluvia de ideas.	Toda la clase	*Anexo 3 Actividad N° 3
60	Después: a partir de lo observado y las opciones de aprovechamiento, identificado en la fase anterior, los estudiantes construyen una nueva V heurística que incluye elementos conceptuales de la fase 'antes' y las alternativas de solución planteadas en la lluvia de ideas. Posteriormente cada uno de los grupos socializan lo realizado ante toda la clase.	Grupos de tres	Anexo 3 Actividad N°4
60	Explicar Actividades de Desarrollo	Individual	Anexo 3 Actividad N° 5 Material audiovisual. Animaciones y simulaciones.
	Contenidos A través de algunas simulaciones y otros materiales audiovisuales se explican las principales reacciones de oxidación del etanol, los respectivos cambios de energía y se hacen comparaciones con otros procesos oxidativos. Se retoman las V heurísticas creadas por los grupos en la fase previa y se les pide a los estudiantes que describan cuales de los procesos descritos son oxidaciones.		
30	Procedimientos Se le entrega a cada uno de los grupos un sobre que contienen recortes de una reacción química de oxidación (de etanol y otras sustancias semejantes). Los estudiantes deben ordenar correctamente la ecuación y balancearla.	Grupos de 3	Anexo 3 Actividad N° 6
30	Actitudes Cada uno de los grupos expone y explica la ecuación química que han reagrupado haciendo énfasis en el proceso de cambio químico.	Toda la clase	Verbal
20	Elaborar Consolidación		

	De forma grupal los estudiantes realizan algunos cálculos de energía producida por una determinada cantidad de combustibles. Luego se socializan los resultados y se establecen las respectivas comparaciones.	Grupos de 3/Toda la clase	Anexo 3 Actividad N°7 Lápiz y papel Tablero
120	Extender Actividades de ampliación	Grupos de 4/Toda la clase	Anexo 3 Actividad N°8 Espacio y materiales de laboratorio descritos en el anexo.
	Se realiza el proceso de producción de bioetanol a partir del mucilago del café. Este proceso consta de las etapas de preparación de la muestra, fermentación, separación y cuantificación. En esta etapa se realiza la versión final de la V heurística creada en las fases previas.		
40	Evaluar	Toda la clase	Anexo 1 Cuestionario
	Se aplica el cuestionario de opiniones sobre ciencia, tecnología y sociedad (COCTS) – post test		

Anexo 3 Actividades SEA

SECUENCIA DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE

ACTIVIDAD N°1

A partir del siguiente conjunto de imágenes los estudiantes plantean una relación general entre todas las imágenes y tres relaciones. Esto permite realizar y socializar cuatro nubes de palabras que enfatizan en los aspectos comunes de las respuestas dadas por los estudiantes.

Cuestiones

1. Los estudiantes observan el conjunto de imágenes presentada y en máximo tres palabras escriben la relación que encuentran en cada uno de los grupos de imágenes sugeridos:
 - a. Todas las imágenes de la matriz
 - b. Las imágenes 1, 6 y 7
 - c. Las imágenes 2, 3 y 5
 - d. Las imágenes 4, 8 y 9

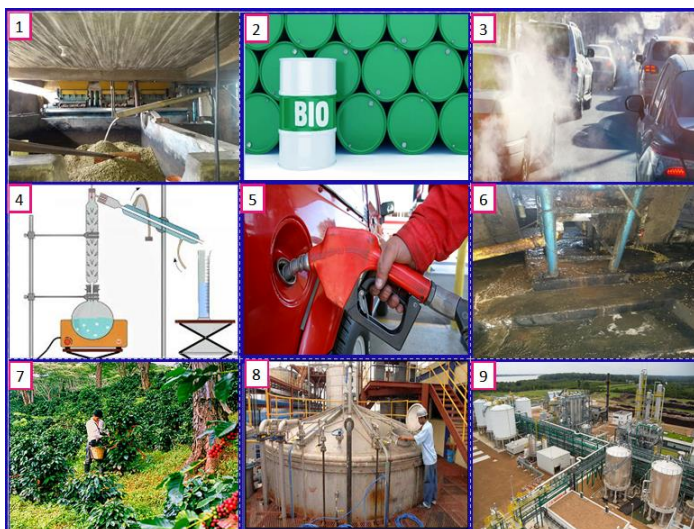


Ilustración 8: Conjunto de imágenes propuesta a los estudiantes.

Fuente: Archivo del autor y fuentes diversas de google images

ACTIVIDAD N° 2

Esta actividad se realiza una V heurística que reúne los aspectos conceptuales y procedimentales presentados en las lecturas. Cada lectura hace referencia a algunos procesos relacionados con el beneficio del café, producción y uso del etanol y los biocombustibles. Para ello se empleará la metodología de trabajo grupal llamada *jigsaw* de acuerdo con el siguiente paso a paso:

1. Se forman seis grupos con igual número de integrantes llamados *home group*.
2. Se reparten los tres temas entre los integrantes de cada grupo procurando que no hayan más de dos integrantes de cada grupo con el mismo tema.
3. Se asigna un tiempo prudente para que cada integrante se realice la lectura de cada tema.

4. Se organizan nuevos grupos de tal forma que todos los integrantes de esos nuevos grupos tengan el mismo tema.
5. Dentro de estos grupos cada uno de los integrantes realiza la relatoría de la lectura correspondiente.
6. Los integrantes de cada grupo vuelven al *home group* y realizan la actividad de consolidación.

La actividad de consolidación consiste en elaborar una V heurística que reúna los aspectos conceptuales y procedimentales de cada lectura. El proceso de realización de la V heurística será guiado por el docente.

Material de trabajo

LECTURA N° 1: Indicadores ambientales en el proceso de beneficio del café

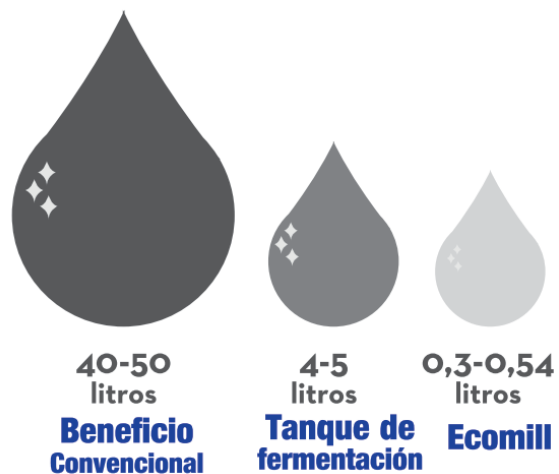
El café colombiano lleva implícita una característica de calidad, asociada al proceso de beneficio húmedo de los frutos, donde se requiere el empleo de agua, que lo enmarca dentro de una categoría conocida como “café suaves lavados”. Bajo este aspecto, es indudable pensar que, si se requiere del agua para beneficiar el fruto de café y transformarlo en café pergamino seco, el uso de esta debe asumirse con responsabilidad ambiental, la cual se logra adoptando tecnologías que enmarquen el producto dentro de un sistema productivo amigable con la naturaleza.

El despulpado y transporte de la pulpa sin agua hasta fosas techadas, se constituye en la acción ambiental preventiva más importante, ya que esta práctica evita que el 74% de la contaminación potencial de los subproductos del beneficio húmedo del café, llegue a las fuentes hídricas a través de la pulpa, perdiéndose la posibilidad de transformarla y darle valor agregado. El 26% restante de la contaminación se previene mediante la disposición del mucílago en mezcla con la pulpa de café, la cual actúa como filtro biológico, lo que aunado a los procesos de compostaje o lombricompostaje de la mezcla, permite obtener abono orgánico. Otras disposiciones son su uso en la alimentación animal o su tratamiento en sistemas biológicos como los sistemas modulares de tratamiento anaeróbico desarrollados en Cenicafé o la utilización de sistemas de tratamientos fisicoquímicos que permitan reducir la contaminación orgánica hasta los valores permisibles por la normatividad ambiental colombiana según la Resolución 631 del 2015.

Índice de manejo del agua en el beneficio del café

Para beneficiar el café en Colombia por métodos convencionales, se requieren entre 40 y 50 L*kg⁻¹ cps, de los cuales aproximadamente la mitad se utiliza en la clasificación del fruto, el despulpado y transporte de la pulpa a las fosas y el transporte de café despulpado a los tanques de fermentación. Los canales de correteo, típicos en Colombia, para la clasificación y el lavado del café tienen consumos de agua entre 20 y 25 L*kg⁻¹ cps.

Con el fin de disminuir el consumo de agua en la clasificación del café en cereza, en Cenicafé se desarrolló el separador hidráulico de tolva y tornillo sinfín (SHTTS), un dispositivo en el cual se combinan, en forma eficiente, las ventajas de la separación hidráulica y el transporte con tornillo sinfín, con bajo consumo específico de agua, permitiendo disminuir el 99,5% del consumo de agua, con respecto al dispositivo tradicional, el tanque sifón.



Despulpar en seco el fruto de café y transportar la pulpa y el café despulpado por medios no hidráulicos, permite eliminar el consumo del agua en esta etapa y conservar la totalidad de la materia orgánica aprovechable de la pulpa.

Cuando la eliminación del mucílago se realiza por fermentación natural y lavado, el uso eficiente y racional del agua durante el lavado del café en el mismo tanque de fermentación y usando la técnica de los cuatro enjuagues permite reducir el 80% del consumo de esta, al compararla con el lavado convencional.

Tomado y adaptado de: Rodríguez, Sanz, Oliveros, & Ramírez, 2015

LECTURA N°2: Un combustible valioso

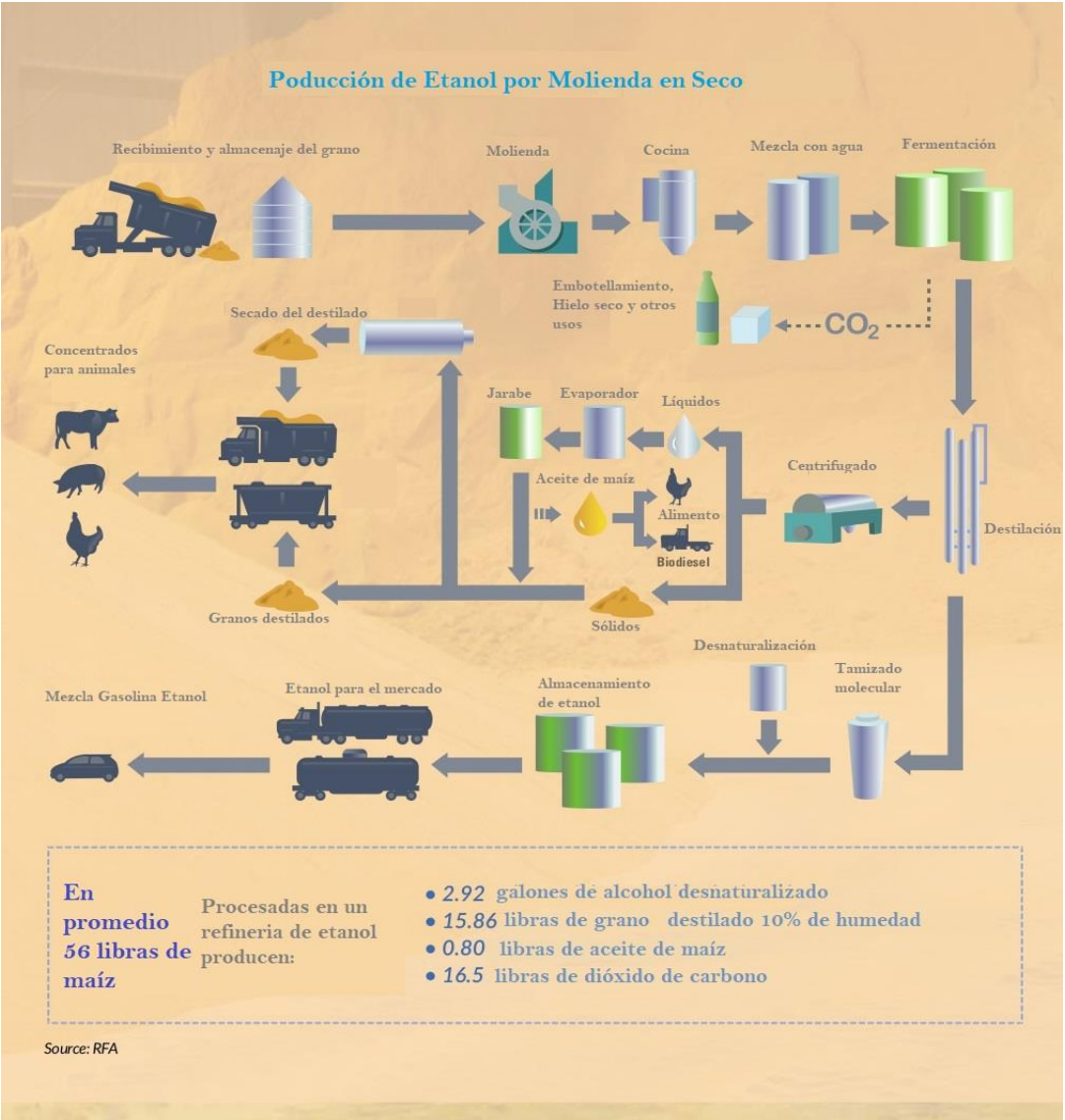
La producción y el uso de etanol tiene una larga historia de ayudar a los agricultores y a otros añadiendo valor al maíz, al mismo tiempo que ahorra a los conductores tanqueo frecuente de combustible. Henry Ford y Alexander Graham Bell fueron de los primeros en reconocer que los abundantes azúcares que se encuentran en las plantas podían convertirse fácil y económicamente en combustible renovable y de combustión limpia. Bell mismo se refirió al etanol como un "combustible limpio, hermoso y eficiente" hace más de un siglo.

La industria actual utiliza tecnologías de vanguardia para producir etanol y bioproductos valiosos a partir de los almidones y azúcares que se encuentran en los granos, bebidas y desechos de alimentos y biomasa celulósica, y los granjeros estadounidenses a menudo participan activamente en Muchas de estas plantas de etanol a través de posiciones de propiedad o liderazgo.

Más del 90 por ciento del etanol combustible de EE. UU. se produce mediante el proceso de molienda en seco, y la cantidad restante proviene de molinos húmedos. La principal diferencia entre los dos procesos está en el tratamiento inicial del grano.

En la molienda en seco, el grano entero primero se muele hasta ser harina, luego se mezcla con agua para formar una “masa”. Las enzimas se agregan a la masa para convertir el almidón en azúcar. La masa se cocina, luego se enfría y se transfiere a los fermentadores. Se agrega levadura y comienza la conversión de azúcar a alcohol. Después de la fermentación, el "fermento" resultante se separa, por decantación y filtración, y luego el etanol se destila y deshidrata, luego se mezcla con aproximadamente 2% de desnaturizante (como la gasolina) para que no se pueda beber. Entonces está listo para su envío. El almacenamiento se envía a través de una centrífuga que separa los sólidos de los solubles. Estos coproductos eventualmente se convierten en granos destiladores, así como en aceites destiladores de maíz.

En la molienda húmeda, el grano se separa primero en sus componentes básicos mediante remojo. Después de remojar, la lechada es procesada a través de molinos para separar el



germen de maíz. Los componentes restantes de fibra, gluten y almidón se segregan aún más. El componente de gluten (proteína) se filtra y se seca para producir alimento para animales. El almidón restante se puede fermentar en etanol, utilizando un proceso como el proceso de molienda en seco.

Traducido y adaptado de: Koehler et al., 2020

Obtención Y Evaluación de Etanol a Partir de los Subproductos del Beneficio de Café

En la actualidad se desarrollan numerosas investigaciones para la producción de alcohol a partir de biomasa lignocelulósica. En el estudio realizado por (Navia, de Velasco y Hoyos, 2011) se evaluó el etanol producido a partir de pulpa y mucílago de café, levadura comercial y panela. La pulpa y el mucílago de café se hidrolizaron vía ácida y el mosto (jugo de pulpa y mucilago) se fermentó con un inóculo de *Saccharomyces cerevisiae* en fase exponencial, elaborado con panela entera comercial. El producto fermentado se destiló y su análisis mediante cromatografía de gases arrojó un resultado de 25,44 kg/m³ de etanol a partir de 64,40 kg/m³ de azúcares totales, lo que equivale a un rendimiento del 77,29% respecto al teórico; mostrando que es posible su obtención en pequeñas fincas cafeteras con materias primas de fácil acceso, lo que puede ser una alternativa viable para la obtención de biocombustibles de segunda generación en zonas rurales. Se analizaron las vinazas resultantes del proceso, reportando valores de 0,40 ppm (Hierro), 0,97 ppm (Magnesio), 1,54 ppm (Calcio), y 4,40 ppm (Fósforo), lo que las hace particularmente útiles como complemento en el desarrollo de biofertilizantes para la lumbricultura.

Tomado y adaptado de: Navia et al., 2011

ACTIVIDAD N°3 – GUÍA DE OBSERVACIÓN

La actividad de campo tiene como objetivo observar cada una de las etapas del beneficio del café a través del desmucilaginado mecánico. Con base en lo observado se plantean alternativas de aprovechamiento de los residuos del café a través de una lluvia de ideas.

Indicaciones y recomendaciones guía de observación

Para cada una de las etapas de observación es necesario que se cumplan con las recomendaciones de seguridad dadas por los operarios de los equipos. Los estudiantes realizarán la actividad de observación en los mismos equipos que se conformaron en la actividad previa a la salida de campo y deben recolectar información sobre los siguientes aspectos.

- 1) ¿Cuáles son las etapas por las que pasa el café desde la recolección hasta el empacado como café pergamino?

- 2) ¿Cuál es la capacidad de procesamiento de la planta de beneficio visitada?
- 3) ¿Cuál es el consumo de agua por kilogramo de café procesado en el beneficiadero visitado?
- 4) ¿Cuáles son las semejanzas y diferencias entre el proceso de desmucilaginado mecánico y el desmucilaginado artesanal?
- 5) ¿Qué residuos se generan en el proceso de beneficio de café y cómo son aprovechados?

Una vez terminada la actividad de observación los estudiantes plantean un problema a partir de lo observado y mediante una lluvia de ideas plantean alternativas para el aprovechamiento de los residuos del beneficio del café.

ACTIVIDAD N°4

A partir del problema identificado en la fase anterior los estudiantes construyen una nueva V heurística que incluye elementos conceptuales de la fase 'antes' y las alternativas de solución planteadas en la lluvia de ideas.

Posteriormente cada uno de los grupos socializan lo realizado ante toda la clase.

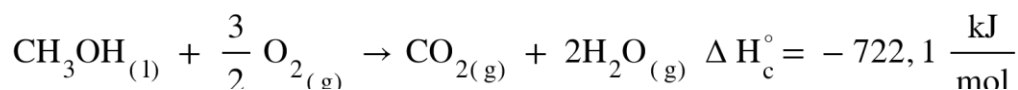
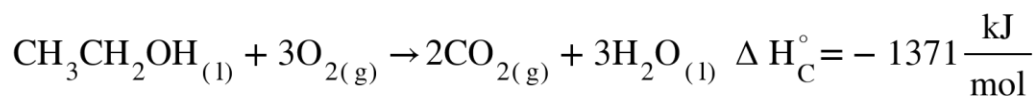
ACTIVIDAD N°5

A través de algunas simulaciones y otros materiales audiovisuales se explican las principales reacciones de oxidación del etanol, los respectivos cambios de energía y se hacen comparaciones con otros procesos oxidativos. Se retoman las V heurísticas creadas por los grupos en la fase previa y se les pide a los estudiantes que describan cuales de los procesos descritos son oxidaciones.

ACTIVIDAD N°6

Se le entrega a cada uno de los grupos un sobre que contienen recortes de una expresión química de oxidación (de etanol y otras sustancias semejantes). Los estudiantes deben ordenar correctamente la ecuación y balancearla. La siguiente ficha contiene algunos ejemplos de ecuaciones que se emplean en la actividad:

ACTIVIDAD N° 7



De forma grupal los estudiantes realizan algunos cálculos de energía producida por una determinada cantidad de combustibles. Luego se socializan los resultados y se establecen las respectivas comparaciones.

ACTIVIDAD N°8

Se realiza el proceso de producción de bioetanol a partir del mucilago del café. Este proceso consta de las etapas de preparación de la muestra, fermentación, separación y cuantificación. En esta etapa se realiza la versión final de la V heurística creada en las fases previas. Adicionalmente se propone la implementación del siguiente cuestionario:

- ¿Antes de lo trabajado en estas sesiones conocía completamente todo lo relacionado con el café? ¿Qué cosas no conocía?
- ¿Considera que en la producción del café en el municipio del páramo se generan residuos contaminantes?
- Cuál es su opinión sobre la posibilidad de utilizar los residuos del café para la producción de biocombustibles como el etanol.
- Mencione tres cosas de las que aprendió que le enseñaría a otra persona interesada en el tema.

Anexo 4 Ejemplos de V heurísticas creadas por los estudiantes (antes – después)
categorizada como plausible

¿Cuál es la importancia del proceso de beneficio de café en Colombia?

TEORÍA:

El café colombiano cuenta con un proceso al beneficio húmedo de los frutos; en donde requieren emplear agua, enmarcándolo en la categoría "Cafés suaves lavados". Colombia cuenta con el mejor café suave del mundo, gracias a condiciones naturales tales como la altitud y la temperatura, siendo ideales para su cultivo.

PRINCIPIOS:

Proceso de desmucilaginado, y despulpado del café en donde encontramos la relación que existe entre los diferentes tipos de beneficio de café con respecto al uso eficiente, ahorro de agua y contaminación hídrica en la zona cafetera

CONCEPTOS:

Desmucilaginado: proceso por el cual se desprende la mucosidad que se encuentra entre el grano y la cereza de café

Despulpado: proceso por el cual se retira la cascara del fruto del café para extraer la semilla; el despulpado y transporte de la pulpa sin agua hasta fosas techadas se utiliza para la acción para proteger el medio ambiente.

Proceso de beneficio: aquel beneficio en el cual se hace un uso racional del agua y se tratan los subproductos como pulpa, mucilago y aguas residuales, de forma que no se generen vertimientos en el proceso.

Para beneficiar el café en Colombia por métodos convencionales, se requieren entre 40 y 50 L.kg-1 cps, pero cuando la eliminación del mucilago se realiza por el proceso de beneficio reducirá un 80% en comparación al método convencional.

AFIRMACIONES DE VALOR

- La eliminación del mucilago se realiza de forma natural o mecánica, utilizando desmucilagadores, lavadores mecánicos o tanques de fermentación.
- La transformación de la pulpa se realiza en una fosa, con el área correspondiente a la producción y debidamente techada.

AFIRMACIÓN DE CONOCIMIENTO

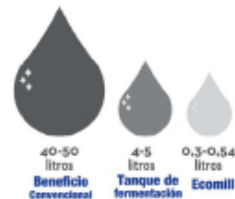
- El despulpado y transporte de la pulpa se realiza sin agua
- Permite lavar y clasificar el café, con consumo específico de agua inferior a 5 L.kg-1 de cps.
- Se realiza el control de la contaminación mediante el aprovechamiento de los subproductos.

TRANSFORMACIONES:

Despulpar en seco el fruto del café y transportar la pulpa y el café previamente despulpado por medios no hidráulicos, nos permite aprovechar la materia orgánica de la pulpa eliminando el consumo de agua en esta etapa con totalidad. Cuando la eliminación del mucilago se realiza por fermentación natural y lavado, el uso eficiente y racional del agua durante el lavado del café en el mismo tanque de fermentación y usando la técnica de los cuatro enjuagues permite reducir el 80% del consumo de esta, al compararla con el lavado convencional.

JUICIO DE VALOR

Es importante que se realice este proceso de esta manera ya que se concientiza a los productores de café sobre la necesidad de conservar las microcuencas, mejorando la cantidad y calidad del agua, además, el consumo global de agua en el beneficio del café es menor 10 L.kg-1 de cps y se realiza un manejo parcial o total a los subproductos (pulpa y mucilago) generados en este proceso de beneficio, con la aplicación de buenas prácticas.



- Disminución específica de agua.

PARTE CONCEPTUAL

TEORÍAS

La biomasa útil en términos energéticos formales, es donde las plantas transforman la energía luminica en energía química a través de la fotosíntesis, y parte de esa energía química queda almacenada en forma de materia orgánica; la energía química de la biomasa puede recuperarse quemándola directamente o transformándola en combustible.

LEYES

Las fermentaciones son procesos bioquímicos realizados por levaduras, bacterias y enzimas, que degradan principalmente los azúcares de los sustratos. El mucilago de café está compuesto esencialmente por agua, azúcares y sustancias pécticas y contiene principalmente levaduras de los géneros *Saccharomyces*, *Torulopsis*, *Candida* y *Rhodotorula*, así como bacterias lácticas *Lactobacillus* y *Streptococcus*, y otras bacterias y hongos. El recuento y tipos de microorganismos en la fermentación del café dependen de los contenidos en la cereza y mucilago y de las condiciones ambientales, como la temperatura y gases, entre otros.

PRINCIPIOS

La fermentación alcohólica es un proceso anaeróbico exotérmico el cual libera moléculas de ATP, las cuales son necesarias para el funcionamiento metabólico de las levaduras. Debido a que el proceso es anaeróbico, la respiración celular de la cadena del ADP en ATP queda completamente bloqueada, siendo la única fuente de energía para las levaduras la glicólisis, la cual produce moléculas de ATP mediante la fosforilación a nivel de sustrato. En el balance total energético se generan 2 moléculas de ATP por cada molécula de glucosa.

CONCEPTOS

Glicólisis: vía metabólica encargada de oxidar la glucosa

Fosforilación: es la adición de un grupo fosfato a cualquier otra molécula.

Sustancias pécticas: son un tipo de polisacáridos.

¿CÓMO ES POSIBLE OBTENER ETANOL A PARTIR DE RESIDUOS DEL CAFÉ?

PARTE METODOLÓGICA

JUICIO DE VALOR

La buena disposición y tratamiento de los residuos que se generan en un proceso productivo, no ocasionan impactos ambientales adversos para el ecosistema a la vez que minimizan los gases de invernadero.

AFFIRMACIÓN SOBRE CONOCIMIENTO/ CONCLUSIONES

El rendimiento del proceso de producción de etanol permite obtener un destilado con un aproximado en 4%.

El etanol puede producirse por la fermentación de azúcares y almidones obtenidos de distintas fuentes.

El alcohol por fermentación cuenta con un porcentaje del 12 al 15% de alcohol; por destilación su concentración de alcohol oscila entre un 40 y 50% en concentración de alcohol; por destilación entre disoluciones etanol-agua no pasa de una concentración de 95% por ser azeótropo de ebullición mínima, mientras que para obtener 100% concentración de alcohol es necesario que el azeótropo sea pasado a través de un agente deshidratante. El etanol es un disolvente estupendo de bajo costo de producción y poco tóxico.

TRANSFORMACIONES

Cuando se recolecta la muestra y se hace un pretratamiento de filtración y esterilización la muestra esta lista para iniciar la fermentación, que es el proceso donde se activa el medio del cultivo con una solución que contiene dextrosa, y el etanol es producido por las levaduras *saccharomyces cerevisiae*. Esta solución debe estar inoculada en los semi reactores totalmente sellados, se hace un baño de fermentación, allí se regulan las muestras a una temperatura optima por un tiempo definido para destilar la vinaza obtenida del mucilago proceso que permite la producción de etanol listo para cuantificar mediante el proceso de picnometría y así determinar la densidad relativa de ella y a partir de esta el porcentaje de volumen de etanol.

REGISTROS

- Paso 1: Obtención y pretratamiento del mucilago
- Paso 2: Baño de fermentación
- Paso 3: Destilación simple
- Paso 4: Cuantificación de etanol por picnometría

EVENTO/ACONTECIMIENTO

Ver video de producción de etanol a partir de mucilago de café