

EDUCACIÓN AMBIENTAL DESDE EL DESARROLLO SOSTENIBLE: UN
ESTUDIO DE LAS SAPONINAS PRESENTES EN LA *Phytolacca Bogotensis*
COMO ALTERNATIVA EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS

JUAN CARLOS RODRÍGUEZ CALDERÓN
ANGIE LIZETH SAMUDIO CARRILLO

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
LICENCIATURA EN QUÍMICA
BOGOTÁ
2020

EDUCACIÓN AMBIENTAL DESDE EL DESARROLLO SOSTENIBLE: UN
ESTUDIO DE LAS SAPONINAS PRESENTES EN LA *Phytolacca Bogotensis*
COMO ALTERNATIVA EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS

JUAN CARLOS RODRÍGUEZ CALDERÓN
ANGIE LIZETH SAMUDIO CARRILLO

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Licenciados en
Química

Línea de investigación: Desarrollo Sostenible

Directora:
Dora Luz Gómez Aguilar
Doctora en Desarrollo Sostenible y docente de planta
Departamento de Química UPN

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
LICENCIATURA EN QUÍMICA
BOGOTÁ
2020

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Bogotá, Abril de 2021

DEDICATORIA

A todas las personas que de una u otra forma nos colaboraron para poder alcanzar este sueño, y muy especialmente a nuestros padres:
Elvira Carrillo y Víctor Samudio, Esperanza Calderón y Antonio Rodríguez

AGRADECIMIENTOS

Durante estos años muchas personas fueron partícipes de cada uno de los procesos de manera directa o indirecta, realizando su pequeño aporte que hoy nos permite culminar el paso por la Universidad. Pero en especial deseamos agradecer a la directora del trabajo de grado Dora Luz Gómez, quien nos apoyó en los diferentes procesos de proyección del trabajo, que nos tuvo paciencia y nos enseñó muchas de las ideas que a un futuro próximo serán base de nuestra profesión. Al grupo de Énfasis Disciplinar I 2020-2, que nos brindaron sus aportes y conocimiento contribuyendo a la investigación y a nuestro proyecto personal.

“Quiero agradecer a mi primo Jhon Javier Pérez y mi compañera Ana Lucia Ríos que en estos últimos años de carrera me brindaron el apoyo emocional y material que me inspiraron a culminar mis estudios”.

“Agradezco a mi hermana Gloria Patricia Rodríguez, a mi tía Carmenza Calderón y mis amigos Andrés Téllez y Franklin Rivera que de manera incondicional me han apoyado en esta etapa de la vida”

Juan Carlos Rodríguez

“Me complace agradecer a todos los docentes que han sido parte de este crecimiento personal y profesional durante estos años, agradezco el conocimiento que me han brindado ya que por ello puedo sentirme orgullosa de mí misma”

“Agradezco a mi familia que me ha brindado su compañía y apoyo durante todo el proceso teniéndose que privar en ocasiones de mi presencia y mi tiempo, en especial a mis hermanos Darío y Kevin Samudio, quienes siempre han creído en mí y han estado en momentos cruciales de mi vida”.

“Quiero agradecer a mi compañero Juan Carlos Rodríguez con quien logramos terminar este proyecto y etapa de nuestras vidas, a mi amigo Josué Arias quien me acompañó durante estos últimos semestres y se convirtió en un apoyo incondicional, de igual manera a Faiber Tapiero quien fue mi soporte durante el periodo de virtualidad, y finalmente a mi mejor amigo Elkin Rivera quien ha estado a mi lado desde el inicio de la etapa universitaria y quien se a convertido en una base sólida de mi vida”

Angie Lizeth Samudio

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	10
1. ANTECEDENTES	12
1.1. ASPECTO DIDÁCTICO	12
1.1.1. Educación Ambiental	12
1.1.2. Coagulantes Naturales	13
1.2. ASPECTO DISCIPLINAR	14
1.2.1. <i>Phytolacca Bogotensis</i> (Guaba)	14
1.2.2. Aguas residuales	16
2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	18
3. OBJETIVOS	20
3.1. OBJETIVO GENERAL	20
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
4. MARCO REFERENCIAL	21
4.1. COMPONENTE DIDÁCTICO	21
4.1.1. Educación ambiental	21
4.1.2. Desarrollo Sostenible	22
4.2. COMPONENTE DISCIPLINAR	25
4.2.1. Guaba (<i>Phytolacca Bogotensis</i>)	25
4.2.2. Tratamientos de aguas residuales	26
4.2.3. Coagulación	26
4.2.4. Saponinas	26
5. METODOLOGÍA	29
5.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	29
5.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN Y ESTUDIO	29
5.3. POBLACIÓN	29
5.4. FASES DE LA INVESTIGACIÓN	29
5.4.1. Estudio Preliminar	29
5.4.2. Intervención en el aula	30

5.4.3. Análisis de contenido	30
6. RESULTADOS Y ANÁLISIS	32
6.1. PRUEBAS PRELIMINARES	32
6.2. PRUEBA DE ENTRADA	36
6.3. INSTRUMENTO 1	38
6.3.1. Rúbrica para la evaluación del instrumento 1	38
6.3.2. Resultados del instrumento 1	41
6.3.2.1. Porcentajes globales por categoría	41
6.3.2.2. Porcentajes globales por grupo e ítems	41
6.3.2.3. Paridad de los resultados por grupos y categorías	42
6.3.3. Análisis de resultados del instrumento 1 por categorías	42
6.4. INSTRUMENTO 2	45
6.4.1. Análisis instrumento 2	45
6.4.2. Enfoque educativo ambiental sostenible	47
6.5. PRUEBA DE SALIDA	48
CONCLUSIONES	50
RECOMENDACIONES	51
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Algunas estructuras base de las saponinas	27
Tabla 2. Resultados de la marcha fitoquímica.....	32
Tabla 3. Recolección y extracción	33
Tabla 4. Pruebas con extracto acuoso	33
Tabla 5. Pruebas con el extracto etanólico	34
Tabla 6. Justificación de las categorías de análisis y evaluación.	38
Tabla 7. Rúbrica de evaluación del instrumento 1	39
Tabla 8. Resultados instrumento 1	41
Tabla 9. Porcentajes globales por categoría.	41
Tabla 10. Porcentajes globales por grupo e indicador.....	41
Tabla 11. Paridad de los resultados por grupos y categorías.....	42
Tabla 12. Cuadro comparativo de las Ideas planteadas por los grupos en cuanto a coagulantes sintéticos y naturales.	46

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXOS	58
Anexo A. Prueba de Entrada y salida	59
Anexo B. Intervenciones en el aula (presentaciones)	62
Anexo B1. Presentación del proyecto a los estudiantes	62
Anexo B2. Presentación de la temática	64
Anexo C. Instrumentos de aplicación	75
Anexo C1. Resumen gráfico	75
Anexo C2. Estudio de caso	77

INTRODUCCIÓN

El trabajo de grado parte de la idea enfocada a la didáctica de las ciencias y de la química en particular, al denotar dificultades en el uso de herramientas que permitan la comprensión de temas complejos (Morán, 2018); teniendo esto como base, se establece la comprensión del desarrollo sostenible y de la química en particular a partir del análisis de las saponinas presentes en la Guaba (*Phytolacca Bogotensis*) como posible coagulante natural en el tratamiento de aguas, se encuentra que el uso de esta planta está más relacionado con la etnobotánica y la medicina tradicional (Fonnegra Gómez, 2007) y que dentro del aspecto disciplinar de la química hay poca información, remontándose a estudios anticuados como los de Mazey (1943) y Carrero (1989), en donde se expone experimentalmente la toxicidad de la Guaba por su alto contenido de saponinas y la presencia de compuestos esteroideos y terpenoidales, hasta estudios más recientes como el realizado por Montoya, et al., (2009) sobre la identificación de 30 saponinas con su respectiva parte glucosídica.

Seguido a esto y teniendo en cuenta el papel histórico del desarrollo sostenible como una guía para la educación ambiental, ampliamente divulgada por la Organización de las Naciones Unidas - también estudiado por autores como Sachs (2015) y Sauvé (2009) - y lo promovido por la constitución política de Colombia, se adquiere una preocupación sobre el estado del recurso hídrico en relación al tratamiento de aguas residuales, a partir del uso de coagulantes naturales, para que de esta forma se cumplan unos parámetros mínimos para su consumo y utilización, dado esto se propone el estudio de las saponinas presentes en la *phytolacca bogotensis* como una alternativa sostenible que incorpora tanto el aspecto disciplinar de la química, así como el aspecto normativo del desarrollo sostenible, con el fin comprender si el estudio teórico de las saponinas cumple con las características de un coagulante natural y argumentar por qué esto constituye una estrategia didáctica ambiental, usando la indagación que busca aprender de la naturaleza a través de experiencias y la observación permanente (Sauvé, 2002), creando conciencia acerca de los fenómenos ecológicos en todas sus dimensiones y reflexionando sobre una cultura de respeto, apreciación y conservación, dentro de este marco es necesaria una educación ambiental sostenible que esté relacionada con el contexto de los estudiantes para que de esta forma se disminuya la brecha entre el decir-hacer y se generen conductas asociadas a la protección ambiental (Páramo, 2017).

Inicialmente se plantea el trabajo con estudiantes de escuela rural llevado a la educación ambiental, sin embargo, dicho planteamiento fue modificado por la pandemia producida por el virus Sars Cov-2, es así que el proyecto se reformuló, optando por la indagación de alternativas sostenibles ambientales y se consolida el trabajo con el grupo de énfasis disciplinar I de la Universidad Pedagógica Nacional.

Posteriormente a tales inconvenientes, se hace un análisis fitoquímico preliminar de la planta con el fin de establecer los metabolitos secundarios presentes (análisis efectuado por los autores), y se complementa con estudios anteriores que dan sustento de las saponinas presentes en la planta, así como sus posibles usos y afectaciones. Se parte de una investigación no experimental con un enfoque teórico que establece un tipo de estudio exploratorio-correlacional entre las saponinas presentes en la *Phytolacca Bogotensis* y su aplicación ambiental desde las cuatro dimensiones del desarrollo sostenible (dimensión ambiental, social, económica y gobernanza) y se toma como población de estudio a los estudiantes del espacio académico de énfasis disciplinar I del departamento de química de la Universidad Pedagógica Nacional.

Cabe denotar que el espacio académico se enfoca en el tratamiento de aguas, lo cual permite tener una base conceptual en relación a coagulantes y floculantes que permiten la remoción de materia orgánica presente en aguas residuales, usando las saponinas de la *Phytolacca Bogotensis* desde un estudio comparativo teórico, se lleva a los participantes a establecer la conexión entre los coagulantes presentes en la planta y la sostenibilidad, basándose esto último en los objetivos del desarrollo sostenible (8 ODS), y sus 4 dimensiones: ambiental, social, económico y político-institucional (gobernanza), que menciona Sachs (2015) en “Introducción al desarrollo sostenible”, se plantea para ello una prueba de entrada y salida (que permite tener una visión de las ideas de los participantes antes y después de las intervenciones de los investigadores), así como dos intervenciones en el aula que permitieron dar introducción y explicación del enfoque del trabajo, en tales intervenciones se hizo énfasis en los ODS (8 ODS), coagulantes naturales, tamizaje fitoquímico y tratamiento de aguas, posteriormente se lleva a cabo la aplicación de dos instrumentos de análisis (Resumen gráfico y estudios de caso).

Se establecieron cuatro categorías de análisis, (desarrollo sostenible, metabolitos secundarios, coagulantes naturales, propuesta didáctica), que permitieron el análisis de los instrumentos elaborados evidenciando que existe dentro del grupo de estudio, una concepción conservacionista-reduccionista que relaciona únicamente la dimensión ambiental y la dimensión económica, se logra orientar de manera efectiva el 25% de los grupos de trabajo, abordando propuestas autónomas bajo el tópico del tratamiento de aguas a través del uso del desarrollo sostenible como una herramienta que permite relacionar lo social, económico, ambiental y la gobernanza, con el fin de lograr una educación más amplia en cuanto a dimensionar las problemáticas y soluciones a problemas inmediatos que aquejan a las sociedades modernas.

Los análisis efectuados y las apreciaciones del grupo de estudio permiten establecer que la didáctica empleada podría constituir una forma de aprehensión de la educación ambiental propiamente dicha, enfocada en categorías de análisis y sus diferentes corrientes (Sauvé, 2005), y con ello al posible estudio de coagulantes naturales en el marco del desarrollo sostenible.

1. ANTECEDENTES

1.1. ASPECTO DIDÁCTICO

En relación con la parte didáctica, se mencionan los diferentes trabajos de grado, informes, artículos y demás fuentes indexadas que se relacionan tanto con la parte de educación ambiental, como a la enseñanza de procesos de coagulación en las aulas:

1.1.1. Educación Ambiental

Se habla de la educación ambiental desde los planteamientos de diversos autores como Sauvé, Steve Van Matre, Michael Cohen y de cómo cada uno de ellos tiene una visión pedagógica y didáctica de hacer educación ambiental desde lo natural, lo que puede ser de potencial ayuda para Colombia, que sin embargo deja otros temas por fuera como la economía y los planteamientos internacionales como los recogidos por UNESCO (Pérez Osorno, 2016).

Sepúlveda Gallego (2014), parte del abordaje crítico-histórico de la educación ambiental en Colombia y de cómo las políticas enmarcadas dentro de la constitución y las leyes dictadas por organismos internacionales han encaminado los fines de la educación, y se propone la elaboración de un modelo que tenga en cuenta la realidad y las necesidades del país, partir de la resignificación de la crisis ambiental como una crisis de conocimiento, que dentro de sus reformas debe traer la cualificación de los gobernantes, la modificación de los programas de acreditación académicos y el fortalecimiento de los comités técnicos interinstitucionales, que visto con detenimiento aborda las tres dimensiones del desarrollo sostenible a partir de una introducción metodológica de la educación ambiental.

Páramo (2017), hace referencia a la brecha existente entre el decir y el hacer dentro de la educación ambiental, partiendo de un análisis bibliográfico y del esfuerzo que se debe hacer para que en realidad se generen comportamientos proambientales y no pensamientos sin acción que no generan verdadera conciencia. Es por tanto que al reconocer y adaptar las normas establecidas por organismo como la ONU y la legislación ambiental colombiana a través de lo propuesta desde desarrollo sostenible como una extensión del comportamiento social, económico y cultural, se pone en evidencia la creación de condiciones que dan lugar a la correspondencia entre el decir y el hacer en consecución de los objetivos sobre sostenibilidad ambiental.

1.1.2. Coagulantes Naturales

En relación al aspecto didáctico de coagulantes naturales se optó por recoger algunos estudios con un enfoque tanto social como disciplinar pese a la escasa bibliografía encontrada, bajo los cuales se aborda el tratamiento de aguas desde la preocupación al acceso de comunidades vulnerables, teniendo esto en cuenta se establece una relación entre la interdisciplinariedad de la educación ambiental frente a las demás áreas del conocimiento, sin perder de vista el objeto de estudio de este trabajo frente a las dimensiones del desarrollo sostenible.

Okuda et al., (2001) hacen referencia al uso de diversos extractos de especies de plantas y semillas en la coagulación y floculación de aguas contaminadas, enfocándose en la seguridad que proporcionan dado a su calidad en la potabilidad del agua para consumo humano, además de mencionar las propiedades antimicrobianas que pueden llegar a tener a partir de su naturaleza química, en su estudio se enfocan en el uso de los componentes de la Moringa, usando para ello test de coagulación y métodos analíticos de turbidez.

Como estudio preliminar se encuentran antecedentes sobre el uso de coagulantes naturales en Colombia enfocándose en regiones afectadas por la poca accesibilidad al agua potable, comunidades de bajos recursos y/o población rural; como mitigación de la contaminación se han propuesto procesos fisicoquímicos como lo son la coagulación y floculación usando para ello diferentes sustratos naturales modificados y sin modificar para la remoción de material no deseado en las aguas, el conocimiento adquirido por este tipo de propuestas en el aula son de gran importancia, ya que previenen la contaminación causada por el desconocimiento, además de presentar soluciones ambientalmente correctas (Melo Vargas & Turriago Ríos, 2012).

La coagulación es un sistema de tratamiento de aguas que se ha ido usando cada vez en mayor proporción a fin de desestabilizar suspensiones coloidales, logrando la precipitación de especies metálicas, materia orgánica, especies inorgánicas, eliminándolas luego mediante sedimentación y/o filtración de las corrientes líquidas (Díaz Claros, 2014).

Por otro lado, Gualdrón (2016) nos habla de cómo el recurso hídrico en Colombia es uno de los más importantes del mundo. Sin embargo, cerca del 70% de la población se encuentra asentada en el río Cauca y Magdalena lo que conlleva a que se reciban de manera indirecta y directa las aguas residuales sin tratamiento. Este problema actualmente afecta la calidad del recurso hídrico, además, las actividades antrópicas sobre el ambiente son el mayor interferente para garantizar el saneamiento. Para ejemplificar lo anterior se enuncian los casos de minería ilegal o artesanal, factores antropogénicos y uso de agroquímicos, como las principales causas y consecuencias del deterioro físicoquímico y biológico del agua. El propósito del artículo es el tratamiento estadístico de datos obtenidos por medio de

revisión bibliográfica. Y a partir de estos datos fisicoquímicos y microbiológicos calcular el índice de calidad del agua (ICA) para evaluar si el recurso se encuentra dentro de los límites según la normatividad colombiana.

En “*Diseño de un experimento de optimización del proceso de coagulación - floculación de aguas en el laboratorio de química*”, los autores, aplican y generan problemas matemáticos para la enseñanza de la ingeniería química considerando la aplicación de un diseño experimental empleando un software científico como Statgraphics para la simulación de afluentes contaminados de industrias y su propuesta de solución mediante coagulantes. Devesa-Rey, et al., (2017).

Aguirre, et al., (2018) en el artículo titulado, sustancias naturales: alternativa para el tratamiento de agua del río Magdalena en Palermo, Colombia, hacen una revisión de información encontrada en la Gobernación de Magdalena del año 2014, en donde se evidencia el vertimiento de aguas sin tratamiento alguno al Río Magdalena afectando al ecosistema y a la población aledaña. Esta información es contrastada con la norma 2115 de 2007 y según los resultados se sobrepasan los límites permitidos para los parámetros químicos de As, Hg, Ca, Fe, Mn, NO₂, Cd, Ni, Pb, Mo, COT, Fluoreno. Mientras que para los parámetros microbiológicos se sobrepasa el valor para la especie Aerobios mesófilos y se evidencia la presencia de *Pseudomona Aeruginosa*. Como posible solución a la problemática se plantea emplear coagulantes naturales como lo son semillas de *M. Oleifera*, *A. Indica*, *Z. Mays*, y *O. Ficus-indica*, por otra parte, se contrastó con los resultados del coagulante sintético inorgánico de sulfato de aluminio, por lo tanto, esta alternativa resulta ser asequible económicamente para la población y sostenible ya que no se afectan las especies acuáticas, ni se ve afectado significativamente el pH del agua.

1.2. ASPECTO DISCIPLINAR

1.2.1. *Phytolacca Bogotensis* (Guaba)

El panorama científico en lo que tiene que ver con el uso de las plantas medicinales en Colombia es complejo, debido a la gran variedad de flora que existe en el país, el estudio científico de las mismas se ha enfocado a las plantas más conocidas y de uso común en la industria. Es por ello que son pocos los trabajos académicos que se centran en el estudio de la *Phytolacca Bogotensis*; no obstante, es de destacar algunos trabajos que pretenden adentrar al lector a la complejidad de la misma y sus variados usos, específicamente a lo que concierne sobre saponinas.

Para 1943 en la Revista de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Mezey publica un artículo en el que se comprueba experimentalmente, que la *Phytolacca Australis Phill* es una planta tóxica, demostrando tener altos niveles de saponinas y calificando a esta como la sustancia tóxica con niveles mortales en el consumo en

animales de granja, y se plantea un tratamiento para la desintoxicación con dicha planta en estos animales

Figuroa, et al., (1976), en “Contribución al estudio de la *Phytolacca Bogotensis* H.B.K.” buscaron hacer una contribución a la unificación de la literatura y la propagación del conocimiento de las propiedades medicinales de la *Phytolacca Bogotensis*, presentando para ello un estudio botánico y micrográfico; por otra parte, el informe presentado por Carrero, R. (1989) “Estudio Fitoquímico de *Phytolacca Bogotensis* HBK (Guaba)” plantea una divulgación científica en relación a las sustancias esteroideas, terpenoidales y flavonoides, cuya parte experimental contó con la colaboración del instituto “Merck de Colombia”, describiendo los métodos empleados y los compuestos aislados usando como extractor principal el metanol, dentro del documento se destaca la identificación del ácido serjanico el cual por su estructura es precursor de saponinas triterpénicas.

De igual manera en Dinamarca, para el año de 1994, se publica un artículo que lleva como título “Triterpenoid Saponins From *Phytolacca Rivinoides* and *Phytolacca Bbogotensis*” [Saponinas triterpénicas de *Phytolacca Rivinoides* and *Phytolacca Bogotensis*], esta investigación de los extractos etanólicos de *P. Rivinoides* y *P. Bogotensis* da como resultado el aislamiento de cinco nuevos glucósidos triterpénicos del ácido serjanico, establecido principalmente por métodos espectroscópicos dado a que los componentes de saponina de estas especies aparentemente no han sido investigados previamente. El estudio describe el aislamiento y la elucidación de la estructura de cinco nuevos glucósidos del ácido serjanico; los compuestos 1-3 se aislaron de *P. Bogotensis* y 2, 4 y 5 de *P. Rivinoides*. (Nielsen, et al., 1994).

El artículo realizado en 2002 para la Revista Colombiana de Ciencias Químico Farmacéuticas, que lleva como título “Actividad antimicrobiana y examen fitoquímico preliminar de siete angiospermas y una muestra de propóleo” determina mediante la Concentración Crítica (C.C.) la actividad antimicrobiana de los extractos etanólicos de diferentes plantas, así como *Phytolacca Bogotensis* y una muestra de propóleo frente a dos bacterias Gram (+), tres Gram (-), una levadura y tres hongos filamentosos. Encontrando que el propóleo, *C. Odorata* y *E. Bogotense* tienen una potente actividad frente a las bacterias Gram (+) (C.C. entre 10 y 175 µg/mL); *C. Odorata* inhibió parcialmente a *C. Albicans* y *P. Bogotensis* a *Aspergillus Niger*. (Sanabria & Cárdenas, 2002).

En lo que respecta a la identificación de saponinas presentes en la planta objeto de estudio, Montoya, et al., (2009), describen la caracterización de diez nuevos glicoconjugados, así mismo doce saponinas conocidas se caracterizaron estructuralmente utilizando el modo de adquisición automática, en una fracción de glicoconjugado purificado estandarizado (SPT01) de *Phytolacca Bogotensis*, informando además la espectrometría de masas de ionización por electropulverización convencional y los parámetros MS/MS de disociación inducida

por colisión (CID) que favorecieron la formación de iones de productos característicos. Se logró la diferenciación de dos pares de isómeros posicionales y cuatro glucósidos isobáricos y la producción de una biblioteca de 30 glucósidos presentes en *P. Bogotensis*; posteriormente utilizaron la cromatografía líquida de alto rendimiento con espectrometría de masas en tándem de electro spray (HPLC-ESI / MSn) para identificar la secuencia de saponinas O-glucósidos de las raíces de *Phytolacca Bogotensis*. Se describe un método que utiliza extracción en fase sólida (SPE) y HPLC / ESI-MSn para la caracterización de saponinas y la identificación de moléculas nuevas. Resultados - Tres saponinas reportadas por primera vez en *P. Bogotensis* fueron aisladas y caracterizadas por espectroscopía de RMN. Se propuso una nueva saponina sobre la base de criterios empíricos, y se identificaron otras cinco saponinas por primera vez para *P. Bogotensis* utilizando HPLC-ESI / MSn. (Montoya, et al., 2009).

Lo anterior permite establecer los variados usos que tiene la Guaba e identificar algunos de los compuestos químicos que contiene, específicamente los relacionados a las saponinas en cuanto a que confirman la existencia dentro de su composición, dado que es la base teórica del trabajo a desarrollar.

1.2.2. Aguas residuales

Al hablar de agua, se debe establecer el tipo de agua que se estudiará, dependiendo de su procedencia, uso o estado, para Jimenez, De Lora y Ramlho (2003), las cuatro fuentes fundamentales de aguas residuales son: 1. aguas domesticas o urbanas, 2. aguas residuales industriales, 3. Escorrentías de usos agrícolas, 4. pluviales. En general las aguas residuales contienen un tipo de contaminante debido a su procedencia, y ya sean tratadas o no se descargan en un receptor de aguas superficiales (mar, río, lago, etc.) que se considera medio receptor.

Los contaminantes del agua residual se clasifican en tres categorías: químicas, física y biológicas, por lo general estos contaminantes reducen el potencial de oxígeno y potabilidad por lo que va disminuyendo de manera secuencial la vida existente en ellas (Jiménez Beltrán, et al., 2003).

Las aguas residuales suelen ser transportadas mediante los diferentes sistemas de alcantarillados, de allí que Romero (1999), destaca tres tipos de aguas residuales: 1. aguas residuales domésticas que son líquidos provenientes de viviendas, edificios o instituciones; 2. aguas residuales municipales, cuyos residuos líquidos se transportan por el alcantarillado de una ciudad o población y tratados en una planta de tratamiento municipal; 3. aguas residuales industriales, provenientes de las descargas de industria y manufactura. Es importante definir que en estas categorías se encuentran aquellas conocidas como aguas negras (transportan coliformes fecales), y aguas grises (provenientes de tinajas, duchas, lavamanos y lavadoras).

Para el uso de saponinas en el tratamiento de aguas autores como Alcázar Medina et al., (2014) han reportado la implementación de la técnica de aglomeración esférica para la remoción de cobre II en modelos de agua de 2-15 ppm, utilizando como biosurfactante extractos de pulpa ricos en saponinas provenientes de la lechuguilla (*Agavae Lechuguilla*), otros autores como Hong et al., (2000) han comparado el uso de mezclas de extractos de saponinas provenientes de diferentes plantas para la extracción de metales pesados (Cr, Cu, Pb y Zn) a nivel de laboratorio con rangos de pH de 4 a 9 frente a métodos tradicionales como los del HCl y EDTA, determinando que la eficiencia de extracción para cada uno de los metales depende de los valores de pH y de la concentración de la mezcla de saponinas usada.

Autores como Castellanos (2017) describen la importancia del tratamiento de aguas potables y los altos costos económicos que se requieren para la potabilización que en la mayoría de los casos son de difícil acceso para la población vulnerable, por tanto se hace necesaria la búsqueda e implementación de alternativas ambientales como coagulantes naturales, para ellos se planteó una revisión bibliográfica de coagulantes para la remoción de turbidez y color en Colombia, dentro de los cuales se encontraron extractos vegetales (*Opuntia Ficus-Indica*, *Moringa Oleifera*, *Ipomoea Incarnata* y *Cassia Fistula*), concluyendo que los porcentajes de rendimiento frente a la remoción de turbidez y color son semejantes a los alcanzados por coagulantes-floculantes de origen industrial y por tanto la utilización de coagulantes naturales constituye una alternativa para el tratamiento de aguas que no degrada el medio ambiente y favorece la salud humana tanto en zonas rurales como en urbanas.

Bravo (2017), hace una revisión bibliográfica acerca de los extractos de origen natural usados como coagulantes y floculantes en la remoción de contaminantes como los metales pesados, sólidos suspendidos, turbidez, color y demanda química de oxígeno, de lo cual se encontraron estudios relacionados a 15 especies vegetales. Finalmente se determinó que los extractos naturales son eficientes en la remoción de contaminantes y que en la mayoría de los casos no afectan el pH del agua, sin embargo, se recomienda hacer estudios más detallados a nivel industrial de su efectividad.

2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Es un común denominador encontrar dentro de los asentamientos humanos vectores de contaminación hacia las distintas fuentes hídricas (humedales, ríos, lagos, etc) debido a los diferentes escurrimientos o procesos venideros de aguas residuales, producto del uso industrial, doméstico y agrícola; según la ONU (2010) 2.100 millones de personas (29% de la población mundial) carecen de acceso a servicios de agua potable gestionados de manera segura y el 80% de las aguas residuales retornan al ecosistema sin ser tratadas o reutilizadas, y solo una de cada tres personas que recibieron el suministro de agua potable segura pertenece a la zona rural (UNESCO, 2019). Al mismo tiempo el derecho humano al agua y al saneamiento (DHAS), es uno de los derechos fundamentales reconocidos por la ONU a través de la resoluciones 64/292 del 28 de junio de 2010 (el derecho humano al agua y al saneamiento) y 15/9 del 6 de octubre del 2010 (los derechos humanos y el acceso al agua y al saneamiento), el DHAS asume que el agua y el saneamiento son esenciales para la realización de todos los derechos humanos y otorga a todas las personas el derecho a agua suficiente, segura, aceptable, físicamente accesible y asequible para usos personales y domésticos (ONU,2010a) (ONU,2010b), es por esto que se hace indispensable hablar de tratamiento de aguas tanto para el consumo humano como para el cuidado del medio ambiente y la biodiversidad que se ha ido perdiendo con los años debido a los procesos antrópicos.

Por otro lado, la implementación de metodologías descontaminantes se tratan por lo general en las Plantas de Tratamientos de Aguas Residuales (PTAR) para el cumplimiento de la normatividad colombiana en el decreto 3930 de 2010 y las resoluciones 1514 de 2012; 1207 de 2014; 631 de 2015 y el decreto 1076 de 2015 sobre el uso del agua y las disposiciones para el uso de aguas residuales tratadas así como los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos de aguas superficiales y de alcantarillado público (Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, 2016) que están enmarcadas dentro de los objetivos y recomendaciones dadas por la ONU en lo planteado por los Objetivos del Milenio¹ y los Objetivos del Desarrollo Sostenible² para alcanzar lo planteado en la resolución 2115 de 2007, bajo la cual se señalan las características, instrumentos básicos en el sistema de control y vigilancia para la calidad del agua de consumo humano (Ministerio de la protección social, ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, 2007). El conocimiento de la normatividad y de los procesos de descontaminación son poco conocidos y divulgados por la educación formal e

¹ Ver ONU. (2015, septiembre). Memoria del Secretario General sobre la labor de la Organización. Séptimo objetivo “Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente” meta 7C “ reducir a la mitad, para 2015, la proporción de personas sin acceso al agua potable y a servicios básicos de saneamiento”

² ONU. (2015, octubre). Transformar nuestro mundo: La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Objetivo 6: “Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos”

informal, por tanto, la praxis de tales metodologías se ve reducida a las industrias cobijadas bajo esta normatividad.

Del mismo modo, el uso de coagulantes y/o floculantes naturales para la descontaminación de aguas ha venido en auge, dado que se trata de una alternativa con visión ambiental y conservacionista, cuyos usos, producción y costos son asequibles para las industrias al igual que para los grupos poblacionales que no cuentan con el suministro de agua potable, contribuyendo con el uso racional de los recursos naturales para un desarrollo sostenible.

Es por ello que como estudiantes del departamento de química y conscientes de la falta de conciencia ambiental de la comunidad educativa universitaria, se realiza este trabajo de investigación buscando alternativas para la clarificación de las aguas residuales, utilizando para ello las saponinas presentes en la *Phytolacca Bogotensis*, como medio para la remoción de material orgánica; cabe destacar que debido a la problemática de salubridad venida en el 2019 por la pandemia del Covid-19 dichas experiencias serán catalogadas y evaluadas con un enfoque teórico investigativo en el grupo de énfasis disciplinar I orientado por la docente Dora Luz Gómez en la Universidad Pedagógica Nacional modalidad virtual.

Teniendo en cuenta los factores descritos anteriormente y con el ánimo de crear un ambiente propicio para la investigación y la ciencia en los estudiantes del grupo de enfoque, sin dejar de lado el factor de sostenibilidad y sus implicaciones en lo ambiental, social y económico, surge la pregunta central de la investigación:

¿Cómo la implementación de la Educación ambiental desde el desarrollo sostenible a partir del estudio de las saponinas presentes en la *Phytolacca Bogotensis*, constituyen una alternativa para la enseñanza y aprendizaje del tratamiento de aguas en los estudiantes del énfasis disciplinar I 2020-2 del departamento de Química de la UPN?

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar una estrategia didáctica que incorpore la educación ambiental dentro del marco del desarrollo sostenible empleando las saponinas presentes en la *Phytolacca Bogotensis* para el tratamiento de aguas con un grupo de estudiantes de la licenciatura en química de la UPN.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar una exploración documental con relación a los metabolitos secundarios presentes en la *Phytolacca Bogotensis*, que permita establecer un análisis preliminar de la planta y su uso como coagulante.
- Identificar las saponinas presentes en la *Phytolacca Bogotensis* para ser utilizadas como coagulantes naturales en el tratamiento de aguas.
- Argumentar por qué el uso de las saponinas presentes en la *Phytolacca Bogotensis* constituyen una alternativa sostenible para el tratamiento de aguas.
- Evaluar la efectividad del trabajo de grado a manera de estrategia didáctica desde el enfoque de educación ambiental empleando coagulantes naturales como una alternativa sostenible para el tratamiento de aguas.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1. COMPONENTE DIDÁCTICO

4.1.1. Educación ambiental

El sistema de educación colombiano cuenta con cuatro niveles de educación: preescolar, básica, media y superior, dentro de las áreas de enseñanza de estos niveles es obligatorio “la enseñanza de la protección del ambiente, la ecología, la educación para la justicia, la paz, la democracia, la solidaridad, la confraternidad, el cooperativismo y en general la formación de los valores humanos” (Sepúlveda, 2014), dentro de las normativas de educación universitaria se encuentra promover la preservación de un medio ambiente sano y fomentar la educación y cultura ecológica; por otro lado, dentro de la constitución política de 1991 se incluye la protección y defensa del medio ambiente bajo diferentes perspectivas resaltando que debe ser un factor determinante dentro del modelo económico y una limitante del mismo además de ser un derecho y un deber colectivo de los colombianos.

Por otro lado, la ley 115 de 1994³ en el artículo 5, parágrafo 10 dicta que uno de los fines de la educación es la adquisición de una conciencia para la conservación, protección y mejoramiento del medio ambiente, calidad de vida, del uso racional de los recursos naturales, de la prevención de desastres, dentro de una cultura ecológica y del riesgo y la defensa del patrimonio cultural de la nación (Congreso de la República, 1994).

Dentro de este marco se han desarrollado estrategias que buscan llevar a cabo las directrices de la carta magna como lo dicta el decreto 1860 del 3 de agosto de 1994⁴ sobre la implementación obligatoria por parte de las instituciones educativas públicas y privadas del Proyecto Educativo Institucional (PEI) y el decreto 1743 del 5 de agosto 1994⁵ bajo el cual se instruye la implementación de los Proyectos Educativos Ambientales (PRAE) dentro de la educación formal y los criterios de

³ Ver: ley 115 de 1994 Ley General de Educación. Congreso de la República. Para más información respecto a la educación ambiental revisar los artículos: 5, 11, 21, 22, 23 y 55.

⁴ Ver: decreto 1860 del 3 de agosto de 1994 - Artículo 14. Todo establecimiento educativo debe elaborar y poner en práctica, con la participación de la comunidad educativa, un proyecto educativo institucional que exprese la forma como se ha decidido alcanzar los fines de la educación definidos por la ley, teniendo en cuenta las condiciones sociales, económicas y culturales de su medio.

⁵ Ver: Decreto 1743 de 1994 del 5 de agosto de 1994 “de acuerdo con los lineamientos curriculares que defina el Ministerio de Educación Nacional y atendiendo la Política Nacional de Educación Ambiental, todos los establecimientos de educación formal del país, tanto oficiales como privados, en sus distintos niveles de preescolar, básica y media, incluirán dentro de sus proyectos educativos institucionales, proyectos ambientales, escolares en el marco de diagnósticos ambientales, locales, regionales y/o nacionales, con miras a coadyuvar a la resolución de problemas ambientales específicos.

implementación para la educación ambiental no formal e informal, teniendo en cuenta la interculturalidad, regionalización e interdisciplinariedad en la búsqueda de contribuir en problemáticas ambientales específicas y que su realización este bajo la responsabilidad de la comunidad educativa (estudiantes, egresados, docentes y padres de familia), también se exhorta a que se deben formar ciudadanos éticos y responsables que sean capaces de comprender la realidad social y natural que los rodea para así poder mantener unas relaciones que conlleven a la sostenibilidad.

Citando el documento La Política Nacional de Educación Ambiental “La política colombiana considera que la educación ambiental debe ser considerada como el proceso que le permite al individuo comprender las relaciones de interdependencia con su entorno, a partir del conocimiento reflexivo y crítico de su realidad biofísica, social, política, económica y cultural para que, a partir de la apropiación de la realidad concreta, se puedan generar en él y en su comunidad actitudes de valoración y respeto por el ambiente” (Sepúlveda, 2014)

4.1.2. Desarrollo Sostenible

Para Sach (2015), el desarrollo sostenible es una forma de entender el mundo así como un método para resolver los problemas globales; sus orígenes se sitúan en la década de los 70's a partir del informe recogido por el programa sobre el hombre y la biosfera (MAb) publicado por la UNESCO en 1971 en donde se describe “la importancia de identificar, estudiar, evaluar y comparar los cambios provocados por las actividades humanas y naturales en la biosfera y la incidencia en los efectos globales de esos cambios sobre la propia especie humana, además de la promoción del intercambio de conocimientos e información sobre esos problemas para fomentar una educación ambiental para el desarrollo sostenible” (UNESCO, 2019).

El informe del club de Roma titulado “Los límites del crecimiento” y de la Conferencia de las Naciones Unidas Sobre el Medio Ambiente Humano (CNUMAH) publicados en 1972, en los que se indicaba, que si el crecimiento económico seguía como hasta entonces, terminaría por exceder los límites de los recursos de la tierra y llevarla al colapso, respecto a la educación ambiental se argumentó en la CNUMAH “que es indispensable una labor de educación en cuestiones ambientales, dirigida tanto a las generaciones jóvenes como a los adultos... para ensanchar las bases de una opinión pública bien informada y de una conducta de los individuos inspirada en el sentido de su responsabilidad... al fin de que el hombre pueda desarrollarse en todos sus aspectos “ (Declaración sobre el medio humano, 1972).

En 1975 la UNESCO organizó un seminario internacional sobre educación ambiental en la ciudad de Belgrado, las conclusiones de este seminario se plasmaron en un documento conocido como “La Carta de Belgrado” que es desde entonces de obligatoria referencia en los tratados de educación ambiental (García

Gómez & Ferrús, 1990) en donde se establecieron metas, objetivos, destinatarios y principios de la EA, con el fin de lograr un marco común internacional relativo al medio ambiente.

En octubre de 1977, se celebró la conferencia intergubernamental sobre educación ambiental en la ciudad de Tbilisi, que dentro de sus objetivos y principios rectores de la educación ambiental insta a las naciones a aproximar a sus ciudadanos a comprender las relaciones de las interdependencias económicas, políticas y ecológicas del mundo moderno, y a la relación entre medio ambiente y desarrollo; y pide a los gobiernos la creación de organizaciones que funcionen como coordinadoras e impulsoras de las actividades de educación ambiental.

Posteriormente como lo indica el informe publicado en 1980, Estrategia Mundial para la Conservación: La conservación de los recursos vivos para el logro de un desarrollo sostenible “en la búsqueda del desarrollo económico y el goce de los recursos naturales, los seres humanos deben asumir la realidad de la limitación de los recursos y de la capacidad de los ecosistemas, y deben tomar en consideración las necesidades de las generaciones futuras” (UICN, PNUMA, WWF, 1980). Siguiendo de forma cronológica, la expresión de desarrollo sostenible se hizo popular en el informe de la Comisión sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo de las Naciones Unidas, comúnmente conocido como el informe Brundtland, que dio una definición ampliamente referenciada en donde se ubica al desarrollo sostenible como aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las propias (ONU, 1987, p. 23).

El congreso internacional sobre educación y formación relativas al medio ambiente auspiciado por la UNESCO y el PNUMA celebrado en Moscú el año de 1987, estructuró toda una propuesta metodológica para el abordaje y la implementación de la educación ambiental en cada uno de los niveles de la educación formal e informal, dando forma a la consolidación de una educación regida bajo los mismos principios y metodologías.

Posteriormente en 1992 se celebró la conferencia de las naciones unidas sobre medio ambiente y desarrollo, celebrada en Río de Janeiro en Brasil, mejor conocida como cumbre de la tierra, bajo la cual se buscó reafirmar lo propuesto por la conferencia de Estocolmo celebrada 20 años atrás al igual que reafirmar el concepto de desarrollo sostenible entendido desde los 27 principios establecidos en la misma, así como de la puesta en marcha del programa 21 (agenda 21), un documento firmado por 173 naciones en donde cada una acordada cumplir lo suscrito, de tal forma que el programa 21 sería la guía para la ejecución sistemática de políticas económicas, sociales y ambientales en pro de lograr un desarrollo sostenible a nivel mundial (Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, 2021), las recomendaciones de la agenda 21 presentaban nuevos métodos educativos, nuevas formas de preservación de los recursos naturales así como rutas para

participar en el diseño de una economía sostenible (ONU, 2002) de tal forma que la cumbre de la tierra contribuyó a la creación de la Comisión sobre Desarrollo Sostenible, creada por la ONU para asegurar el seguimiento eficaz de los acuerdos alzados (CEPAL, 2016).

La Cumbre del Milenio celebrado en septiembre del año 2000 en la ciudad de Nueva York reafirmó el compromiso internacional, proponiendo 8 metas para alcanzar un mundo más pacífico, próspero y justo a través de la igualdad y la equidad, así como de la responsabilidad de los líderes mundiales para con sus ciudadanos. Las metas propuestas fueron las siguientes: erradicar la pobreza extrema y el hambre, lograr la enseñanza primaria universal, promover la igualdad entre los sexos y el empoderamiento de la mujer, reducir la mortalidad de los niños menores de 5 años, mejorar la salud materna, combatir el VIH/ Sida junto a la malaria y otras enfermedades, garantizar la sostenibilidad del medio ambiente, fomentar una alianza mundial para el desarrollo (CEPAL, s. f.); cada una de estas metas estaba dividida en varios indicadores puntuales y tenían por objetivo ser cumplidas para el año 2015.

En el año 2002 se celebró en Johannesburgo Sudáfrica la Cumbre Mundial Sobre el Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas, que dentro de su agenda buscó hacer una revisión de los progresos del programa 21, haciendo énfasis en que los retos del desarrollo sostenible debía asumirse por las naciones de una manera transversal a través del fortalecimiento de las políticas internas y de las instituciones, sumado a esto los organismo regionales de la ONU serían los encargados junto con la Comisión sobre Desarrollo Sostenible incorporar mecanismos de fomento y cooperación internacional (CEPAL, 2016). De igual forma en esta cumbre se trataron cinco temas centrales que fueron el agua potable y saneamiento, energía, salud, productividad agrícola, manejo de la biodiversidad y de los ecosistemas. Finalmente se dispuso una agenda bajo la cual cada dos años se revisarán aspectos puntuales del programa 21.

La Conferencia de las Naciones Unidas sobre Desarrollo Sostenible realizada en Río de Janeiro en el año 2012, celebrada bajo el compromiso de renovación de los esfuerzos de las políticas internacionales en favor del desarrollo sostenible desde el punto de vista económico, social y ambiental, propuso la creación de una agenda internacional para ampliación de los objetivos del milenio teniendo en cuenta lo planteado por el programa 21 y las decisiones tomadas en Johannesburgo, además de coincidir con la agenda de las ONU para el año 2015, de tal forma que tales objetivos para el desarrollo sostenible debería estar orientados a la acción, ser concisos y fáciles de comunicar, limitados en su número y ambiciosos, tener un carácter global y ser universalmente aplicables a todos los países, teniendo en cuenta las diferentes realidades, capacidad y niveles de desarrollo nacionales y respetando las políticas y prioridades nacionales (ONU, 2012, p. 52).

Finalmente en el año 2015 fue adoptada la Agenda 2030, aún vigente con 17 objetivos, conocidos como los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) que engloban las tres dimensiones del desarrollo sostenible, económica, social y ambiental, apoyados en 169 metas específicas, al igual que unas recomendaciones de cómo las naciones pueden implementarlos, teniendo en cuenta que cada país dispone de diferentes enfoques, visiones de futuro, modelos e instrumentos para lograr el desarrollo sostenible según sus circunstancias internas, por tanto se reconoce que cada nación tiene sus propias dificultades y de forma consecuente prioridades distintas y hojas de ruta para la implementación de los ODS en función de sus circunstancias y prioridades nacionales (ONU, 2015, p. 15).

4.2. COMPONENTE DISCIPLINAR

4.2.1. Guaba (*Phytolacca Bogotensis*)

Familia: *Phytolaccaceae* (Fitolacáceas)

Nombre científico: *Phytolacca Bogotensis* (indicando el lugar donde se encontró por primera vez)

Nombres comunes: Altasara, cargamanto, hierba de culebra, granilla, hierba carmín, hierba de la oblea, espinaca de América, espinaca de la India, maíz de perro, mata vieja.

Es una planta que crece en los Andes sobre todo en terrenos baldíos, era utilizada por los indígenas precolombinos como vomitivo y alimento cuando los tallos son jóvenes; a las especies que crecen en Colombia se les atribuye las mismas características medicinales y los frutos de algunas especies fueron utilizados como tintes de telas y lanas. (Fonnegra Gómez, 2007).

Es una hierba perenne de forma arbustiva que puede llegar a crecer hasta 1,5 metros, raíz gruesa y carnosa, tallo de color violáceo, hueco, liso y erguido, ramificado en la parte superior, hojas de color verde oscuro y hojas de color blanco rosáceas sin pétalos. Fruto, baya, globoso y de hasta 7 mm de diámetro, un poco aplanado parecido a las moras púrpura casi negro al madurar. (Fonnegra Gómez, 2007).

Tradicionalmente es usada toda la planta por su característica medicinal haciendo infusiones, cataplasmas, en decocción, polvo y compresas aplicadas sobre la piel afectada, es recomendada como antiinflamatorio, antiséptico y cicatrizante; la raíz es usada contra la sarna y el polvo de la raíz usado para curar heridas y afecciones cutáneas externamente, la infusión de sus tallos, hojas y raíz es usada como purgante (Fonnegra Gómez, 2007).

4.2.2. Tratamientos de aguas residuales

Con el fin de hacer un buen tratamiento de aguas, se establece el uso de operaciones unitarias definidas desde el análisis preliminar del cuerpo de agua; Sainz (2007) plantea los siguientes factores: “1. Grado de depuración a alcanzar en el vertido; 2. Características fisicoquímicas y biológicas del agua a tratar; 3. Caudales de diseño; 4. Coste de las instalaciones en implementación y mantenimiento”; a partir de estos análisis preliminares y teniendo en cuenta el área geográfica que se esté tratando se continúa con la implementación del tratamiento más próspero en el área.

En la depuración de aguas residuales es habitual someterlas a un análisis físicoquímico previa a su descarga a la red de alcantarillados o a los receptores, siendo el más utilizado el de coagulación-floculación; la eficacia de las operaciones posteriores depende del éxito de este proceso. En las dos últimas décadas se ha profundizado en este método y el empleo de nuevos coadyuvantes y coagulantes (orgánicos e inorgánicos) para eliminación de materia orgánica y sólidos suspendidos. (Aguilar, et al., 2002).

4.2.3. Coagulación

Con la visualización de los procesos físicos es muy difícil la separación de materia coloidal y emulsificada, debido a que estas partículas al encontrarse cargadas eléctricamente se repelen y no se pueden formar fangos o espumas, además el ser partículas muy pequeñas es difícil que se decanten; el proceso de coagulación consiste entonces en la neutralización de las cargas eléctricas de los coloides y emulsiones presentes en el agua residual, seguido de un reagrupamiento de las partículas, de tal forma que sea factible su separación posterior ya sea por decantación o por flotación (Sainz, 2007).

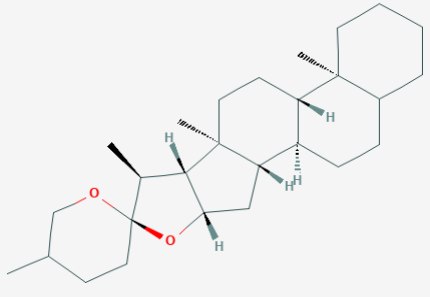
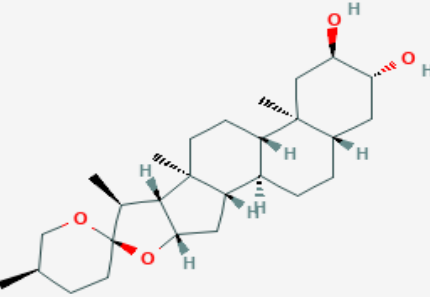
4.2.4. Saponinas

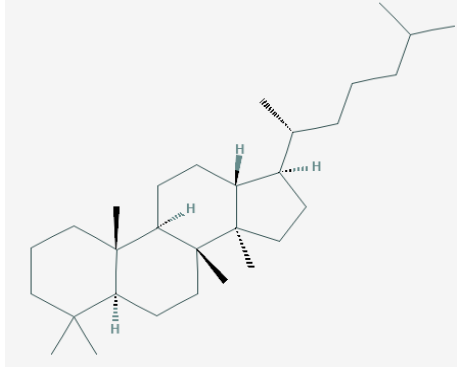
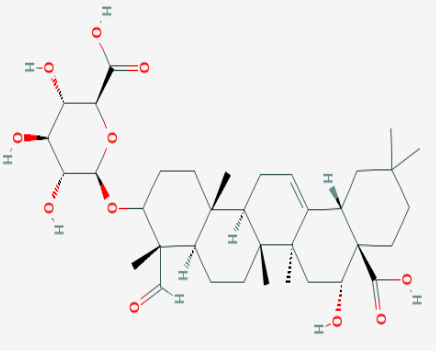
Las saponinas por sus características químicas son agrupadas dentro de la familia de los compuestos glicosídicos heterósidos, tienen una parte glucídica polar compuesta por uno o más azúcares y una parte genina (sapogenina) que puede ser de naturaleza esteroideal o triterpénica, es decir la parte apolar de la molécula (López, 2001), la estructura base de las saponinas esteroidales es el espirostano derivado del núcleo del esteroide ciclopentanoperhidrofenantreno y las estructuras base de las triterpénicas son el damarano, oleano y ursano, ambos grupos de saponinas siguen la ruta metabólica de los glicósidos; también pueden ser clasificadas a partir de la naturaleza de la sapogenina en saponinas triterpénicas y saponinas esteroidales o partir de la cantidad de azúcares que se unen a la molécula en, saponinas monodesmosídicas si se encuentran unidas a un solo azúcar o bidesmosídicas si se encuentran unidas a dos azúcares, aunque pueden llegar estar unidas hasta a cinco moléculas de azúcar especialmente la glucosa, arabinosa, ácido glucurónico, xilosa y ramnosa (Díaz, 2009).

Las saponinas son metabolitos secundarios que se encuentran distribuidos en dos grupos taxonómicos en la naturaleza, las saponinas triterpénicas metabolizadas con mayor regularidad en plantas monocotiledóneas y las saponinas triterpénicas en plantas dicotiledóneas (Anaya, 2003). Son compuestos que al agitarse en agua producen abundante espuma, debido a esta propiedad, a las plantas que las contienen se les usa como jabón. Las saponinas son tóxicas, y se cree que su toxicidad proviene de su habilidad para formar complejos con esteroides, por lo que podrían interferir en la asimilación de estos por el sistema digestivo, o romper las membranas de las células tras ser absorbidas hacia la corriente sanguínea. (Investigaciones en el Instituto de Química de la UNAM, 2006), por otro lado, las saponinas triterpénicas monodesmosídicas tiene la capacidad hemolítica frente a las células hematíes, presentan propiedades itiotóxicas, molusquicidas, expectorantes, adaptogénicas (López, 2001) y capacidad espermicida (Londoño, 2014).

Autores como San Martín y Briones, (1999) hablan acerca del uso sostenible de las saponinas triterpénicas provenientes de los extractos de la *Quillaja saponaria* a través del uso integral de la biomasa del árbol, como la recolección del raleo de los bosques existentes sin necesidad de cortar árboles; Rodríguez Baquerizo et al., (2017) reportan la determinación y cuantificación de saponinas en la hoja de la cabuya como un posible biosurfactante para la eliminación de metales pesados en el tratamiento de aguas residuales.

Tabla 1. Algunas estructuras base de las saponinas

Nombre	Espirostano	Gitogenina
Estructura		

Nombre	Damarano	Saponina de la Quillaja
Estructura		
<p><i>Nota:</i> Espirostano: Imagen adaptada de: https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Spirostan, el espirostano es una de las estructuras base de las saponinas triterpénicas. Gitogenina: imagen adaptada de: https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Gitogenin, la gitogenina es un claro ejemplo de la estructura de las saponinas triterpénicas. Damarano: Imagen adaptada de: https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Dammarane, la estructura química del damarano, junto a la del ursano y oleano constituyen la estructura base de algunas saponinas esteroidales. Saponina de la Quillaja: Imagen adaptada de: https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Quillaja-saponin, la saponina de la Quillaja representa un ejemplo de saponina esteroidal con una estructura base de oleano.</p>		

5. METODOLOGÍA

5.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El diseño se estableció en relación con los objetivos planteados, que influyen en la investigación no experimental basándose en la observación de fenómenos tal y como se da en su contexto natural para después ser analizados como señala (Kerling 1979, p. 116, como se citó en Hernández, et al. s.f.), denotando el uso de un diseño transeccional correlacional debido a que relaciona variables en momentos determinados (prueba de entrada y de salida).

5.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN Y ESTUDIO

Se partió de un estudio exploratorio - correlacional, dado que: Hernández, et al. (s.f.) describen este tipo de conocimiento como: “exploratorio: tipo de investigación usado cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado o que no ha sido estudiado antes, y correlacional: tipo de investigación que tiene como propósito medir el grado de relación entre dos variables” (p. 45), en el caso del presente trabajo la investigación se mantiene exploratoria debido a la escasa investigación de las saponinas presentes en la *Phytolacca Bogotensis*, y su aplicación ambiental; en lo que respecta al aspecto correlacional dado a que establece un análisis entre las saponinas presentes en la planta como coagulantes naturales y su uso como estrategia didáctica, además de ser base en el concepción previa y final del grupo de estudio.

5.3. POBLACIÓN

La población de estudio se enfocó en una muestra de estudiantes universitarios que se encuentran cursando el espacio académico en énfasis disciplinar I del semestre 2020-2 de la Universidad Pedagógica Nacional, en semestres entre 9° y 10°, grupo aproximado de 11 estudiantes con edades entre 20 y 25 años

5.4. FASES DE LA INVESTIGACIÓN

5.4.1. Estudio Preliminar

Disciplinar: Esta parte inicial se planteó con el fin de mostrar a los participantes la exploración en el laboratorio en comparación con la documentación entablando la estrategia didáctica enfocada al estudio de coagulantes en el aula para el aprendizaje de la química.

Para la parte experimental se trabajó en dos partes, anteriormente mencionadas:

- a) Trabajo con la planta: Ensayos fitoquímicos preliminares para la determinación de metabolitos secundarios presentes y la selección de la solución más apropiada para la extracción de estos.
- b) Análisis de saponinas a partir de revisión bibliográfica a través de la comparación de estructuras químicas de otras saponinas empleadas en el tratamiento de aguas.

Didáctica: Con el fin de obtener un análisis preliminar se elaboró una prueba de ideas previas en las que se relacionan las temáticas de educación ambiental, sostenibilidad, conocimiento de la planta, análisis fisicoquímicos, tratamiento de aguas (Anexo A), así mismo una prueba de salida que permite describir y evaluar el objetivo del proyecto.

5.4.2. Intervención en el aula

Esta intervención se llevó a cabo inicialmente mediante una intervención preliminar, cuatro sesiones y la implementación de la prueba de ideas previas:

- Intervención: presentación de los investigadores, presentación de cronogramas e implementación de la prueba de ideas previas (Anexos A y B1).
- Sesión 1: Exposición “Coagulantes Naturales como alternativa sostenible en el tratamiento de aguas”⁶ (Anexo B2).
- Sesión 2: Aplicación primer instrumento resumen gráfico (Anexo C1).
- Sesión 3: Aplicación segundo instrumento estudio de caso (Anexo C2).
- Sesión 4: Socialización de resultados e implementación de la prueba inicial.
- **Nota:** los estudios químicos adicionales (ensayo de jarras y análisis de saponinas de la planta se elaboraron por medio de un estudio de caso).

5.4.3. Análisis de contenido

Se efectuó por medio de codificación de conceptos, utilizando para cada etapa unas categorías de análisis que permiten conocer de manera más ordenada las unidades de análisis (Desarrollo sostenible, metabolitos secundarios, coagulantes naturales, y estrategia didáctica), estas categorías se relacionaron desde dos puntos establecidos:

Disciplinar: El análisis de la temática química del proyecto se efectuó a manera de revisión bibliográfica dada la contingencia presentada por la pandemia, para ello se

⁶ La presentación se dividió en introducción y explicación al desarrollo sostenible, dimensiones del desarrollo sostenible, objetivos a considerar de desarrollo sostenible, coagulantes naturales, coagulantes naturales y su relación con el desarrollo sostenible, fuentes de aguas residuales, mecanismos de coagulación, saponinas y tratamiento de aguas, características de las saponinas, *Phytolacca bogotensis* y simulación ensayo de jarras (Ver Anexo B2)

hizo uso de un resumen gráfico para la adquisición de información de relevancia en el proyecto y estudio de casos para la compaginación de trabajos previos y actuales.

Didáctica: Se tuvieron en cuenta la mayor cantidad de factores que intervinieron durante la investigación (talleres, charlas, estudios de caso), enfatizando en la opinión de los estudiantes con respecto a la sostenibilidad y la implementación de coagulantes provenientes de la guaba como medio sostenible. La reflexión final se elaboró teniendo en cuenta los objetivos planteados por los investigadores.

6. RESULTADOS Y ANÁLISIS

6.1. PRUEBAS PRELIMINARES

Los datos de las pruebas fueron tabulados como se muestra a continuación:

Tabla 2. Resultados de la marcha fitoquímica

Metabolito	Prueba	Partes de la planta					
		Tallo		Hojas		Fruto	
		EA	EOH	EA	EOH	EA	EOH
Terpenos y esteroides	Lieberman-Burchard	+++	+++	+++	+++	+++	+++
Alcaloides	Dragendorff	+++	+++	+++	++	+++	+++
	Mayer	++	++	+++	++	+++	+++
	Wagner	---	+++	+++	++	+++	+++
Saponinas	Medida	+++	+++	+++	+++	+++	+++
Antraquinonas	Borntrager		+		+++		+++
Flavonoides	Shinoda	---		+++	+++	---	
Taninos	FeCB	++	---	++	+++	+++	+++
Lactonas terpénicas	Cromatografía						

- EA= Extracto acuoso, EOH= Extracto etanólico; (---) = Prueba negativa; (+) = Prueba positiva con poca reacción; (++) = Prueba positiva; (+++) = Prueba positiva concluyente

Las pruebas realizadas permiten tener una visión más amplia de los componentes que tiene la planta y a optimizar el uso de las saponinas dado la cantidad que se encuentra en la planta, estos análisis se efectuaron previo a la contingencia establecida por la pandemia del Covid, usando el procedimiento que puede ser visualizado en el anexo B2, y que fue parte de la intervención en el aula en lo que refiere a tamizaje fitoquímico e identificación de metabolitos secundarios y saponinas en general

Registro fotográfico

El registro fotográfico se realizó en el lugar de recolección (Colombia, Cundinamarca, Mosquera, Vereda Mal Paso, Cantera Montanel) y en el lugar en que se efectuaron los procedimientos (laboratorios de la UPN)

Tabla 3. Recolección y extracción








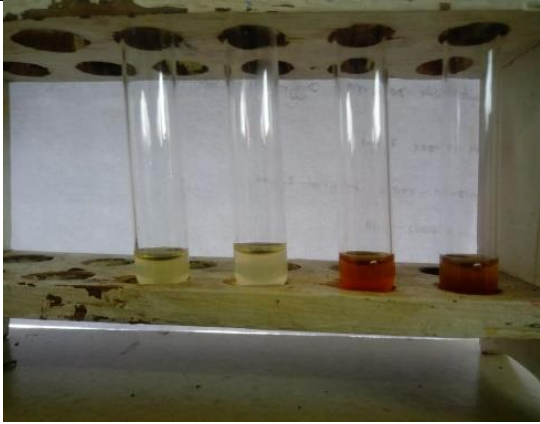
		
Imagen 1: planta	Imagen 2: recolección	Imagen 3: Selección raíz
		
Imagen 4: Selección tallo	Imagen 5: Selección frutos	Imagen 6: Selección hojas

Tabla 4. Pruebas con extracto acuoso

Identificación de alcaloides	
	
<p>Imagen 7: Extracto fruto De izq. a der. 1. Blanco, 2. P. de Dragendorff, 3. P. de Wagner. 4. P. de Mayer</p>	<p>Imagen 8: Extracto tallo De izq. a der. 1. Blanco, 2. P. de Dragendorff, 3. P. de Wagner. 4. P. de Mayer</p>

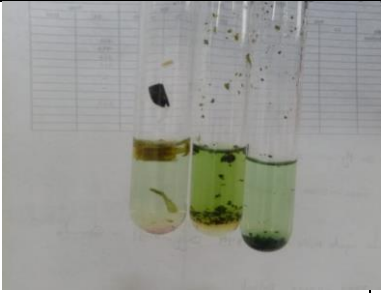




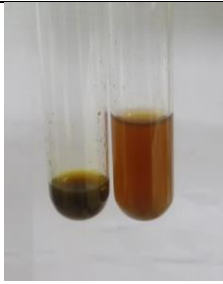
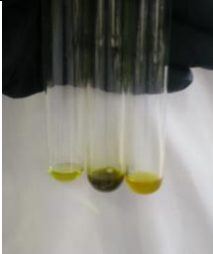




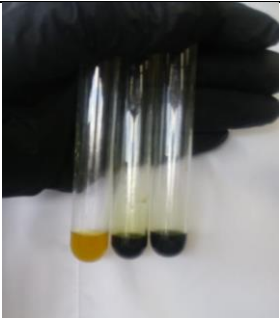
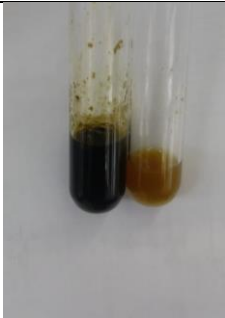

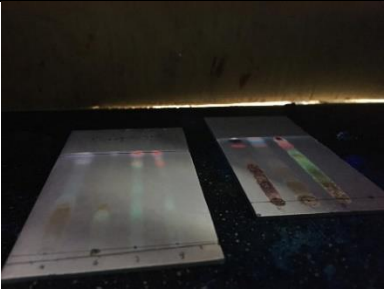
Identificación de Terpenos y esteroides		
		
Imagen 9: Ensayo de Libermann-Buchard (triterpenoides) De izq. a der. 1. Tallo, 2. Hoja; 3. Fruto	Imagen 10: Ensayo de saponinas tallo.	Imagen 11: Ensayo de saponinas hojas.
Ensayos para compuestos fenólicos		
		
Imagen 12. Ensayo taninos fruto. Positivo para taninos pirocatecólicos	Imagen 13. Ensayo taninos tallo. Izq. a der. 1. Blanco, 2. Prueba. Positivo para taninos pirocatecólicos	Imagen 14. Ensayo Shinoda. Positivo para flavonoides

Tabla 5. Pruebas con el extracto etanólico

Identificación de alcaloides		
		
Imagen 15: Blancos para comparación De izq. a der. 1. tallo 2. Hoja, 3. Fruto	Imagen 16: Extracto hojas De izq. a der. 1. Dragendorff, 2. P. Mayer	Imagen 17: Extracto de izq. a der 1. Tallos, 2. Frutos, 3. Hojas. Ensayo de Dragendorff

Identificación de Terpenos y esteroides		
		
<p>Imagen 18: Ensayo de Libermann-Buchard (triterpenoides) De izq. a der. 1. Tallo, 2. Hoja; 3. Fruto</p>		<p>Imagen 19: Ensayo de saponinas hoja. Duración de más de dos horas</p>
Ensayos para compuestos fenólicos		
		
<p>Imagen 20. Ensayo taninos De izq. a der. 1. Tallo, 2. Hoja; 3. Fruto Positivo para taninos pirocatecólicos</p>	<p>Imagen 21. Ensayo Shinoda hoja. Positivo para flavonoides</p>	<p>Imagen 22. Ensayo de borntrager. De izq. a der. 1. Tallo, 2. Fruto; 3. Hojas. Prueba positiva para antraquinonas</p>
		
Imagen 23. Ensayo de lactonas terpénicas		

Las pruebas con raíz no se pudieron efectuar debido a la humedad que presenta

Se determina que la mejor extracción se efectuó en medio etanólico debido a la coloración y precipitados más característicos, además de presentar menor dificultad en la filtración, por lo que se sugiere su uso en próximas investigaciones, se identifica gran presencia de saponinas

6.2. PRUEBA DE ENTRADA

En el análisis preliminar (anexo A) se buscó determinar conceptos y asociaciones que los estudiantes presentan respecto a metabolitos secundarios en las plantas, acción coagulante y conocimiento de la existencia de la *Phytolacca Bogotensis*, así como sus posibles usos, esto con el fin de establecer un punto inicial para evaluar la estrategia didáctica propuesta para el análisis de coagulantes naturales como alternativa sostenible.

La información encontrada en la figura 1 describe la agrupación de preguntas del anexo A acorde a las categorías establecidas para su análisis, partiendo de los porcentajes de respuestas correctas (relaciona) e incorrectas (falta). Las preguntas fueron agrupadas en el siguiente orden:

- Metabolitos secundarios: preguntas 1, 2 y 5.
- Coagulantes naturales: preguntas 3, 4 y 11.
- *Phytolacca bogotensis*: pregunta 6.
- Desarrollo sostenible: preguntas 7, 8, 9 y 10.

En dicho análisis se establece que el 57 % de los estudiantes conocen acerca de la presencia de los metabolitos secundarios en las plantas y los grupos en que se clasifican de acuerdo a sus características químicas; de igual manera se establece que el 67 % conoce la definición de lo que es un proceso de coagulación y que el mismo puede llevarse a cabo por acción de metabolitos secundarios específicos, tal como las saponinas que registran una formación de espumas estables al tener una acción tensoactiva.

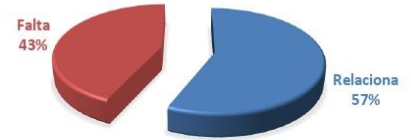
En lo que respecta a los análisis preliminares, se presenta un 50 % de asociación de los procesos con el tamizaje fitoquímico en plantas y solo un 10 % de los mismos con conocimiento de la existencia de la *Phytolacca Bogotensis* y sus usos como antiinflamatorio y antiséptico; como se evidencia en las preguntas 10 y 6, respectivamente

Finalmente, en lo que respecta a desarrollo sostenible y procesos que contribuyan al cuidado del ambiente, la sociedad y la economía, el 88 % conoce las definiciones base del desarrollo sostenible y la importancia de la limpieza y purificación de aguas para el cuidado eficiente del medio ambiente. Lo que constituye una base fundamental para el desarrollo de la estrategia didáctica, ya que estos conceptos permiten un mayor anclaje entre los coagulantes naturales y su relación con el estudio del tratamiento de aguas

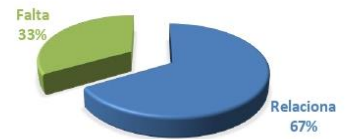
Figura 1.
Análisis de preguntas orientadas

Preguntas orientadas a la indagación de conocimientos previos sobre metabolitos secundarios en plantas	Relaciona	Falta
1. Las plantas producen una gran cantidad y diversidad de compuestos orgánicos, que no parecen tener una función directa en su crecimiento y desarrollo, estas sustancias son usadas frecuentemente en la industria mediante su síntesis en diferentes procesos (catálisis, inhibición, oxidación, reducción); la definición previa hace referencia a:	6	4
2. Los metabolitos en un organismo se subdividen en primarios, secundarios y terciarios. Los grupos pertenecientes a secundarios son:	6	4
5. Permite determinar cualitativamente los principales grupos constituyentes químicos presentes en una planta y a partir de allí, orientar la extracción y/o fraccionamiento de los extractos, por ello es importante el uso correcto de solventes (polaridad de los compuestos) que permitan realizar las extracciones correctas	5	5
	57%	43%
Preguntas orientadas a la relación de coagulantes y metabolitos secundarios (saponinas), así como su extracción		
3. Dentro de los diferentes procesos en el tratamiento de agua, se tiene aquel que se define como la adición de sustancias químicas y la provisión de mezcla, para que las partículas y algunos contaminantes disueltos se aglutinen en partículas más grandes que se puedan retirar mediante procesos de remoción de sólidos, dicho proceso se conoce como:	6	4
4. ¿Cuál de las siguientes características es predominante de las saponinas, y las hace aptas para su uso como coagulante natural en el tratamiento de aguas?	6	4
11. Plantee mediante un diagrama de flujo el proceso que usted llevaría a cabo para determinar si un compuesto presente dentro de una planta de interés contiene compuestos químicos con posible actividad coagulante para el tratamiento de aguas.	8	2
	67%	33%
Preguntas orientadas al conocimiento de la <i>Phytolacca bogotensis</i>		
6. Conoce usted la especie vegetal "Guaba" (<i>Phytolacca bogotensis</i>)	1	9
Si su respuesta es afirmativa enuncie las características que conoce sobre la planta y/o sus usos:	1	9
	10%	90%
Preguntas orientadas a desarrollo sostenible y		
7. ¿Cuál de los siguientes segmentos es más próximo a lo que ampliamente es entendido como desarrollo sostenible?	8	2
8. ¿Cree usted que el uso de las plantas como recurso de limpieza y purificación de aguas, es una forma sostenible para el cuidado del medio ambiente, que contribuye a la sociedad y la economía?	9	1
9. Escriba 5 palabras que usted considere que están relacionadas con el desarrollo sostenible.	10	1
10.Cuál de los siguientes momentos históricos marco la pauta para hablar acerca del desarrollo sostenible	6	3
	83%	18%

METABOLITOS SECUNDARIOS



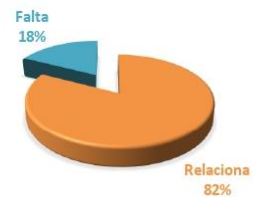
COAGULANTES



PHYTOLACCA BOGOTENSIS



DESARROLLO SOSTENIBLE



Nota: En la figura podemos observar. En orden descendente gráficas correspondientes al análisis de preguntas orientadas a: Metabolitos secundarios, coagulantes naturales, y uso de saponinas, conocimiento de la *Phytolacca Bogotensis*, desarrollo sostenible

Lo anterior establece las bases para la correcta evaluación y análisis de la estrategia didáctica, en cuanto a que se identifican los conocimientos previos que tienen los estudiantes frente a categorías establecidas (en las que fueron agrupadas las preguntas) necesarias para abordaje del tratamiento de aguas a través de las dimensiones del desarrollo sostenible, para así posteriormente evaluar la apropiación de tales categorías a partir de las interrelaciones propuestas entre las mismas.

6.3. INSTRUMENTO 1

6.3.1. Rúbrica para la evaluación del instrumento 1

Para el desarrollo de la rúbrica de evaluación y análisis del instrumento 1 (ver Anexo C1) se tuvieron en cuenta cuatro categorías que fueron: desarrollo sostenible, metabolitos secundarios, coagulantes naturales y propuesta didáctica, cada uno con cuatro indicadores bajo los cuales se buscó interpretar de manera objetiva lo aprendido por los grupos de trabajo. En la tabla 6, se presenta la justificación de cada una de las categorías seleccionadas.

Tabla 6. *Justificación de las categorías de análisis y evaluación.*

Categoría	¿por qué?	¿Cómo?
Desarrollo sostenible	Debe generarse una relación entre el uso de las saponinas como coagulante natural con las dimensiones del desarrollo sostenible - ambiental, social y económica - propuesto por Sachs (La era del desarrollo sostenible, 2015), para este caso proponemos tomar a la gobernanza como una dimensión más. Dado que es necesario reconocer si los estudiantes comprenden cada una de estas dimensiones y discernen las implicaciones que tiene el uso de saponinas como coagulante natural en cada una de ellas.	A través de las relaciones establecidas por los grupos de trabajo entre el uso de las saponinas y las 4 dimensiones del desarrollo sostenible.
Metabolitos secundarios	Dentro del conocimiento declarativo y procedimental para el tratamiento de aguas residuales utilizando coagulantes naturales de origen vegetal deben existir al menos nociones sobre el tamizaje fitoquímico, y específicamente para el uso de saponinas conocimientos sobre pruebas específicas para la cualificación y cuantificación.	A través de lo descrito por los grupos de trabajo que contenga contenido similar a lo propuesto por (Sharapin, 2000) sobre tamizaje fitoquímico o sobre pruebas específicas para saponinas mencionadas en (Hernández, et al., 2014, p. 11-17)
Coagulantes naturales	Es necesario que exista una conexión entre el conocimiento de las estructuras químicas y los	Se buscan análisis de las estructuras químicas de las saponinas (ver Anexo C1) y

	mecanismos de coagulación - floculación, para que de esa forma se generen posibles hipótesis y/o suposiciones del mecanismo de acción o inactividad de un compuesto químico para el tratamiento de aguas.	su similitud con las explicaciones de los mecanismos de coagulación - floculación propuestos por (Bravo, 2017).
Propuesta didáctica	Se hace necesario reconocer si los estudiantes comprenden la propuesta presentada en este trabajo y sí a partir de la misma son proponentes de soluciones o alternativas para alcanzar algunos de los ODS ⁷ entendidos desde las 4 dimensiones del desarrollo sostenible.	A través de los aportes a la estrategia didáctica y propuestas planteadas por lo estudiantes en los trabajos realizados.

En la tabla 7, se presenta la rúbrica de evaluación del instrumento 1. Se establece para cada una de las categorías 4 indicadores que agrupan las respuestas de los grupos de estudiantes entre excelentes, buenas, aceptables y deficientes a partir de los siguientes parámetros:

Tabla 7. *Rúbrica de evaluación del instrumento 1*

Categoría	Excelente	Bueno	Aceptable	Deficiente
Desarrollo sostenible	Identifica el uso de las saponinas como coagulante natural y lo relaciona con las cuatro dimensiones	Identifica el uso de las saponinas como coagulante natural y lo relaciona con al menos tres dimensiones	Identifica el uso de las saponinas como coagulante natural y lo relaciona con al menos dos dimensiones	Identifica el uso de las saponinas como coagulante natural y lo relaciona con al menos una dimensión del

⁷ Dentro de lo planteado en la sesión 1: Exposición "Coagulantes Naturales como alternativa sostenible en el tratamiento de aguas" (Anexo B2), se puso a consideración 8 ODS, los cuales fueron: 3-salud y bienestar, 6-agua limpia y saneamiento, 8-trabajo decente y crecimiento económico, 10-reducción de las desigualdades, 11-ciudades y comunidades sostenibles, 12-producción y consumo responsable, 14-vida submarina y 15-vida de ecosistemas terrestres. La forma de articulación de los ODS a los instrumentos parte de las interrelaciones presentadas por los grupos de trabajo para la incorporación de soluciones y/o estrategias que contribuyan a alcanzar algunos de los ODS propuestos.

	del desarrollo sostenible.	del desarrollo sostenible.	del desarrollo sostenible.	desarrollo sostenible.
Metabolitos secundarios	Identifica al tamizaje fitoquímico como una herramienta preliminar para la determinación de metabolitos secundarios y al menos tres pruebas específicas para la determinación-cuantificación de saponinas.	Identifica al tamizaje fitoquímico como una herramienta preliminar para la determinación de metabolitos secundarios y al menos dos pruebas específicas para la determinación-cuantificación de saponinas.	Identifica al tamizaje fitoquímico como una herramienta preliminar para la determinación de metabolitos secundarios y al menos una prueba específica para la determinación-cuantificación de saponinas.	Identifica al tamizaje fitoquímico como una herramienta preliminar para la determinación de metabolitos secundarios y no identifica pruebas para la determinación y cuantificación de saponinas.
Coagulantes naturales (saponinas)	Argumenta y propone a partir del análisis de las estructuras de las saponinas al menos dos mecanismos de coagulación, teniendo en cuenta el uso de bibliografía especializada.	Argumenta y propone a partir del análisis de las estructuras de las saponinas al menos un mecanismo de coagulación, teniendo en cuenta el uso de bibliografía especializada.	Argumenta y propone a partir del análisis de las estructuras de las saponinas mecanismos de coagulación, no se tiene en cuenta el uso de bibliografía especializada.	No se argumenta ni propone algún mecanismo de coagulación a partir del análisis de las estructuras químicas de las saponinas.
Propuesta didáctica	Identifica y argumenta la propuesta didáctica presente y propone nuevas estrategias a partir de la misma.	Identifica y argumenta la propuesta didáctica pero no genera nuevas estrategias para el abordaje del tema.	Identifica La propuesta didáctica pero no propone una solución.	No relaciona, no propone ni argumenta un análisis didáctico.

6.3.2. Resultados del instrumento 1

Los resultados del instrumento 1 a través del uso de la rúbrica se presentan en la tabla 8. Estos resultados permiten observar en cuáles de las categorías se encuentran las falencias de cada uno de los grupos y el nivel de dificultad para establecer relaciones entre las categorías, incluyendo su nivel de comprensión y adaptación a la temática particular de la química y su relación con aguas residuales

Tabla 8. *Resultados instrumento 1*

Categoría	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
Desarrollo sostenible	Aceptable	Excelente	Bueno	Aceptable
Metabolitos secundarios	Bueno	Aceptable	Bueno	Bueno
Coagulantes Naturales	Deficiente	Bueno	Excelente	Bueno
Propuesta didáctica	Deficiente	Bueno	Excelente	Aceptable

6.3.2.1. Porcentajes globales por categoría

Para la obtención de los porcentajes se estableció como 100 % los cuatro grupos en los que se dividió la población de estudio. A continuación, se identifican los valores máximos alcanzados por cada una de las categorías, con el fin de establecer los indicadores en donde se agrupan mayormente los resultados en relación con la rúbrica propuesta, el porcentaje total se establece como la media de los porcentajes verticales permitiendo vislumbrar el porcentaje total de cada grupo de datos.

Tabla 9. *Porcentajes globales por categoría.*

Categoría	Excelente	Bueno	Aceptable	Deficiente
Desarrollo sostenible	25%	25%	50%	0%
Metabolitos secundarios	0%	75%	25%	0%
Coagulantes Naturales	25%	50%	0%	25%
Propuesta didáctica	25%	25%	25%	25%
Total	18,75%	43,75%	25%	12,5%

6.3.2.2. Porcentajes globales por grupo e ítems

Se pueden observar en la tabla 10 los porcentajes de respuesta por cada grupo ubicados por cada indicador, esto permite establecer un balance general de calidad en las respuestas.

Tabla 10. *Porcentajes globales por grupo e indicador.*

Grupo	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
Excelente	0%	25%	50%	0%
Bueno	25%	50%	50%	50%
Aceptable	25%	25%	0%	50%
Deficiente	50%	0%	0%	0%

6.3.2.3. Paridad de los resultados por grupos y categorías

Teniendo en cuenta que el instrumento 1 (ver Anexo C1) tuvo los mismos criterios de resolución para los grupos 1 y 3, y los grupos 2 y 4, se ubican con negrilla las categorías con indicadores similares.

Tabla 11. Paridad de los resultados por grupos y categorías

Categoría	Grupo 1	Grupo 3	Grupo 2	Grupo 4
Desarrollo sostenible	Aceptable	Bueno	Excelente	Aceptable
Metabolitos secundarios	Bueno	Bueno	Aceptable	Bueno
Coagulantes Naturales	Deficiente	Excelente	Bueno	Bueno
Propuesta didáctica	Deficiente	Excelente	Bueno	Aceptable

6.3.3. Análisis de resultados del instrumento 1 por categorías

Desarrollo sostenible: según los resultados de la tabla 9, el 50% de los grupos obtuvieron un balance aceptable, el 25% un balance bueno y un 25% un balance excelente, lo que indica que de manera general al menos cada grupo tuvo en cuenta dos dimensiones del desarrollo sostenible bajo las cuales se relacionaron los coagulantes naturales, estas dos dimensiones fueron la económica y la ambiental, es decir, que los grupos enmarcaron sus respuestas en concebir la implementación de coagulantes naturales como una alternativa proambiental de bajo costo, abordando esto principalmente desde la conservación de los recursos naturales y menor consumo de suministros para el tratamiento de aguas; indica esto también una concepción de desarrollo sostenible incompleta, dado que no se logra abordar a los coagulantes naturales desde una visión que involucre una postura social que se relacione con la gobernanza.

Igualmente se puede establecer que los grupos que obtuvieron un balance bueno y excelente hicieron una relación más actual teniendo en cuenta la dimensión social abordada desde los ODS como el acceso al agua potable y saneamiento básico (sexto ODS) y finalmente el 25% hizo una relación que incluía a la gobernanza mencionando que “Cuando se logre una verdadera inversión por parte de los gobiernos, es posible que la utilización de estos coagulantes a gran escala generen procesos más sostenibles” (respuesta del grupo 3), indicado como lo menciona Sachs (2015) que es la gobernanza un factor determinante para una praxis adecuada del desarrollo sostenible.

Según lo observado en la tabla 9, el 50% de los grupos tienen poco abordaje de la dimensión social y la gobernanza, y el 25% la gobernanza únicamente, lo que se puede explicar a través de que no existe una clara conexión que permita relacionar el uso de los coagulantes naturales con las dimensiones del desarrollo sostenible y específicamente la dificultad de relacionar lo ambiental-económico con la gobernanza y lo social, creemos que se está concepción (a manera de hipótesis) está relacionada, por un lado por lo impartido por la educación formal e informal en cada una de sus etapas, en donde se prioriza la enseñanza de lo ecológico visto a través de una visión conservacionista, es decir en el cuidado del medio ambiente (lo natural, lo biótico, lo abiótico, los ciclos) sin tener en cuenta que en ese objeto de estudio natural coexisten múltiples formas de relación sociales y culturales que se moldean y condicionan por su entorno.

Por otro lado, se puede establecer que el conocimiento disciplinar de la química se encuentra descontextualizado de este tipo de problemáticas, haciendo que sea difícil establecer una conexión entre el aprovechamiento conceptual de las características fisicoquímicas de las saponinas en relación al tratamiento de aguas, y aún más compleja la relación de todo esto con las dimensiones del desarrollo sostenible; por tanto, se evidencia la parcelación del conocimiento ambiental y disciplinar de la química, dado que como lo muestra el resultado de la prueba de entrada, el 82 % de los estudiantes tiene un conocimiento base del desarrollo sostenible y el tratamiento de aguas vistos de forma individual, sin embargo, al relacionar ésta prueba con el instrumento 1, se denota que el porcentaje disminuye respecto a lo que se propone en la categoría de desarrollo sostenible

Por último, según lo observado en la tabla 11, la paridad de los resultados en la categoría de desarrollo sostenible nos dice que los resultados no fueron similares y que por el contrario hay un amplio margen en el balance de los grupos, esto sugiere que a pesar de que la población seleccionada tiene ciertas semejanzas, los criterios de análisis de cada grupo fueron distintos, podemos referirnos a esto posiblemente como el producto de una formación en educación ambiental distinta para cada uno de los integrantes del grupo, de igual forma comparten como base la dualidad de las dimensiones ambiental-económica, lo que confirma la hipótesis de que la enseñanza de la educación ambiental está permeada por una visión naturalista, relegando tal aspecto a los planteamientos iniciales de la educación ambiental para el desarrollo sostenible que surgieron en la conferencia de Estocolmo, la carta de Belgrado y la conferencia de Tbilisi.

Metabolitos secundarios: según la tabla 9 se puede establecer que un 75% de los grupos identificaron al tamizaje fitoquímico como una herramienta preliminar en la identificación cualitativa de metabolitos secundarios, describiendo pasos como la recolección de la muestra vegetal, secado, desengrase y maceración con solventes de baja polaridad, preparación de extractos crudos y preparación de extractos puros, seguidos de la pruebas como la de espuma para análisis cualitativo,

posteriormente ensayos de hemólisis de sangre y/o ensayo de doble gravimetría para la caracterización y cuantificación de saponinas. Esto indica que el 75% de los grupos reconocieron al menos dos pruebas específicas para la identificación de saponinas y el 25% de los grupos únicamente identificaron el tamizaje fitoquímico y la prueba de espuma como alternativas para la identificación de saponinas.

Adicionalmente la tabla 11 presenta que en el balance de la categoría de metabolitos secundarios hubo similitud en los grupos 1 y 3 (indicador bueno), y en comparación con los grupos 2 y 4 (indicador aceptable y bueno respectivamente) no existe un cambio sustancial, dado que para 3 de los cuatro grupos el balance fue bueno, estableciéndose de esta forma que los grupos de trabajo no tuvieron la autonomía de consultar pruebas específicas del orden cualitativo o cuantitativo para la determinación de saponinas y únicamente describieron las pruebas citadas por los investigadores en la presentación inicial (ver Anexo B2) y en la bibliografía recomendada (ver Anexo A).

Coagulantes naturales: Según la tabla 9, se establece que un 50% de los grupos obtuvieron un balance bueno, indicando que a partir del análisis estructural de las saponinas sugeridas (ver Anexo C1) se propuso al menos un mecanismo de coagulación junto con la explicación de algunas propiedades físicas y químicas que intervienen dentro del proceso de coagulación, tales como el pH, la solubilidad, la hidrofobicidad de la molécula, la polaridad del solvente; por otro lado el 25% de los grupos obtuvo un balance excelente, en donde se identificó y propuso dos mecanismos de coagulación junto con una explicación más soportada y detallada de algunas variables que pueden intervenir como la temperatura y la naturaleza reactiva de las saponinas y sus sustituyentes. Finalmente, un 25% de los grupos tuvo un balance deficiente bajo el cual se estableció que no hubo un análisis de las estructuras.

Bajo lo observado en la tabla 11 se puede identificar que los grupos 2 y 4 tuvieron similitudes en el balance de la categoría de coagulantes naturales, con una calificación buena para ambos a diferencia de las calificaciones obtenidas por los grupos 1 y 3 en donde el balance fue deficiente y excelente respectivamente. Esto establece que a partir del análisis preliminar bajo un marco teórico soportado en los mecanismos de coagulación-floculación, las saponinas constituyen para el 75 % de los grupos un potencial uso como coagulante natural en el tratamiento de aguas.

Propuesta didáctica: Según la tabla 8 y 9 se estableció que cada uno de los indicadores de aceptable a excelente tuvieron un porcentaje de 25% cada uno, indicándose de esta forma que solo el grupo 3 logró identificar claramente la propuesta argumentado que “los coagulantes como una forma para contribuir al desarrollo sostenible son seguros, no tóxicos y amigables con el ambiente... permiten la desestabilización de la contaminación coloidal, mejoran parámetros DQO y se ha comprobado la adsorción de metales pesados como el plomo, cromo, cadmio y zinc, y no generan gran cantidad de lodos, adicionalmente proponen que

a partir de una comprensión más detallada de los mecanismos de coagulación a nivel industrial podrán existir procesos más sostenibles que incluyan inversión por parte de los gobiernos y por tanto mejoras en las condiciones sociales”, tal argumento junto a los resultados de la tabla 10 permiten evidenciar que el éste grupo comprende la estrategia didáctica y adicionalmente propone una estrategia para el abordaje del tema teniendo en cuenta las dimensiones del desarrollo sostenible.

Contrastando con la categoría de desarrollo sostenible se infiere que de forma global el 50% de la población relaciona las dimensiones de desarrollo sostenible a partir del estudio y la implementación de las saponinas como coagulantes naturales en el tratamiento de aguas, teniendo en cuenta la proposición de soluciones propias semejantes a las desarrolladas por esta investigación.

6.4. INSTRUMENTO 2

6.4.1. Análisis instrumento 2

El instrumento 2, se basa en estudios de caso (Anexos C2) seleccionados dada su relación con las temáticas en el ámbito de desarrollo sostenible y coagulantes naturales, así como la documentación de saponinas, los resultados mostrados en dichos documentos se presentan por medio de un resumen categorizado resaltando las prioridades tomadas por cada grupo en relación con la planta:

La OMS (2015) señala que 663 millones de personas utilizan agua de fuentes no mejoradas, es decir, agua de superficie, de pozos excavados y de manantiales no protegidos; de acuerdo con ésta, el 93% de las personas viven en zonas rurales, si a lo anterior se suma los efectos de la variabilidad climática, el crecimiento demográfico y la demanda del recurso para uso doméstico y productivo, se incrementa la necesidad de utilizar fuentes alternativas. A pesar de que han surgido tecnologías para el tratamiento de agua, en Colombia existen territorios con limitaciones y sin acceso a sistemas de potabilización. (Aguirre et al., 2018).

El agua cruda proveniente de fuentes no mejoradas que arrastran partículas coloidales generando turbidez por sedimentos y nutrientes, los cuales no se precipitan por sí solos. De igual manera, estos elementos se convierten en vehículo de dispersión de patógenos que afectan la salud de los menores de cinco años, principalmente (Joshi y Sahu, 2014); por esta razón, la clarificación del agua, entendida como el retiro de los materiales sólidos y coloidales, es fundamental en el proceso de potabilización del agua (Restrepo, 2009).

Se converge dentro de los grupos de investigación que la importancia en el uso de coagulantes se centra en la necesidad de descontaminar las fuentes hídricas sin comprometer los recursos naturales, proponiendo estrategias que rompan el ciclo de contaminación actual; esto deja en evidencia para los analistas el papel de uso

de coagulantes naturales que dado sus procesos de descontaminación cumplen con los objetivos de desarrollo sostenible; ya que como menciona Gualdrón "... la importancia de hacer un uso responsable del recurso hídrico garantizando suministros adecuados de cantidad y calidad de agua a las próximas generaciones..." conlleva al uso adecuado de sustancias que no generen residuos.

A continuación, se presentan las ideas planteadas por los grupos investigadores en cuanto a coagulantes sintéticos y naturales, se destaca que dichas ideas son planteadas desde los conceptos aprendidos en las diferentes clases orientadoras, se hace de manera interna por cada grupo una investigación documental de las temáticas que llevan a la diferenciación de los tipos de coagulantes, teniendo en cuenta el estudio de caso planteado para cada grupo de estudiantes (ver Anexo C2)

Tabla 12. Cuadro comparativo de las Ideas planteadas por los grupos en cuanto a coagulantes sintéticos y naturales.

Parámetro	Tipos de Coagulantes	
	Coagulantes Naturales	Coagulantes Sintéticos
Social	El uso de coagulantes mejora las condiciones de los espacios de trabajo evitando el desgaste de maquinaria y mejorando la calidad de vida de las personas al disminuir la exposición a los contaminantes. Por lo general, presentan una mínima o nula toxicidad y, en muchos casos, son productos alimenticios con alto contenido de carbohidratos y de proteínas solubles en agua (Guzman et al., 2013).	La toxicidad que presentan algunos de ellos abarca una problemática social ya que producirían daños en el ambiente y en los seres vivos. Estas sales pueden generar un residual en el agua potable generando consecuencias como la enfermedad de alzhéimer en concentraciones muy altas (Matías et al., 2018).
Ambiental	Se considera en general que los coagulantes naturales no generan daños al medio ambiente dado a su procedencia vegetal, concentrándose en las semillas de una enorme variedad de plantas.	Se establece que estos compuestos son poco biodegradables, además de usar recursos no renovables, generando en ocasiones aglomeraciones que pueden llegar a ser tóxicas.

Económico	<p>Son de bajo costo porque derivan de los subproductos de otras industrias como la agricultura en donde partes de la planta que se consideraban innecesarias se rehúsan.</p> <p>Pueden generar empleo para su implementación en el campo.</p> <p>Sin embargo, se establece que presenta un ligero inconveniente y es el que muchos de los estudios que se requieren pueden llegar a tener elevados costos debido a sus estructuras poco conocidas.</p>	<p>Su costo en contraste con los naturales resulta bastante Elevado, anexo a ello como consecuencia de su uso la inversión económica que hay que hacer para el tratamiento de enfermedades es elevado.</p> <p>El uso de estos coagulantes en países como Colombia, en algunas regiones del país no pueden asumir los costos de productos importados para el tratamiento de aguas residuales (Shak y Wu, 2014).</p>
<p>En síntesis, para los grupos de investigación es viable el uso de coagulantes naturales en aguas dado a su aspecto amable con el medio ambiente y la sociedad, sin embargo, en el eje económico, aunque se establece como fuente sostenible de coagulantes, también se determina que algunos de ellos carecen de la información necesaria sobre sus estructuras, componentes, o funciones, por lo que acarrearía investigaciones que pueden o no llegar a ser costosas.</p>		

6.4.2. Enfoque educativo ambiental sostenible

En cuanto al uso de coagulantes naturales resulta ser una buena alternativa asequible y además, contribuye a una educación ambiental enfocada hacia el desarrollo sostenible en Colombia. Esto se contrasta con lo mencionado en el documento “Las grandes orientaciones de la Conferencia de Tbilisi” la cual fue elaborada en el año 1977 con miras a mejorar la educación ambiental de los estados miembros de este convenio. En este documento se afirma lo siguiente:

“Habrá que emprender entonces nuevas investigaciones, con miras a evaluar las consecuencias posibles de las tecnologías actualmente empleadas o preparar otras adecuadas para una utilización económica de los recursos, y para la prevención de las diversas fuentes de contaminación en su punto de origen” (p.18).

Aunque en dos de los grupos de investigación consideran el estudio de coagulantes naturales como una contribución en la educación ambiental, estableciendo la enseñanza de recursos propios de los hábitats sin efectos secundarios aprovechando los suelos y la cultura milenaria y entendiendo que Colombia se encuentra en el ranking como uno de los países con más biodiversidad y bosques;

en otro grupo se llega a la idea de que el estudio de coagulante naturales no debe considerarse como educación ambiental dado a que la educación ambiental en el país está regulada por el PRAE que se diseña en cuanto a la necesidad de la comunidad educativa y hace enfoque en que el agua potable debe ser un derecho y por ende en el aula no se deben involucrar este tipo de técnicas sino que debe tener un contexto más cultural y comunitario que educativo.

Los planteamientos de cada uno de los grupos de investigación según su respectivo análisis y punto de vista, es válido en todos sus aspectos y es importante conocer las perspectivas en la investigación, se establece entonces que para los investigadores en un 80% el estudio de coagulantes es una aplicación correcta de la educación ambiental, llevada al análisis en contexto y en enfoque sostenible para las comunidades.

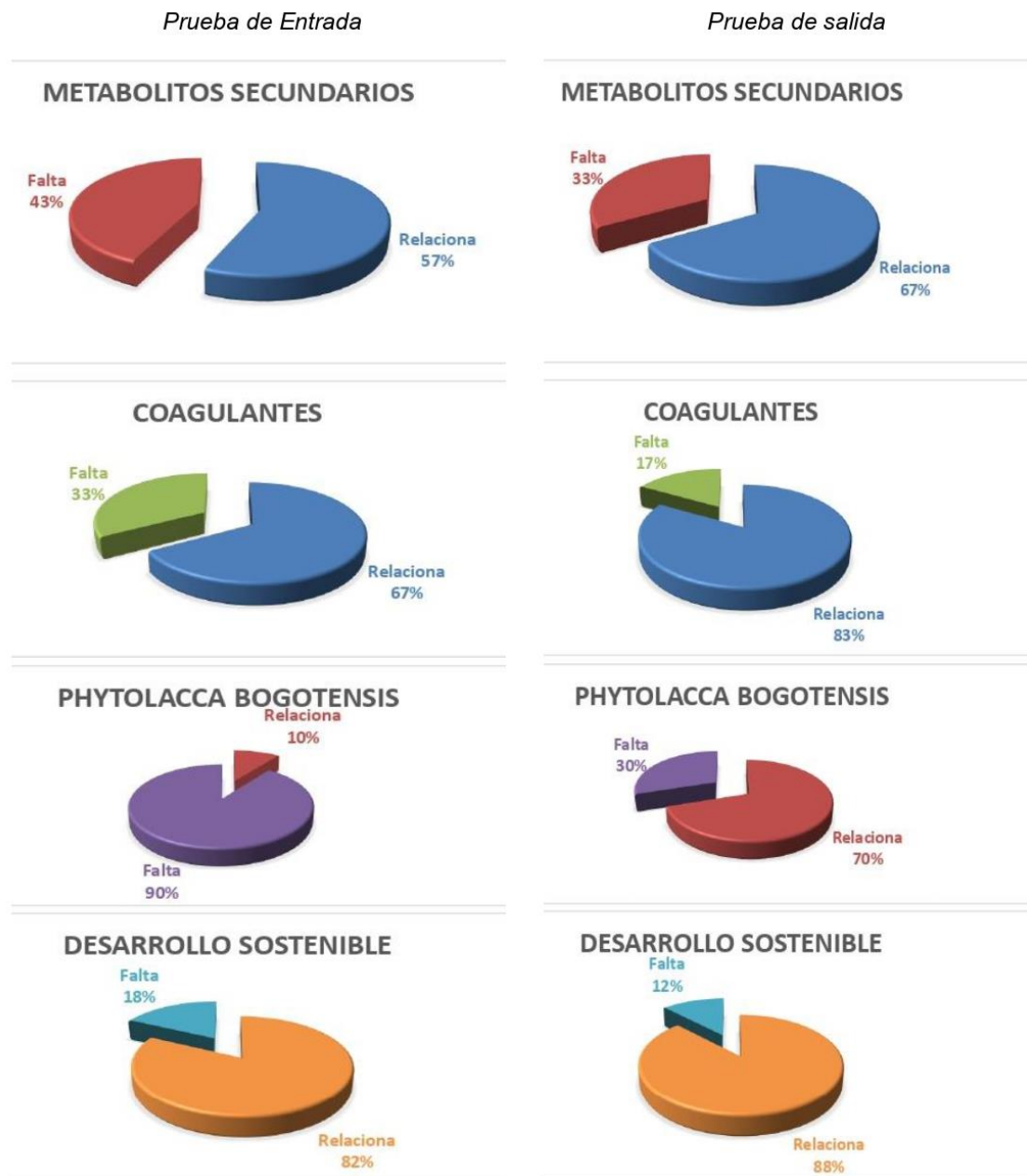
6.5. PRUEBA DE SALIDA

Al finalizar las intervenciones y con el fin de establecer el cambio conceptual se aplica la prueba inicial como prueba de salida (Anexo A), encontrando las siguientes variaciones (figura 2):

1. Como se ha podido establecer dentro del recorrido analítico de los instrumentos a partir de las categorías seleccionadas y comparando con las pruebas de entrada y salida, se denota que no se obtiene un abordaje completo de las dimensiones del desarrollo sostenible (cambio de 82 % a 88%) planteados por Sach (1997). De igual manera se establece una similitud entre los aprendizajes obtenidos en lo que respecta a metabolitos secundarios y coagulantes (diferencia de porcentajes de un 10% y 16% respectivamente en mejora); esto para los autores se relaciona con los desafíos pedagógicos que menciona Sauvé (2006) a razón del desarrollo curricular y los desafíos de la globalización en el plano pedagógico, en el de la enseñanza y aprendizaje en las diferentes situaciones, por lo que es importante resaltar la proyección educativa en los ambientes disciplinares.
2. Se establece un mayor afianzamiento de los conceptos relacionados a la planta, desconocida para muchos al iniciar el proceso, debido al porcentaje de incremento en la prueba de salida de un 60% como se puede visualizar en la figura y que debido a sus características demanda gran interés en su estudio, de igual manera como es mencionado por Sauvé (2006) "el interés ambiental es abordado como una estrategia prioritaria en el aprendizaje debido al interés que causa el descubrimiento de nuevas conceptos".

Figura 2.

Comparación en el cambio conceptual



Nota: El gráfico representa en orden descendente gráficas correspondientes al análisis de preguntas orientadas a: Metabolitos secundarios, coagulantes naturales, uso de saponinas, conocimiento de la planta *Phytolacca Bogotensis*, desarrollo sostenible. En la izquierda prueba de entrada, derecha prueba de salida.

CONCLUSIONES

A partir del análisis documental se establece que, el uso de las saponinas presentes en la *Phytolacca Bogotensis*, constituye una alternativa para la enseñanza y el aprendizaje del tratamiento de aguas a partir del enfoque ambiental del desarrollo sostenible, dado que se evidencia la comprensión de la propuesta didáctica con la interrelación de las categorías seleccionadas como base de análisis.

Se constata teóricamente la presencia de saponinas en la *Phytolacca Bogotensis* además de otros compuestos como esteroides, triterpenoides, cumarinas y flavonoides, sin embargo, se evidencia que dentro del rastreo bibliográfico la planta carece de información necesaria para la comprensión detallada de sus estructuras, así como de su cultivo, plagas e importancia biológica para otras especies, por lo que se hace necesaria una mayor investigación de corte interdisciplinar en estos aspectos.

A partir del análisis estructural y bibliográfico de las saponinas presentes en la *Phytolacca Bogotensis*, se determina que estas constituyen una alternativa al desarrollo sostenible dada su capacidad coagulante y floculante que permiten la remoción de materia orgánica en fuentes de agua residual, sin causar contaminación extra, además de ser asequible; influyendo ello en el aprendizaje del tratamiento de aguas en las comunidades y en especial a los estudiantes del espacio académico de énfasis disciplinar I – 2021-2 del departamento de química de la UPN.

El desempeño de la estrategia didáctica fue adecuado según los resultados obtenidos y deja al descubierto que la aplicación del conocimiento disciplinar de la química se encuentra descontextualizado de la apropiación de problemáticas ambientales que incorporan no sólo la dimensión ambiental y económica sino las implicaciones sociales y políticas que son indispensables dentro del manejo del rol docente para dar respuestas adecuadas a fenómenos complejos.

La educación ambiental para el desarrollo sostenible a pesar de ser un marco normativo y referencial de obligatoriedad, no se practica plenamente de forma holística y equilibrada entre sus dimensiones, esto se ve evidenciado en que a pesar de que la propuesta del uso de coagulantes naturales cumple con los requisitos potenciales para validar una alternativa auténtica para la didáctica de la educación ambiental, no es asimilada ni argumentada de manera eficaz y ampliada por toda la población de estudio aun siendo estos maestros en formación.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar una cartografía más detallada de la población de estudio con el fin de revisar sus antecedentes en formación en educación ambiental, de tal forma que se puedan trazar estrategias consistentes para el abordaje de las dimensiones del desarrollo sostenible, específicamente con instrumentos que permitan visualizar de manera clara el nivel de relación argumentativa y propositiva entre las dimensiones.
2. Es conveniente realizar prácticas de laboratorio encaminadas al conocimiento y apropiación de las técnicas cualitativas y cuantitativas para la determinación de saponinas, con el fin de enriquecer el lenguaje científico y visualizar la viabilidad y aplicabilidad de los extractos de saponinas u otras familias de compuestos para el tratamiento de aguas.
3. Se considera importante elaborar instrumentos que permitan establecer la relación del conocimiento disciplinar de la química frente a la solución de problemáticas ambientales particulares, con el fin de establecer el nivel de articulación y proposición de soluciones que abarcan temas complejos inmersos en el contexto y la cotidianidad.
4. Con el fin de hacer un buen estudio de lo que refiere el desarrollo sostenible, es importante hacer un abordaje desde las normatividades y decretos establecidos desde la ONU e ir especificando según el país, población, institución y cultura en la que se desee hacer dicho estudio.
5. El abordaje de la temática de coagulantes naturales y su efecto en el ambiente puede ser mejor estudiado desde lo observable, por lo que se hace importante establecer rutas en la que los estudiantes puedan evidenciar el efecto buscado, que en para este trabajo de grado se ve afectado dada la pandemia producida por el Sars cov-2.
6. Es necesario establecer una mejor ruta de análisis respecto a la comprensión de los ODS a partir del conocimiento que los estudiantes tienen acerca del desarrollo sostenible, para poder relacionarlos de forma precisa entre las dimensiones del mismo, con el fin de mejorar la propuesta didáctica y lograr los objetivos propuestos, para ello es necesario mayor tiempo de intervención.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, S. E., Piraneque, N. V., & Cruz, R. K. (2018). Sustancias naturales: alternativa para el tratamiento de agua del río Magdalena en Palermo, Colombia. *Información tecnológica*, 59-70.
- Alcázar Medina, F., Proal Nájera, J., Gallardo Velázquez, T., Cháirez Hernández, I., Antileo Hernández, C., & Alvarado de la Peña, A. (2014, 8 marzo). Aplicación de extractos de lechuguilla (*Agavae lechuguilla Torr.*) en la remoción de cobre (II) en modelos de agua por aglomeración esférica. *Revista mexicana de ingeniería química*, (13), 605-617.
- Anaya Lang, A. L. (2003). *Ecología química*. Plaza Valdés S.A. <https://bit.ly/2NyTflg>
- American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), & Water Environment Federation (WEF). (2005). *Standard methods for the examination of water and wastewater* (21 ed.). USA.
- Beyer, H., & Wolfgang, W. (1987). *Manual de química orgánica*. Bogotá: Reverté.
- Bravo Gallardo, M. A. (2017). *Coagulantes y floculantes naturales usados en la reducción de turbidez, sólidos suspendidos, colorantes y metales pesados en aguas residuales* [Proyecto de grado modalidad monografía, Universidad Francisco José de Caldas. <https://bit.ly/3gsWE7o>
- Carrero, R. (1989). *Estudio Fitoquímico de Phytolacca Bogotensis HBK (Guaba)*. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Centro de Investigaciones de la Facultad de Matemáticas y Ciencias Naturales. Tunja: Vicerrectoría de Investigaciones Científicas y Extensiones Universitarias.
- Castellanos P, F. L. (2017). *Revisión del uso de coagulantes naturales en el proceso de clarificación del agua en Colombia* [Trabajo de grado para optar a la especialización de planeación ambiental y manejo integral de los recursos naturales]. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada.

- CEPAL. (2021, marzo 19). Objetivos de Desarrollo del Milenio. [medio electrónico] Comisión Económica para América Latina y el Caribe. <https://www.cepal.org/es/temas/objetivos-de-desarrollo-del-milenio-odm/objetivos-desarrollo-milenio>
- CEPAL. (2016). Rio+20. [documento electrónico] Rio+20 el futuro que queremos. <https://www.cepal.org/cgi-bin/getprod.asp?xml=/rio20/noticias/paginas/2/43762/P43762.xml&xsl=/rio20/tpl/p18f-st.xsl&base=/rio20/tpl/top-bottom.xsl>
- Devesa-Rey, R., Rodríguez Rodríguez, F. J., & Urréjola Madriñan, S. (2017). *Diseño de un Experimento de Optimización del Proceso de Coagulación - Floculación de Agua en el Laboratorio de Química*. Modelling in Science Education and Learning. <https://doi.org/10.4995/msel.2017.5830>
- Díaz Claros, J. (2014). *Coagulantes - Floculantes orgánicos e inorgánicos elaborados de plantas y del reciclaje de la chatarra, para el tratamiento de aguas contaminadas*. Tegucigalpa, Honduras: Universidad Pedagógica Nacional Francisco Morazán.
- Figuroa Moreno, P., Ramírez Celeita, M. A., & Romero de Barragan, L. (1976). *Contribución al estudio de la Phytolacca Bogotensis H.B.K.* [Monografía para optar al Título de Licenciada en Educación Especial Química y Biología]. Universidad Social Católica de la Salle, Facultad de Ciencias de la Educación, Bogotá.
- Fedesarrollo. (1972). Declaración sobre el Medio Humano. Fedesarrollo, 155-160.
- Fonnegra Gómez, R. (2007). *Plantas medicinales aprobadas en Colombia*. Medellín: Universidad de Antioquia. Colombia.
- García Gómez, J., & Fernandis Ferrús, I. (1990). Revisión histórica del concepto de educación ambiental. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*. (3), 5-16.
- García Ibarra, S. (2015). *Metodologías didácticas para la enseñanza aprendizaje de las ciencias naturales en zonas rurales del municipio de Obando-Valle del Cauca*. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería y administración, Palmira.
- García M, B. (1994). *Compendio de términos comunes utilizados en estudios ambientales de la industria petrolera*. Publicación de la Coordinación Ambiental Corporativa de ECOPELROL. Bogotá

- Gualdrón Durán, L. E. (2016). Evaluación de la calidad de agua en los ríos de Colombia usando parámetros físicoquímicos y biológicos. *Dinámica ambiental*, 83-102.
- Guardo Porras, S. (2011). *El quehacer pedagógico del maestro en el área rural: su significado*. [Trabajo de grado para optar el título de Magíster en Pedagogía]. Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ciencias Humanas, Bucaramanga.
- Hernández Sampieri, R., Fernández-Collado, C., Baptista Lucio, P. (s.f.) *Metodología de la Investigación*. MacGraw-Hill.
- Hernández Guzmán, A. C., & Hermosilla Carazo, V. J. (2014). *Efecto de la concentración de saponinas en la actividad hemolítica de extractos de ocho plantas de uso medicinal en Guatemala* [proyecto de grado para optar al título de químicas biólogas]. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala. <https://core.ac.uk/download/pdf/35292891.pdf>
- Jiménez Beltrán, D., De Lora, F., & Ramalho, R. S. (2003). *Tratamiento de aguas residuales*. Barcelona: Reverté, S.A.
- Kerlinger, FN. (1979). *Enfoque conceptual de la investigación del comportamiento*. México D.F. Nueva Editorial Interamericana (8)
- Kolthoff, Sandell, & Bruckenstein, S. (1980). *Análisis Químico Cuantitativo*. Buenos Aires: Nigar.
- Investigaciones en el Instituto de Química de la UNAM. (2006). *Química de la Flora Mexicana*. (A. Romo de Vivar Romo, Ed.) México D.F.: S y G editores SA de CV.
- López Luengo, T. (2001, junio). Saponósidos. *Offarm, Elsevier*. <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-articulo-saponosidos-13015492>
- Marcano, D., & Hasegawa, M. (2002). *Fitoquímica orgánica*. Caracas: Universidad Central de Venezuela.
- Mezey, K. (1943). *Phytolacca Australis "Guaba"*. Estudio Toxicológico y Farmacodinámico. *Revista de Medicina y Veterinaria*, 12(84), 101-107.
- Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. (2021). Rio+20. [Fuente electrónica] Minambiente. <https://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/389-preparacion-de-colombia-para-rio-20-5>

- Montoya, G., Arango, G., & Holzgrabe, U. (2009). O-Glycoside Sequence of Pentacyclic Triterpene Saponins from *Phytolacca bogotensis* using HPLC-ESI/Multi-stage Tandem Mass Spectrometry [Secuencia de O-glucosido de Saponinas Triterpénicas Pentacíclicas de *Phytolacca Bogotensis*, usando HPLC-ESI/ Espectrometría de masas en tandem de múltiples etapas] *Phytochemical Analysis* (20), 465-474.
- Montoya, G., Arango, G., & Ramírez-Pineda, J. (2009). Rapid differentiation of isobaric and positional isomers of structurally related glycosides from *Phytolacca bogotensis*. [Diferenciación rápida de isómeros isobáricos y posicionales de glucósidos relacionados estructuralmente de *Phytolacca Bogotensis*] (W. InterScience, Ed.) *Rapid Communications in Mass Spectrometry* (23), 3361-3371.
- Morán, D. (2018). *El uso de las experiencias como estrategia en la enseñanza de maleabilidad y conductividad de los metales*. [Proyecto de grado para obtener el título de licenciada en ciencias Naturales con énfasis en educación ambiental]. Universidad del Valle, Cali.
- Nielsen, S., Anthoni, U., Christophersen, C., & Cornett, C. (3 de octubre de 1994). Triterpenoid Saponins From *Phytolacca Rivinoides* and *Phytolacca Bogotensis* [Saponinas Triterpenoides de *Phytolacca Rivinoides* y *Phytolacca Bogotensis*]. *Phytochemistry*, 39(3), 625-630.
- Margarita M. Pérez Osorno (2016): “Corriente naturalista de la educación ambiental analizada bajo el contexto colombiano, como una oportunidad para el desarrollo sostenible”, *Revista Atlante: Cuadernos de Educación y Desarrollo*.
- Melo Vargas, G. R., & Turriago Ríos, F. A. (2012). *Evaluación de la eficiencia de la utilización de semillas de moringa oleífera como una alternativa de biorremediación en la purificación de aguas superficiales del caño Cola de pato ubicado en el sector rural del municipio de Acacias*. [Tesis de pregrado] Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, Ciencias económicas, Villavicencio.
- Okuda, T., Baes, A., Nishijima, W., & Okada, M. (2001). Coagulation mechanism of salt solution - extracted active component in Moringa [Mecanismo de coagulación de la solución salina- componente active extraído en la Moringa] *Olifera Seeds. Elseiver*, 35(3), 830 - 834.
- ONU. (2002). Cumbre de Johannesburgo 2002. [Medio electrónico] Cumbre de Johannesburgo 2002. <https://www.un.org/spanish/conferences/wssd/unced.html>

- ONU. (2012, julio). El futuro que queremos. [Medio electrónico] <https://bit.ly/3clsoSN>
- ONU. (2015, octubre). Transformar nuestro mundo: La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. [Medio electrónico]. ONU. <https://bit.ly/3clsoSN>
- Organización de las Naciones Unidas. (1987, agosto). Informe de la comisión mundial sobre el medio ambiente y el desarrollo "nuestro futuro común". [Medio electrónico] ONU. <https://bit.ly/3clsoSN>
- Páramo, P. (2017). Reglas proambientales, una alternativa para disminuir la brecha entre el decir-hacer en la educación ambiental. *Suma psicológica*, 42-58.
- Rodríguez Baquerizo, J., Briones Galarza, C., Baquerizo Cabrera, M., & Rodríguez Santos, J. (2017, diciembre). Remoción de metales pesados en agua residuales utilizando las saponinas de la cabuya (*Furcraea andina*). *Revista espirales multidisciplinaria de investigación*, 1, 1–9.
- Sachs, J. (2015). Introducción al desarrollo sostenible. En *La era del desarrollo sostenible: Nuestro futuro está en juego, incorporemos el desarrollo sostenible a la agenda política mundial. Grupo planeta Spain*. 17-89.
- Sainz Sastre, J. A. (2007). *Tecnologías de la sostenibilidad. Procesos y operaciones unitarias en depuración de aguas residuales*. Madrid: Fundación EOI.
- Salazar López, L. (2006). *Revisión y ajuste de los planes de manejo ambiental de los humedales de Neuta, Tierra Blanca, Laguna de la Herrera y Humedal el Yulo de acuerdo con lo establecido en la resolución 157 de 2004 del MAVDT*. CAR, Bogotá.
- Sepúlveda Gallego, L. H. (2014). Una propuesta educativo-ambiental para Colombia. En M. J. Hernández Díaz, & J. L. Hernández Huertas, *Historia y presente de la educación ambiental: Ensayos con perfil iberoamericano* (págs. 145-161). España: FahrenHouse Ediciones.
- Sauvé, Lucie (1999). La educación ambiental entre la modernidad y la posmodernidad: En busca de un marco de referencia educativo integrador. *Tópicos*, 1(2). 7-27.
- Sauvé, Lucie. (2005). Uma cartografia das corrientes em educação ambiental. *Educação ambiental - Pesquisa e desafios. Porto Alegre: Artmed*. 17-46.

- Sauvé, L. (2006). La educación ambiental y la globalización: desafíos curriculares y pedagógicos. *Revista Iberoamericana de Educación* (41), 83-101.
- Sharapin, N. (2000). Fundamentos de tecnología de productos fitoterapéuticos. Bogotá.
- UICN PNUMA WWF. (1980). *Estrategia mundial para la conservación: La conservación de los recursos vivos para el logro de un desarrollo sostenido.*
- UNESCO. (2019). Acerca del programa sobre el hombre y la biosfera MAB. [Medios electrónicos] UNESCO. <https://es.unesco.org/mab/acerca>

ANEXOS

Anexo A. Prueba de Entrada y salida

Universidad Pedagógica Nacional
Facultad de Ciencia y Tecnología
Departamento de Química
Trabajo de Grado
Taller de Ideas Previas

Elaborado por: Juan Carlos Rodríguez Calderón y Angie Lizeth Samudio Carrillo

Nombre: _____ Edad: _____ Sexo: _____
Semestre: _____

El siguiente taller de ideas previas es elaborado en el marco de un proyecto de grado y pretende dar cuenta de sus conocimientos acerca de metabolitos secundarios, tratamiento de aguas y desarrollo sostenible, por tanto, lea atentamente y responda según sus conocimientos las siguientes preguntas.

1. Las plantas producen una gran cantidad y diversidad de compuestos orgánicos, que no parecen tener una función directa en su crecimiento y desarrollo, estas sustancias son usadas frecuentemente en la industria mediante su síntesis en diferentes procesos (catálisis, inhibición, oxidación, reducción); la definición previa hace referencia a:
 - a. Compuestos orgánicos
 - b. Metabolitos primarios
 - c. Aceites esenciales
 - d. Metabolitos secundarios

2. Los metabolitos en un organismo se subdividen en primarios, secundarios y terciarios. Los grupos pertenecientes a secundarios son:
 - a. Glicéridos, azúcares, aminoácidos, alcanos, carbohidratos, enzimas
 - b. Terpenos, esteroides, saponinas, fenoles, alcaloides, flavonoides, taninos
 - c. Aminoácidos, péptidos, proteínas, cetonas, enzimas, hormonas
 - d. Alcaloides, amidas, enzimas, saponinas, fenoles, terpenos, aminoácidos.

3. Dentro de los diferentes procesos en el tratamiento de agua, se tiene aquel que se define como la adición de sustancias químicas y la provisión de mezcla, para que las partículas y algunos contaminantes disueltos se aglutinen en partículas más grandes que se puedan retirar mediante procesos de remoción de sólidos, dicho proceso se conoce como:
 - a. Hemólisis

- b. Licuefacción
- c. Floculación
- d. Coagulación
- e. Extracción

4. ¿Cuál de las siguientes características es predominante de las saponinas, y las hace aptas para su uso como coagulante natural en el tratamiento de aguas?

- a. Reducen la tensión superficial de las soluciones acuosas debido a su estructura.
- b. Forman espumas estables utilizando ampliamente sus propiedades detergentes
- c. Incrementan la permeabilidad de las membranas celulares
- d. Tienen elevado peso molecular y propiedades hemolíticas fuertes

5. Permite determinar cualitativamente los principales grupos constituyentes químicos presentes en una planta y a partir de allí, orientar la extracción y/o fraccionamiento de los extractos, por ello es importante el uso correcto de solventes (polaridad de los compuestos) que permitan realizar las extracciones correctas

- a. Análisis fitoquímico
- b. Tamizaje fitoquímico
- c. Métodos analíticos preliminares
- d. Farmacognosia

6. Conoce usted la especie vegetal “Guaba” (*Phytolacca bogotensis*)

- a. Si
- b. No

Si su respuesta es afirmativa enuncie las características que conoce sobre la planta y/o sus usos:

7. ¿Cuál de los siguientes segmentos es más próximo a lo que ampliamente es entendido como desarrollo sostenible?

- a. Satisfacer las necesidades presentes sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las propias, es decir, no agotar, ni desperdiciar los recursos naturales, y tampoco lesionar el medio ambiente ni a los seres humanos
- b. Distribución más equitativa y racional de los bienes para crecer económicamente y reducir la pobreza

c. Reforzar el papel regulador de los gobiernos en temas ambientales, reconociendo la importancia de los incentivos destinados a disminuir costos y utilizar de modo eficiente los recursos naturales

d. Protección y mejoramiento del medio humano, el natural y el artificial, dado que son esenciales para el bienestar del hombre y para el goce de los derechos humanos fundamentales, incluso a la vida misma

8. ¿Cree usted que el uso de las plantas como recurso de limpieza y purificación de aguas, es una forma sostenible para el cuidado del medio ambiente, que contribuye a la sociedad y la economía?

a. Si

b. No

Si su respuesta es afirmativa, mencione ¿por qué?

9. Escriba 5 palabras que usted considere que están relacionadas con el desarrollo sostenible.

-
-
-
-
-

10. Cuál de los siguientes momentos históricos marcó la pauta para hablar acerca del desarrollo sostenible.

a. Informe titulado Nuestro Futuro Común, también llamado informe Brundtland en 1987

b. Conferencia de las Naciones Unidas Sobre el Medio Humano (UNEP) realizada en 1972 en Estocolmo, Suecia.

c. Cumbre de la tierra de Río de Janeiro realizada en el año 1992

d. Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible Johannesburgo 2002

11. Plantee mediante un diagrama el proceso (diagrama de flujo) el proceso que usted llevaría a cabo para determinar si un compuesto presente dentro de una planta de interés contiene compuestos químicos con posible actividad coagulante para el tratamiento de aguas.

Anexo B. Intervenciones en el aula (presentaciones)

Anexo B1. Presentación del proyecto a los estudiantes

Coagulantes Naturales Como Alternativa Sostenible en el Tratamiento de Aguas

UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL

Presentado por:

Juan Carlos Rodríguez Calderón
dqu_jcrodriguez798@pedagogica.edu.co

Angie Lizeth Samudio Carrillo
dqu_alsamudio151@pedagogica.edu.co

Dirigido por:
Dora Luz Gómez Aguilar, Doctora en desarrollo sostenible

Cronograma de actividades

Actividad	Fecha tentativa
1. Presentación inicial-taller ideas previas	4-nov-2020
2. Exposición 'Coagulantes Naturales como alternativa sostenible en el tratamiento de aguas'	10-nov-2020
3. Aplicación primer instrumento sumativo	12-nov-2020
4. Aplicación segundo instrumento sumativo	17-nov-2020
5. Socialización de resultados	indefinido

Actividad 3

- Lectura 1-Grupos 1 y 3: Remoción de metales pesados en aguas residuales utilizando saponinas de la cabuya (*Furcraea andina*).
- Lectura 2-Grupos 2 y 4: Aplicación de los extractos de lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.) en la remoción de cobre (II) en modelos de agua por aglomeración esférica

11-oxo-phytolaccagenin

Quillaja saponin

Actividad 3

A partir de la explicación dada en clase (Exposición 2), de la lectura asignada al grupo de trabajo y haciendo uso de las estructuras químicas de algunas saponinas presentes en la *Phytolacca bogotensis*, elaborar un documento analítico en donde se exponga su posible uso en el tratamiento de aguas residuales como coagulantes naturales y su relación con el desarrollo sostenible.

Modo de entrega:

- Graphical abstract (**Tenga en cuenta que se hará una socialización del mismo**)
- Marco de referencia (mencionar tamizaje fitoquímico y pruebas para saponinas)
- Pregunta-Hipótesis (en relación al desarrollo sostenible y mecanismos de coagulación)
- Análisis de las estructuras (a partir de sus conocimientos, son válidas suposiciones bien argumentadas)
- Conclusiones

Actividad 4

Se recomienda ver los siguientes videos antes de realizar la actividad.

- <https://www.youtube.com/watch?v=5SsJhGZffz0&t=1221s>
 - <https://www.youtube.com/watch?v=F3FCjeqx9nM&feature=youtu.be>
1. Lectura 1-grupos 1 y 3:Sustancias Naturales: Alternativa para el Tratamiento de Agua del Río Magdalena en Palermo, Colombia
 2. Lectura 2-grupos 2 y 4: Evaluación de la calidad de agua en ríos de Colombia usando parámetros fisicoquímicos y biológicos.

Actividad 4

La actividad consiste en realizar la lectura asignada para cada grupo y responder las siguientes preguntas.

1. Haga un breve resumen del documento no mayor a 10 líneas.
2. ¿Cuál es la importancia de la investigación y desarrollo de coagulantes naturales en Colombia?
3. ¿Cómo la investigación e implementación de coagulantes naturales para el tratamiento de aguas residuales contribuye al bienestar del ambiente?
4. Realice un cuadro comparativo entre coagulantes naturales y sintéticos en relación a sus implicaciones sociales, ambientales y económicas.
5. Argumente, consideran ustedes que el trabajo con coagulantes naturales es una alternativa viable para la enseñanza de la educación ambiental, indique en qué niveles educativos podría llevarse a cabo.
6. Considera que el tratamiento de aguas residuales con coagulantes naturales contribuyen a una auténtica educación ambiental en Colombia.

Evaluación

Actividad	Porcentaje %
3	2,0
4	2,0
Nota formativa	1,0
Total	5

Coagulantes Naturales Como Alternativa Sostenible en el Tratamiento de Aguas

Presentado por:
Juan Carlos Rodriguez C.
Angie Lizeth Samudio C.



UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL

Desarrollo Sostenible

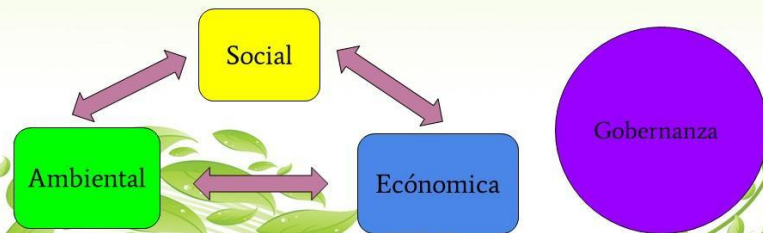
- Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, Celebrada en Estocolmo en 1972.
- Los límites del crecimiento: informe del club de Roma sobre el predicamento de la humanidad

“si el crecimiento económico seguía como hasta entonces, terminaría por exceder los límites de los recursos de la tierra y llevar al colapso”

Desarrollo Sostenible

- Estrategia Mundial para la Conservación: La conservación de los recursos vivos para el logro de un desarrollo sostenible (1980)
- “Desarrollo sostenible es aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las propias” (Brundtland,1987,p-41)

Dimensiones del Desarrollo Sostenible



Objetivos de Desarrollo Sostenible



Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible, celebrada en Río de Janeiro en 2012, plantea 17 objetivos con 169 metas.

Imagen tomada de: <https://bit.ly/3du08d0>

Objetivos a Considerar



Imágenes tomadas de: <https://bit.ly/2H2V0p7>

Coagulantes y Desarrollo Sostenible

- Según la OMS el 80% de las enfermedades se transmiten por medio del agua contaminada (Procuraduría General de la Nación, 2010).
- Gran parte del agua de los ríos de Colombia no posee las condiciones óptimas para el crecimiento y reproducción de organismos acuáticos, y tampoco es apta para el consumo humano (Gualdrón Durán, 2016)
- Más del 80% de las aguas residuales resultantes de actividades humanas se vierten en los ríos o el mar sin ningún tratamiento, lo que provoca su contaminación (ONU, s.f.)

ppp.com

Norma Técnica Colombiana NTC 3903

Objetivos

- Evaluación para un tratamiento encaminado a reducir el material disuelto, suspensión, coloidal y no sedimentable del agua mediante coagulación-floculación química, seguida por sedimentación por gravedad, el procedimiento sirve para evaluar color, turbidez y reducción de la dureza.

ppp.com

NTC 3903

Objetivos

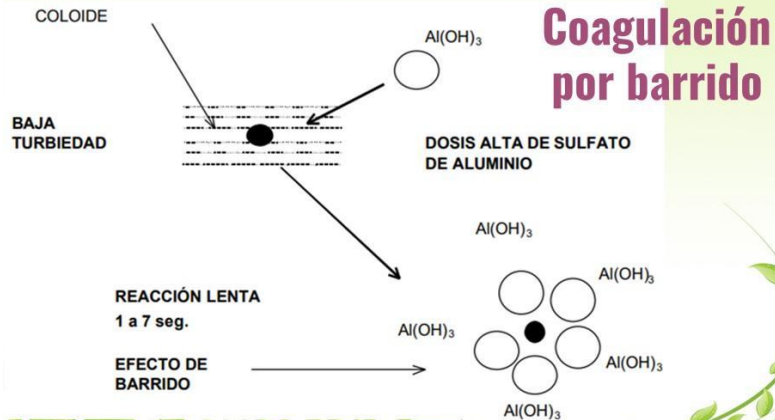
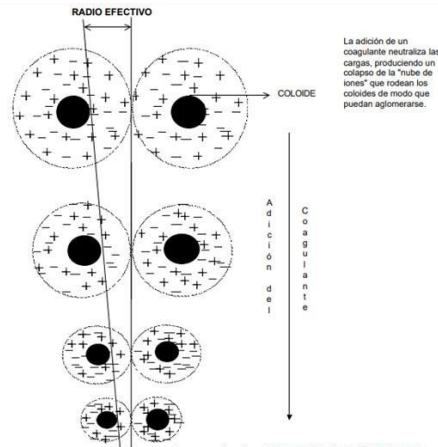
- Evaluación sistemática de las variables en los procesos de coagulación-floculación.
- Esta norma no se propone considerar los problemas de seguridad relacionados con su utilización.

Fuentes de aguas residuales

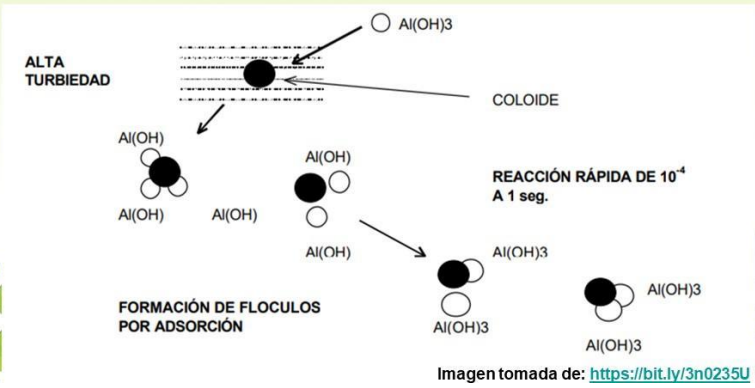
- Agua residual doméstica o municipal.
 - Agua residual Industrial.
- Agua residual de infiltración y subterráneas.
 - Aguas pluviales

Coagulación

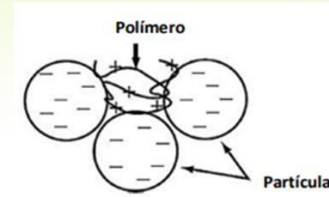
Proceso de desestabilización química de las partículas coloidales que se producen al neutralizar las fuerzas que los mantienen separados



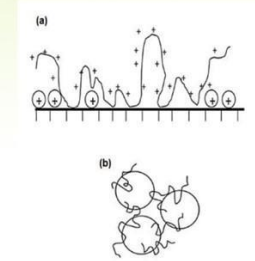
Coagulación por adsorción



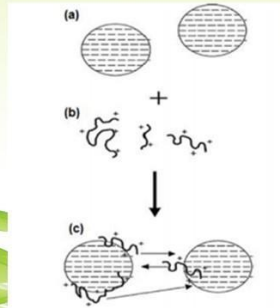
Neutralización de carga



Puente Polímero



Parque electrostático



Saponinas y tratamiento de aguas

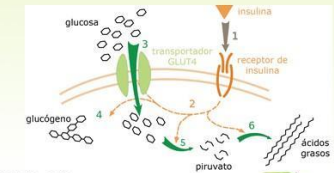
- (Alcázar Medina, y otros, 2014)
- (Hong, Tokunaga, Ishigami, & Kajiuchi, 2000)
- (Rodríguez Baquerizo, Briones de Galarza, Baquerizo Cabrera, & Rodríguez Santos, 2017)
- (San Martín & Briones, 1999)

Plantas y Saponinas



Imágenes tomadas de: <https://bit.ly/38BSO82> <https://bit.ly/3khNPMb> ppt.com

Metabolitos Primarios



- Son indispensables para la nutrición y supervivencia de la planta dado que influyen en sus funciones vitales
- Se encuentran en todas las plantas
- Carbohidratos, glucósidos, aminoácidos, proteínas, lípidos, ácidos nucleicos y vitaminas.

Metabolitos Secundarios

- Productos naturales
- Proteger de su posible ingestión e infección por agentes patógenos
- Atraer polinizadores
- Competencia planta-planta
- Dispersar sus semillas
- Terpenos, esteroides, saponinas, fenoles, alcaloides, flavonoides, taninos



Saponinas

Pertenecen a la familia de los compuestos glicósidos heterósidos, se caracterizan porque al entrar en contacto con el agua producen una espuma persistente debido a que disminuyen la tensión superficial del agua actuando de manera similar a un jabón, característica que también les permite actuar como sustancia hemolítica causando la destrucción de los eritrocitos.

Características Biológicas

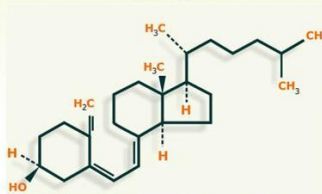
- Confieren sabor amargo a las plantas
- Tienen efectos tóxicos en peces y otros animales de sangre fría (son ictiotóxicas)
- Causan irritación a la mucosa oral y el tracto gastrointestinal.
- Puede producir defaunación de protozoarios.
- Interfieren con la absorción del colesterol y vitaminas liposolubles.
- Son agentes hemolíticos.

Propiedades farmacológicas

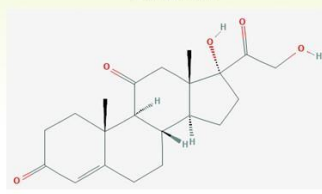
- Acción expectorante
- Efecto diurético
- Efecto antiedematoso y antiinflamatorio
- Acción Adaptogénica
- Efecto moluskisida (romper la cadena de transmisión de la esquistosomiasis)
- Venotónico
- Hemisíntesis de hormonas sexuales y vitamina D

Propiedades farmacológicas

Vitamina D



Cortisona



Imágenes tomadas de: <https://bit.ly/2ifab49> <https://bit.ly/2ifab48>

Clasificación de las saponinas

Por la estructura de la genina

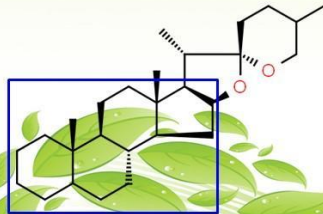
- Esteroidales
- Triterpénicas

Según la posición de los azúcares

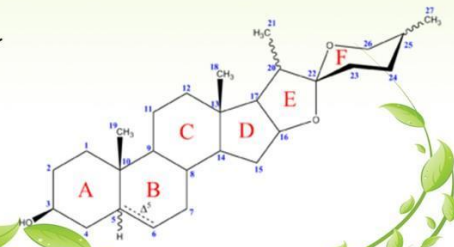
- Monodesmosídicas
- Bidesmosídicas

Saponinas Esteroidales

Cuadro azul-núcleo de esteroide

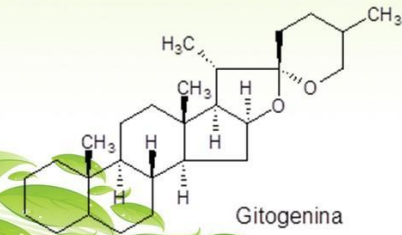


Espirostano



Saponinas Esteroidales

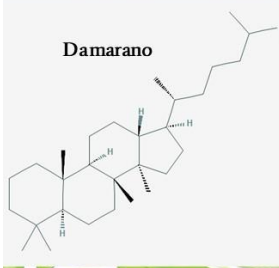
Ejemplo



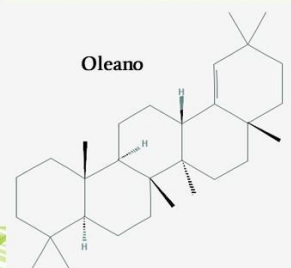
Githogenina

Saponinas Triperpénicas

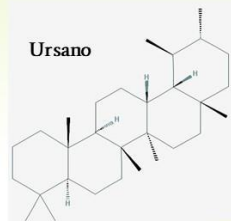
Damarano



Oleano



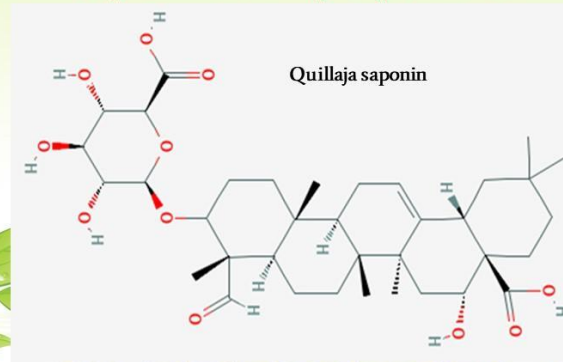
Ursano



Imágenes tomadas de: <https://bit.ly/2UahLiK> <https://bit.ly/38uuq3> <https://bit.ly/3eHT6eC>

Saponinas Triperpénicas

Quillaja saponin



Distribución en la naturaleza

Esteroidales-monocotiledoneas.

- Familias: *Dioscoreaceae*, *Amaryllidaceae*, *Agavaceae*, *liliaceae*, *Strophanthus* y *Digitalis*.

Triterpénicas-Dicotiledoneas.

- Familias: *Caliofireaceae*, *Sapindaceae*, *Polygalaceae*, *Sapotaceae*, *Phytolaccaceae*, *papaveraceae*, entre otras.

Phytolacca bogotensis (Guaba)

Es una planta sudamericana que crece en los Andes sobre todo en terrenos baldíos, era utilizada por los indígenas precolombinos como vomitivo y alimento cuando los tallos son jóvenes; a las especies que crecen en Colombia se les atribuye las mismas características medicinales y los frutos de algunas especies fueron utilizados como tintes de telas y lanas (Fonnegra Gómez, 2007).



Phitolacca bogotensis

Familia: *Phytolaccaceae* (*Phitolacáceas*)

Nombre científico: *Phytolacca bogotensis* (indicando el lugar donde se encontró por primera vez)

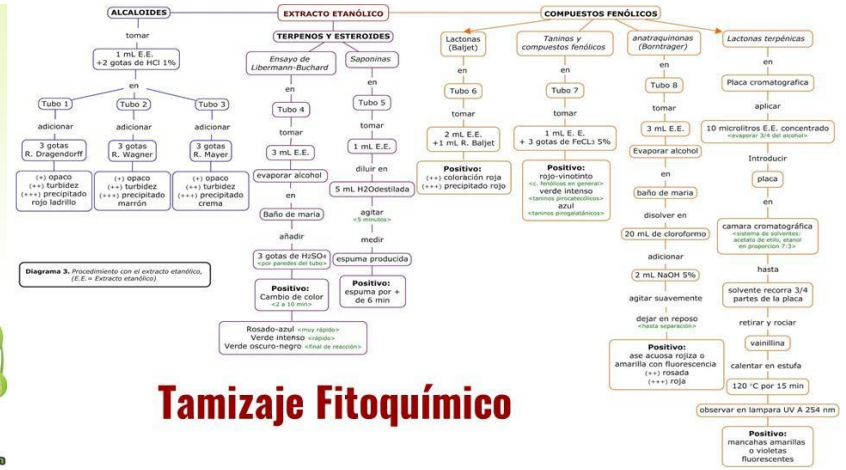
Nombres comunes: Altasara, cargamanto, hierba de culebra, granilla, hierba carmín, hierba de la oblea, espinaca de América, espinaca de la India, maíz de perro, mata vieja.



Tamizaje Fitoquímico

El tamizaje fitoquímico permite determinar cualitativamente los principales grupos constituyentes químicos presentes en una planta y, a partir de allí, orientar la extracción y/o fraccionamiento de los extractos (Sharapin, 2000, pág. 198)

Tamizaje Fitoquímico



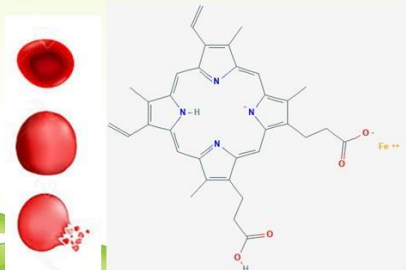
Tamizaje Fitoquímico

Identificación de saponinas

Prueba de espuma



Ensayo de hemólisis de eritrocitos



Simulación Ensayo de Jarras

- Recolección y secado del material vegetal.
- Tamizaje fitoquímico.
- Extracción y purificación (soln alcohólica).
- 100 g de raíz con un rendimiento del 0,1% p/p en saponinas esteroidales (100mg de saponinas)
- Solución stock 1000 ppm.

Simulación Ensayo de Jarras



Condiciones iniciales	
Color aparente	70 UPC
Turbidez	100 UNT
pH	8,8
Temperatura	25°C

NTC 3903

Imagen tomada de: <https://bit.ly/3iqG90E>

Simulación Ensayo de Jarras

# Jarra	[Extracto]	Color aparente	Turbidez	pH	Temperatura
1	1 ppm	60	80	8,8	25°C
2	5 ppm	50	50	8,5	25°C
3	10 ppm	10	2	8,2	25°C
4	20 ppm	30	30	7,0	25°C



Imagen tomada de: <https://bit.ly/3iqG90E>

Simulación Ensayo de Jarras

# Jarra	[Extracto]	Color aparente	Turbidez	pH	Temperatura
3	10 ppm	10	2	8,2	25°C

Resolución 2115 de 2007	
Color aparente	15
Turbidez	2
pH	6,5 a 9,0

ODS

ppt.com

Videos relacionados.

- <https://www.youtube.com/watch?v=5SsJhGZffz0&t=1221s> (ODS)
- <https://www.youtube.com/watch?v=1YbDwKSPTKA> (Tamizaje Fitoquímico; ver del minuto 1,50 hasta el minuto 11)
- <https://www.youtube.com/watch?v=DNKxwOijEew> (Turbidez)
- <https://www.youtube.com/watch?v=Os6z7D1z9c0&t=197s> (Ensayo de Jarras)

ppt.com

Bibliografía

Bruneton J. Elementos de fitoquímica y de farmacognosia. Zaragoza: Acribia, 1997; 298-324.

Evans WC. Farmacognosia. Madrid: Interamericana-McGraw-Hill, 1986; 519-540.

Fonnegra Gómez, R. (2007). *Plantas medicinales aprobadas en Colombia*. Medellín: Universidad de Antioquia.

Sanabria Galindo, A., Cárdenas, L. A., & Parroquiano, M. L. (2002). Actividad antimicrobiana y examen fitoquímico preliminar de siete angiospermas y una muestra de propóleo. *Revista colombiana de ciencias químico farmacéuticas*, 36-42.

Sharapin, N. (2000). *Fundamentos de tecnología de productos fitoterapéuticos*. Bogotá.



Anexo C. Instrumentos de aplicación

Anexo C1. Resumen gráfico

Universidad Pedagógica Nacional
Facultad de Ciencia y Tecnología
Departamento de Química
Instrumento 1

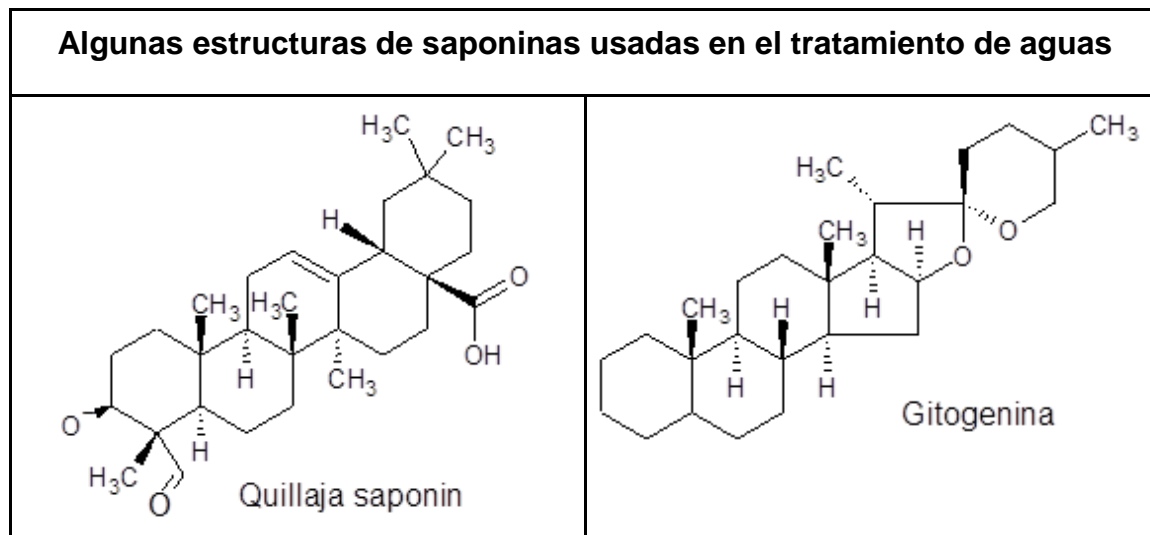
Elaborado por: Juan Carlos Rodríguez Calderón y Angie Lizeth Samudio Carrillo

Actividad

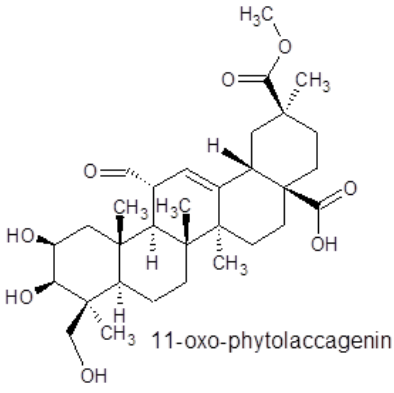
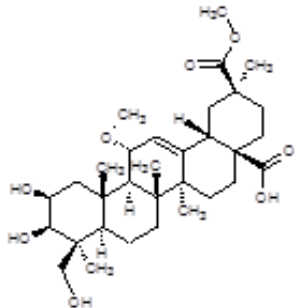
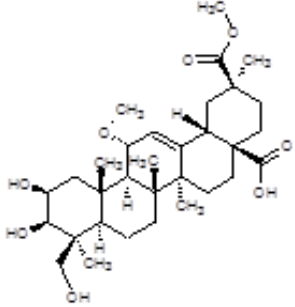
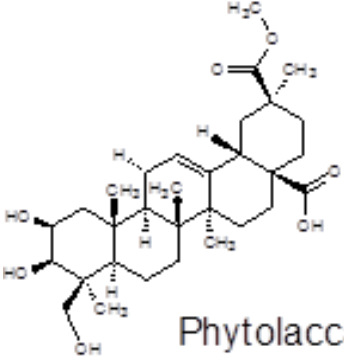
A partir de la explicación dada en clase Coagulantes naturales y desarrollo sostenible, de la lectura asignada al grupo de trabajo y haciendo uso de las estructuras químicas de algunas saponinas presentes en la *Phytolacca bogotensis* (ver imágenes), elaborar un documento analítico en donde se exponga su posible uso en el tratamiento de aguas residuales como coagulantes naturales y su relación con el desarrollo sostenible.

Lectura 1-Grupos 1 y 3: **Remoción de metales pesados en aguas residuales utilizando saponinas de la cabuya (*furcraea andina*).**

Lectura 2-Grupos 2 y 4: **Aplicación de los extractos de lechuguilla (*Agaveae lechuguilla* Torr.) en la remoción de cobre (II) en modelos de agua por aglomeración esférica**



Algunas estructuras de saponinas presentes en la *Phytolacca bogotensis*

 <p>11-oxo-phytolaccagenin</p> <p>Grupos 1 y 3</p>	 <p>11-alfa-methoxyphytolaccagenin</p> <p>Grupos 1 y 3</p>
 <p>11-alfa-methoxyphytolaccagenin</p> <p>Grupos 2 y 4</p>	 <p>Phytolaccagenin</p> <p>Grupos 2 y 4</p>

Modo de entrega:

Graphical abstract

- Marco de referencia (mencionar tamizaje fitoquímico y pruebas para saponinas)
- Pregunta-Hipótesis (en relación al desarrollo sostenible y mecanismos de coagulación)
- Análisis de las estructuras (a partir de sus conocimientos, son válidas suposiciones bien argumentadas)
- Conclusiones
- Bibliografía.

Anexo C2. Estudio de caso

Universidad Pedagógica Nacional
Facultad de Ciencia y Tecnología
Departamento de Química
Instrumento 2

Elaborado por: Juan Carlos Rodríguez Calderón y Angie Lizeth Samudio Carrillo

Actividad

Se recomienda ver los siguientes videos antes de realizar la actividad.

- <https://www.youtube.com/watch?v=5SsJhGZffz0&t=1221s>
- <https://www.youtube.com/watch?v=F3FCjegx9nM&feature=youtu.be>

Lectura 1-grupos 1 y 3: Sustancias Naturales: Alternativa para el Tratamiento de Agua del Río Magdalena en Palermo, Colombia

Lectura 2-grupos 2 y 4: Evaluación de la calidad de agua en ríos de Colombia usando parámetros fisicoquímicos y biológicos.

La actividad consiste en realizar la lectura asignada para cada grupo y responder las siguientes preguntas.

1. Haga un breve resumen del documento no mayor a 10 líneas.
2. ¿Cuál es la importancia de la investigación y desarrollo de coagulantes naturales en Colombia?
3. ¿De qué manera la investigación e implementación de coagulantes naturales para el tratamiento de aguas residuales contribuye al bienestar del ambiente y cómo se articula con el desarrollo sostenible?
4. Realice un cuadro comparativo entre coagulantes naturales y sintéticos en relación con sus implicaciones sociales, ambientales y económicas
5. Considera que el tratamiento de aguas residuales con coagulantes naturales contribuye a una auténtica educación ambiental para el desarrollo sostenible en Colombia, argumente su respuesta.
6. Indique al menos tres temáticas propias de la química que pueden ser abordadas desde el tratamiento de aguas y argumente en qué nivel de educación podrían implementarse. (no tenga en cuenta el nivel de educación superior)