

**EXTRACCIÓN DE LIGNINA EN PULPA DE CAFÉ PARA LA REMOCIÓN DE  
MANGANESO EN AGUAS RESIDUALES COMO CONTEXTO PARA EL  
DESARROLLO DE COMPETENCIAS INVESTIGATIVAS A PARTIR DE LA  
IDENTIFICACIÓN DE CARBOHIDRATOS**

**KAREN MARIANA MORENO CHAVARRO**

**ANYI YULIE LAMPREA GARCÍA**

**Directora**

**DORA LUZ GÓMEZ AGUILAR**  
**Doctora en Desarrollo Sostenible**

**Codirectora**

**MARTHA ELIZABETH VILLARREAL HERNÁNDEZ**  
**Magíster en Docencia de la Química**

**UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL**  
**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**  
**DEPARTAMENTO DE QUÍMICA**  
**BOGOTÁ**  
**2022**

**EXTRACCIÓN DE LIGNINA EN PULPA DE CAFÉ PARA LA REMOCIÓN DE  
MANGANESO EN AGUAS RESIDUALES COMO CONTEXTO PARA EL  
DESARROLLO DE COMPETENCIAS INVESTIGATIVAS A PARTIR DE LA  
IDENTIFICACIÓN DE CARBOHIDRATOS**

**TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OPTAR AL  
TÍTULO DE  
LICENCIADO EN QUÍMICA**

**KAREN MARIANA MORENO CHAVARRO**

**ANYI YULIE LAMPREA GARCÍA**

**Directora**

**DORA LUZ GÓMEZ AGUILAR  
Doctora en Desarrollo Sostenible**

**Codirectora**

**MARTHA ELIZABETH VILLARREAL HERNÁNDEZ  
Magíster en Docencia de la Química**

**GRUPO DE INVESTIGACIÓN**

**DIDÁCTICA Y SUS CIENCIAS**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

**INCORPORACIÓN DE LA EDUCACIÓN AMBIENTAL AL CURRÍCULO DE  
CIENCIAS**

**UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL  
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA**

**BOGOTÁ**

**2022**

**Notas de aceptación:**

---

---

---

---

---

---

---

**Firma de directora**

---

**Firma de codirectora**

---

**Firma evaluador 1**

---

**Firma evaluador 2**

## AGRADECIMIENTOS

Principalmente a las profesoras **Dora Luz Gómez** y **Martha Elizabeth Villarreal**, por su acompañamiento, conocimientos y apoyo en la construcción de este proyecto y haber confiado en nuestras capacidades.

A mis padres **Rafael y Marina**, quienes han hecho que este proceso de formación haya sido posible; a mis hermanos **Diana, Alejandra y Jorge** por su incondicional apoyo y sabiduría, por estar presente en todo momento y, además, son un gran ejemplo del quehacer docente.

A los docentes que han estado en mi proceso de formación, especialmente a la profesora **Julie Benavides**, por estar siempre presente y ser un gran apoyo en estos cinco años, que más que una profesora es una gran compañera y amiga, así mismo a la profesora **Deisy Baracaldo** quien desde el primer momento confió en mis habilidades y en el buen desarrollo de mi formación docente.

A mi compañera **Anyi Lamprea** por darme la oportunidad de trabajar a su lado y que a pesar de conocernos de poco tiempo me dio su confianza y amistad.

A mis demás compañeros que me han acompañado en cada una de mis clases, en especial a **Daniel Yopasá** por apoyarme incondicionalmente y hacerme ver el lado positivo de las cosas; **Sebastián Martínez, Geraldine Pineda y Lineth Intencipa** por ser el mejor equipo de laboratorio y apoyarnos cada vez que veíamos que no habría solución.

*Karen Mariana Moreno Chederra*

A mi papá **Tomas Lamprea** por su apoyo incondicional, por escucharme y aconsejarme, y a mi mamá **Luzceny García** por ser mi ejemplo de lucha constante, por su amor y motivación. A mis hermanas **Suri y Leidy** por su apoyo en cada proyecto que emprendo, por tanto cariño y por darme una motivación más para luchar por mis sueños, mi niña, mi sobrina. A **Zoe** por llegar e iluminar mi vida con sus ojitos, porque me hace explotar de amor y me motiva a ser una mejor persona.

A la **Universidad Pedagógica Nacional** que siempre me abrió sus puertas, me brindó oportunidades y me permitió llegar hasta lo que hoy logré.

A la profesora **Dora Luz Gómez** por su orientación durante toda la carrera y apoyo en la elaboración de este trabajo. Así mismo, a la profesora **Martha Villarreal** por su sabiduría, comprensión y apoyo en este proyecto. Agradezco infinitamente al personal de laboratorio, a **Mercy, Andrés, Consuelo y Giovanni** que sin duda nos ayudaron mucho en todo el proceso investigativo.

Agradezco a los profesores que estuvieron apoyándome durante todo este recorrido, al profesor **Jaime Casas** por sus consejos y motivación, y al profesor **Diego Blanco** por su apoyo e impulso a terminar esta carrera.

A mi compañera **Karen Moreno** por confiar en mí y permitirme trabajar a su lado, por su paciencia, por escucharme, por brindarme tanto apoyo y cariño. Agradezco que la vida nos haya cruzado para que juntas culminemos este proceso de la mejor manera.

A Karen Arriero y a mis compañeros de últimos semestres por su compañía, por celebrar nuestros triunfos, por motivarnos y no dejarnos decaer.

A **Fabian** que sin su apoyo llegar hasta aquí hubiese sido imposible, gracias por brindarme la mano siempre que la necesito, por impulsarme a cumplir mis sueños, por darme tanto amor y brindarme tiempo, por el apoyo en todos mis proyectos y por nunca dejarme desfallecer.

Llegar hasta aquí no fue fácil, ha sido un camino lleno de cosas buenas y no tan buenas, admiro el proceso que he llevado y lo que he logrado, la mujer que he forjado y lo fuerte que he sido, gracias vida por permitirme llegar hasta aquí y vivir lo que he vivido.

*Anyi Julie Lamprea Garcia*

## TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. JUSTIFICACIÓN .....	5
3. ANTECEDENTES .....	6
3.1 Antecedentes disciplinares .....	6
3.2 Antecedentes didácticos .....	8
4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	11
Pregunta problema.....	12
5. OBJETIVOS .....	13
5.1 Objetivo general .....	13
5.2 Objetivos específicos.....	13
6. MARCO TEÓRICO .....	14
6.1 Competencias investigativas .....	14
6.1.1 Resultados de aprendizaje .....	16
6.1.2 Competencias y resultados de aprendizaje .....	17
6.1.3 Taxonomía de Bloom.....	17
6.2 Metales pesados.....	17
6.2.1 Manganeso .....	18
6.2.1.1 El Manganeso en el medio ambiente y sus efectos en la salud.....	19
6.3 Adsorción y biosorción .....	20
6.3.1 <i>Biosorción de metales pesados</i> .....	21
6.3.2 <i>Biosorbentes</i> .....	21
6.4 Café .....	22
6.4.1 Variedades del Café.....	22
6.4.2 <i>Taxonomía del Café Árabe</i> .....	23
6.4.3 Morfología de la planta de Café .....	23
6.4.4 Partes del fruto del Café.....	24
6.4.5 Tratamiento del grano de café. ....	24
6.4.6 Residuos del café .....	24
6.5 Lignina .....	25
6.5.1 Estructura de la lignina .....	26
6.5.2 Métodos de extracción y aislamiento de Lignina .....	27
6.5.3 Despolimerización por hidrólisis alcalina .....	28
6.6 Remoción de metales pesados en agua residual. Coagulación y floculación. ....	29

6.7	Espectroscopía de absorción atómica (AAS).....	29
6.8	Espectroscopía Infrarroja por transformada de Fourier .....	30
6.9	Identificación de carbohidratos y fenoles .....	30
7	<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>33</b>
7.1	Fase 1. Investigación y prácticas de laboratorio .....	34
7.1.1	Obtención de Lignina en pulpa de café.....	34
7.1.1.1	Recolección de la materia prima .....	34
7.1.1.2	Preparación de las muestras .....	34
7.1.1.3	Pretratamiento de las muestras libres de extraíbles en solventes orgánicos y agua caliente y determinación de humedad según normas TAPPI .....	35
7.1.1.4	Extracción de Lignina por el método Klason correspondiente a las Normas TAPPI en madera y pulpa de café .....	36
7.1.1.5	Separación y purificación de lignina .....	37
7.1.1.6	Despolimerización por hidrólisis alcalina .....	37
7.1.1.7	Separación de compuestos fenólicos y lignina residual .....	38
7.1.1.8	Remoción de manganeso de agua residual sintética. ....	38
7.2	Fase 2. Diagnóstica .....	39
7.3	Fase 3. Intervención .....	39
7.4	Fase 4. Interpretación de resultados.....	40
8	<b>CRONOGRAMA.....</b>	<b>41</b>
9	<b>RESULTADOS Y ANÁLISIS .....</b>	<b>43</b>
9.1	Fase 1 .....	43
9.2	Fase 2 .....	60
9.3	Fase 3 .....	67
10	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>74</b>
11	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>76</b>
12	<b>REFERENTES BIBLIOGRÁFICOS .....</b>	<b>77</b>
13	<b>ANEXOS.....</b>	<b>83</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Antecedentes investigativos disciplinares.....	6
Tabla 2. Antecedentes investigativos didácticos .....	8
Tabla 3. Competencias investigativas.....	14
Tabla 4. Riesgos y límites de exposición del manganeso .....	18
Tabla 5. Cronograma de investigación.....	41
Tabla 6. Masas de muestras.....	44
Tabla 7. Masas de muestras en el tratamiento y porcentaje de humedad y extracción de metabolitos secundarios .....	47
Tabla 8. Señales IR de pulpa de Café Castillo sin tratamiento.....	51
Tabla 9. Señales IR de Lignina obtenida.....	52
Tabla 10. Señales IR de Lignina despolimerizada .....	54
Tabla 11. Datos para curva de calibración .....	58
Tabla 12. Remoción de manganeso .....	58
Tabla 13. Competencias y niveles de dominio .....	61
Tabla 14. Percepción de niveles de dominio para cada competencia dada por los estudiantes. ....	61
Tabla 15. Niveles de competencias investigativas evaluados a partir de RA .....	69

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.....	23
Ilustración 2.....	24
Ilustración 3.....	25
Ilustración 4.....	26
Ilustración 5.....	27
Ilustración 6.....	28
Ilustración 7.....	28
Ilustración 8.....	31
Ilustración 9.....	31
Ilustración 10.....	32
Ilustración 11.....	32
Ilustración 12.....	32
Ilustración 13.....	50
Ilustración 14.....	51
Ilustración 15.....	51
Ilustración 16.....	51
Ilustración 17.....	52
Ilustración 18.....	52
Ilustración 19.....	53
Ilustración 20.....	53
Ilustración 21.....	54
Ilustración 22.....	55
Ilustración 23.....	58



## ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama 1. Fases metodológicas.....	33
Diagrama 2. Preparación de las muestras.....	35
Diagrama 3. Pretratamiento de muestras.....	35
Diagrama 4. Extracción de lignina.....	36
Diagrama 5. Separación de lignina.....	37
Diagrama 6. Despolimerización alcalina.....	37
Diagrama 7. Separación de compuestos fenólicos y lignina.....	38
Diagrama 8. Remoción de manganeso en agua residual.....	38
Diagrama 9. Percepción de competencia cognitiva.....	62
Diagrama 10. Percepción de competencia de formulación de preguntas.....	63
Diagrama 11. Percepción de competencia observacional.....	63
Diagrama 12. Percepción de competencia procedimental.....	64
Diagrama 13. Percepción de competencia analítica.....	64
Diagrama 14. Percepción de competencia comunicativa.....	65
Diagrama 15. Percepción de competencia tecnológica.....	66
Diagrama 16. Percepción de competencia interpersonal.....	66
Diagrama 17. Evaluación de competencia cognitiva a partir de RA.....	69
Diagrama 18. Evaluación de competencia de formulación de preguntas a partir de RA... 70	70
Diagrama 19. Evaluación de competencia observacional a partir de RA.....	70
Diagrama 20. Evaluación de competencia procedimental a partir de RA.....	71
Diagrama 21. Evaluación de competencia analítica a partir de RA.....	71
Diagrama 22. Evaluación de competencia comunicativa a partir de RA.....	72
Diagrama 23. Evaluación de competencia tecnológica a partir de RA.....	72
Diagrama 24. Evaluación de competencia interpersonal a partir de RA.....	73

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Tratamiento de muestras .....	43
Fotografía 2. Lavado de muestras con éter de petróleo .....	44
Fotografía 3. Extracción de metabolitos y determinación de humedad .....	46
Fotografía 4. Separación y purificación de lignina .....	48
Fotografía 5. Despolimerización de lignina .....	49
Fotografía 6. Separación de compuestos fenólicos.....	49
Fotografía 7. Prueba de Cloruro férrico.....	56
Fotografía 8 Remoción de manganeso .....	56
Fotografía 9. Intervención con los estudiantes.....	68

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 .....	83
Anexo 2 .....	87
Anexo 3 .....	90
Anexo 4 .....	94
Anexo 5 .....	96

## 1. INTRODUCCIÓN

Esta investigación pretendió desarrollar y evaluar competencias investigativas en los estudiantes a partir de un trabajo teórico-práctico basado en la identificación de carbohidratos de los compuestos lignocelulósicos encontrados en la pulpa de café, variedad Castillo®. Lo descrito anteriormente se lleva a cabo bajo el trabajo investigativo realizado para la extracción de lignina en pulpa de café, teniendo en cuenta que la lignina es uno de los componentes de la estructura lignocelulósica de material orgánico, así mismo es un biopolímero, hidrófobo y rígido, al cual se le asigna una alta capacidad de adsorción, ya que en su estructura se encuentran grupos funcionales como alcoholes o fenoles, cetonas, ésteres y ácidos carboxílicos, siendo estos sitios negativos activos que tienen mayor afinidad con los iones metálicos. Es decir, que la extracción de este biopolímero lleva a dar una propuesta para la adsorción de metales pesados contaminantes en aguas residuales, en este caso el manganeso.

El trabajo pedagógico se desarrolló con un grupo de 23 estudiantes de Sistemas Orgánicos II (V3) del programa de Licenciatura en química (LQU) de la Universidad Pedagógica Nacional (UPN) y el trabajo experimental se llevó a cabo con pulpa de café del municipio de Guayabal de Siquima, el cual se encuentra ubicado en el Departamento de Cundinamarca que se caracteriza por ser cafetero en donde se cultiva principalmente tres variedades de semilla (Castillo®, Arábigo y Caturra), siendo la variedad Castillo® la más cultivada por los caficultores del municipio, lo cual aporta al desarrollo económico de estos pequeños y medianos productores de café.

Se desarrolló el trabajo pedagógico y experimental en 4 fases establecidas de la siguiente manera: La fase 1 es de investigación y prácticas de laboratorio, el cual fue desarrollado por las autoras, en donde se realizó la extracción de Lignina en pulpa de café por el método Klason, se caracterizó la Lignina para proceder a realizar una despolimerización por hidrólisis que permitió degradar este biopolímero y se obtuvieron compuestos solubles en agua que posteriormente permitieron realizar la remoción de manganeso en agua residual. La fase 2, dio inicio al proceso pedagógico para la caracterización de las competencias investigativas que los estudiantes percibieron tener antes de la intervención realizada, esta fase es la diagnóstica, en donde se presentó un instrumento cuestionario a los estudiantes con el fin de hacer dicha caracterización y posteriormente se realizó una comparación a partir de los resultados de aprendizaje que se evaluaron al finalizar el proceso. La fase 3 es de intervención, en donde se realizó la conceptualización sobre la pulpa de café y el impacto medioambiental, su composición lignocelulósica, enfocada en los carbohidratos que se encuentran en esta, haciendo énfasis en la identificación de los mismos por distintas pruebas cualitativas; así mismo, se socializó la propuesta de extracción de lignina, su importancia, características

fisicoquímicas, y su funcionalidad para la remoción de metales pesados en aguas residuales como alternativa del aprovechamiento de recursos orgánicos para la remoción de estos metales. Por último, la fase 4 en donde se realizó la interpretación de resultados obtenidos en el proceso de intervención y aplicación del proyecto.

## 2. JUSTIFICACIÓN

Esta investigación se justifica en la medida de realizar una contribución al desarrollo de competencias investigativas de los estudiantes de Sistemas Orgánicos II (V3) del LQU, ya que estas son un pilar importante en la formación de los docentes en las ciencias, en este caso la química.

El proyecto relaciona la enseñanza de identificación de carbohidratos en material lignocelulósico de pulpa de café, para que a partir de estos los estudiantes desarrollen competencias científicas como la construcción de conocimiento, habilidades y capacidades, mejorando así su formación como docente en química. Estas competencias son de carácter investigativo, las cuales permiten que el estudiante comprenda que la materia orgánica puede ser utilizada como alternativa en la remoción de metales pesados como el manganeso en aguas residuales.

Para ello se tienen en cuenta un proceso de extracción de lignina que es el método Klason o soda pulping, que permite obtener una alta pureza de lignina extraída del café (Castillo<sup>®</sup>) a esta se realiza una despolimerización por método de hidrólisis alcalina para separar en residuos que sean solubles en aguas residuales y que, de esta manera, se logre realizar la remoción de manganeso. Estos procesos de laboratorio pertenecen a la fase uno del proyecto, que a partir de estos y las distintas intervenciones dadas en las fases dos y tres, permitieron al estudiante desarrollar adecuadamente las competencias investigativas nombradas anteriormente.

### 3. ANTECEDENTES

Para llevar a cabo esta investigación se han tenido en cuenta distintos documentos base, a partir de los cuáles se logra encaminar el proyecto según los objetivos establecidos, por lo que, se han distribuido en dos grupos (antecedentes disciplinares y antecedentes didácticos), cada uno de estos, cuenta con distintos documentos divididos según la localidad en que hayan sido desarrollados, es así como se tienen los internacionales, nacionales y locales. Cabe resaltar que las competencias investigativas fueron evaluadas a través de los RA, por lo que, se presentan antecedentes didácticos relacionados a los RA. En las Tablas 1 y 2 se encuentran consolidados estos dos grupos de antecedentes y las aportaciones y/o implicaciones que tienen sobre el proyecto a realizar.

#### 3.1 Antecedentes disciplinares

Tabla 1. Antecedentes investigativos disciplinares

Antecedentes de investigación			
DISCIPLINARES			
Internacionales			
Título	Referencias	De lo que trata el documento	Aportes – Implicaciones para el proyecto
Fragmentación de la lignina del café (coffea arabica) para la obtención de compuestos fenólicos.	(Mendoza, 2016)	Obtención de compuestos fenólicos de lignina a partir de residuos de café. Es de esta manera que se realiza la obtención, de este material lignocelulósico a partir de desechos sólidos después de preparar la bebida de café, la fragmentación de la l y caracterización de la lignina y los compuestos fenólicos después de la despolimerización por hidrólisis alcalina.	Este es el documento base para la realización del proyecto, pues es a partir de este que se logra comprender el proceso paso a paso de la obtención de la lignina y la despolimerización de esta.
Lignina, estructura y aplicaciones: métodos de despolimerización para la obtención de derivados aromáticos de interés industrial.	(Chávez et al, 2013)	Definición, estructura y las características de la Lignina, y los métodos de separación, teniendo en cuenta que la industria petroquímica utiliza combustibles fósiles para el desarrollo de sí misma, se buscan alternativas para la obtención de fuentes alternas de energía, por ejemplo, la lignina que por medio de procesos de despolimerización (los cuales se encuentran en investigación actualmente) puede obtenerse diferentes compuestos fenólicos, los cuales tienen la capacidad de ser una fuente abundante de materias primas renovables.	Este documento permite tener el conocimiento las características principales de la Lignina y los métodos de separación de esta, a partir de esto se obtienen los datos importantes para que, a partir de ellos, se logre enseñar este concepto y así mismo la extracción de esta.
Manual de prácticas de bioquímica	(Barbosa et al, s.f)	Prácticas de laboratorio enfocadas en la bioquímica, que son sencillas y de fácil acceso que intentan hacer una explicación de las biomoléculas, cómo identificarlas y caracterizarlas a partir de diversas técnicas,	Permite tener un compilado diverso de prácticas de laboratorio, en donde se describen el paso a paso de las mismas, en este caso se hace énfasis en la práctica

		para que los estudiantes comprendan de una mejor manera estas temáticas.	número 13 en relación con la pruebas cualitativas de identificación de carbohidratos.
Obtención de compuestos de base lignina a partir de biomasa y su aplicación para la remoción de metales pesados del agua.	(Verduzco, Leyva, & Torres, 2020)	Estudio del café para identificar si tiene presente en sus estructuras polímeros con capacidades de absorción de metales pesados. El estudio de resultados se realiza por espectroscopía FT-IR y se observa en el espectro que el café es un absorbente de gran calidad puesto que entre los grupos funcionales encontrados en su estructura se encuentran cetonas, ésteres, quinonas, grupos fenólicos entre otros.	Permite comparar el espectro de la lignina teórico con el que se desarrolle en la práctica, también fundamenta que en el café se encuentra la lignina y que precisamente esta tiene en su estructura funciones orgánicas que nos posibilita la remoción de metales pesados.
<b>Nacionales</b>			
Uso de residuos de café como biosorbente para la remoción de metales pesados en aguas residuales	(Carvajal & Marulanda, 2020)	Este trabajo es de revisión bibliográfica en donde se explica la diferencia de biosorción y adsorción, los tipos de adsorbentes por ejemplo los adsorbentes naturales y sintéticos. Entre los adsorbentes naturales se encuentra la biomasa y los residuos agroindustriales como los derivados del café y entre los sintéticos se encuentra el carbón activado, arcilla y alúmina activadas. También se detalla en este documento las características que condicionan el proceso como el pH, la temperatura, la concentración de los metales pesados, entre otros.	Sirve como base de investigación netamente teórica, en donde se confirma que el café es una buena opción para la remoción de metales pesados, puesto que contiene lignina en un gran porcentaje. Es un documento que aclara términos importantes cómo la biosorción y adsorción.
Lignina como adsorbente de metales pesados	(Gómez, Velásquez, & Quintana, 2013)	Este es un trabajo de revisión bibliográfica sobre la lignina, qué es, estructura química de la lignina, de donde se obtiene, cómo se realiza su extracción y el uso como adsorbente de metales pesados. Se afirma que un método de adsorción de bajo costo y eficaz es con el uso de la lignina debido a su estructura química.	Este documento brinda información amplia sobre la lignina siendo esta la base de la investigación.
Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico	(Tejada, Villabona, & Garcés, 2014)	Estudio de las generalidades de la adsorción para la remoción de metales pesados, ventajas y desventajas de este método, las fases que involucra; las biomásas usadas para este método que pueden ser inertes o vivas, las modificaciones que se les puede realizar a las mismas, los efectos que produce el pH, la temperatura, la presencia de otros iones; los metales que se pueden remover por medio de este método.	Aporta información ampliada con respecto a la ventaja y desventaja de utilizar el método que se desarrollará en esta investigación, además, muestra cuáles son las biomásas más usadas y las consideraciones que se deben tener en cuenta para el desarrollo de este método de adsorción.
<b>Locales</b>			
Remoción de plomo (II) usando lignina obtenida a partir del procesamiento del seudotallo de plátano.	(Ramírez & Enríquez, 2015)	La lignina obtenida a partir de licor residual generado con el seudotallo de plátano contiene niveles apropiados para adsorción de metales, por lo que, se establecieron métodos eficaces para la extracción y la recuperación de lignina a partir de este seudotallo.	Información sobre métodos y procedimientos eficientes para la extracción de lignina a partir de biomasa, lo que permite identificar cuál es ese método con mayor eficiencia y, por tanto, lograr efectivamente la remoción de metales pesados.

Estrategia didáctica: desarrollo de habilidades de pensamiento en la enseñanza de fenoles a partir de la lignina.	(Arias, 2020)	Análisis de las habilidades de pensamiento en estudiantes en la enseñanza del concepto de fenoles a través de la aplicación de un aula virtual llamada Quim_Studio en donde se realiza la extracción de lignina y la remoción del manganeso con la misma. El autor diseña unos instrumentos didácticos que aplica a sus estudiantes y concluye que el método aplicado favoreció el desarrollo de habilidades de pensamiento y el aprendizaje de estos.	A partir de este documento se tendrá en cuenta el procedimiento de extracción de lignina y de remoción de metales pesados, brinda información veraz y fundamental para la investigación.
Unidad didáctica para la identificación cualitativa-experimental de carbohidratos; una estrategia de aula para la construcción de loncheras saludables	(Huertas, 2016)	Diseño de una unidad didáctica enfocada en la temática de carbohidratos, su identificación y caracterización en alimentos como propuesta para que los estudiantes sean consientes frente a la función de estas biomoléculas en el cuerpo humano y la mejora de la ingesta alimenticia en relación con la construcción de una merienda saludable.	Este documento es base para conocer las distintas pruebas cualitativas de caracterización e identificación de carbohidratos en una muestra problema.

Fuente: Elaboración propia

### 3.2 Antecedentes didácticos

Tabla 2. Antecedentes investigativos didácticos

Antecedentes de investigación			
DIDÁCTICOS			
Internacionales			
Título	Referencias	De lo que trata el documento	Aportes – Implicaciones para el proyecto
Formación de competencias investigativas en los estudiantes universitarios	(Espinoza, Rivera & Tinoco, 2016)	Se realiza un acercamiento a la formación de los estudiantes en competencias investigativas a partir de lo que se aborda desde la intervención docente, dando como prioridad a una consolidación investigativa desde la planeación y acción de la educación formal, no formal e informal, buscando así la autonomía educativa del estudiante y la relación con su proyecto de vida.	Este documento permite evidenciar la importancia de la formación del estudiante universitario a lo que concierne a las competencias investigativas, ya que permiten al estudiante acercarse efectivamente a su carrera, permitiendo un desarrollo en la cultura investigativa, ya que esta permite que el estudiante se motive, sea responsable y autónomo en su vida y ante la sociedad.
Guía de apoyo para la redacción, puesta en práctica y evaluación de los resultados del aprendizaje.	(ANECA, 2013)	Orientación en la elaboración de nuevos planes de estudios, usando los resultados de aprendizaje, ya que utilizarlos ha incrementado la claridad de los resultados de la educación superior en Europa. Se divide en 4 partes, en la primera se definen los resultados del aprendizaje, sus ventajas y desventajas; la segunda la guía	Este documento permite el reconocimiento de los resultados del aprendizaje, la redacción de estos, cómo usarlos dentro del aula de clase y poder realizar su debida evaluación, para que de esta



		para la redacción de estos y cómo unirlos con las actividades formativas y los métodos de evaluación; la tercera y cuarta hablan sobre el vínculo entre los resultados del aprendizaje y el Marco Español de Cualificaciones.	manera se haga un proceso satisfactorio de enseñanza-aprendizaje en cuanto a la enseñanza del concepto de la Lignina.
Learning outcomes: What are they? Who defines them? When and where are they defined?	(Prøitz,2010)	El documento trata de resolver las preguntas de ¿Cómo se define el término "resultado del aprendizaje"?, ¿Quién ha hablado de estos? y ¿En dónde y cuándo surgió dicho termino? Para lograr un mayor enfoque en el alumno, se requiere una mayor precisión en el diseño del currículo y que, a su vez, los docentes en todos los niveles dentro de los sistemas educativos que están implementando los resultados del aprendizaje generen un cambio en las metodologías de enseñanza, para dar lugar a la evaluación a partir de los resultados de aprendizaje.	Este documento permite las distintas concepciones que se tienen a nivel mundial sobre los resultados de aprendizaje y cómo estos ayudan al mejoramiento de la educación en cuanto a las metodologías de enseñanza, teniendo en cuenta la importancia de que los estudiantes comprendan de la mejor manera las temáticas a desarrollar.
<b>Nacionales</b>			
Fortalecimiento de las competencias investigativas en el contexto de la educación superior en Colombia.	(Pérez, 2012)	Es importante una formación en competencias investigativas, ya que estas permiten poner en práctica las habilidades que llevan a la aplicación del ser, del saber y el hacer, para que los estudiantes se apropien de las distintas potencialidades que poseen y así, logren resolver problemáticas que se les presenten en los distintos contextos sociales, utilizando de esta manera su conocimiento de una forma adecuada.	Reconocer la importancia del desarrollo de las competencias investigativas en los estudiantes, las distintas estrategias pedagógicas que se pueden utilizar para el mejor desarrollo del proceso de enseñanza-aprendizaje, así las distintas definiciones dadas a este tipo de competencias y las características que un estudiante puede tener y desarrollar para ser competente frente a la investigación.
Cartilla paso a paso de los resultados de aprendizaje	(Muñoz & Villa, 2020)	Se realiza una descripción del contexto social y situacional en donde se describe el proceso por el que muchas instituciones pasan para replantear el seguimiento y evaluación del proceso de los estudiantes. Luego presenta definiciones de resultados de aprendizaje encontrados en diferentes autores. Luego puntualiza en los resultados de aprendizaje diseñados para la universidad, describe la misión y visión de esta y finalmente muestra la metodología de trabajo que se formulan para estos resultados de aprendizaje.	Esta cartilla es una guía y un ejemplo del proceso por el que no solo las instituciones sino también los maestros pasan cuando replantean los resultados y actividades diseñadas para sus estudiantes, por lo tanto, se tendrá en cuenta como tal y para comparar redacción, objetivos y finalidades.
Internacionalización del currículo a partir de resultados de aprendizaje.	(Aponte&Calle, 2020)	Reducir una brecha que se ve de manera evidente entre las IES, que cuentan con recursos, acreditación y trayectoria, las cuales tienen una aproximación a una internacionalización del currículo a partir de los resultados de aprendizaje; la internacionalización del currículo debe ser un elemento que vincule y democratice, que ligue las realidades académicas del país con las exigencias de la educación superior a nivel mundial.	Lo que permite este documento es evidenciar los avances de la educación y los nuevos modelos pedagógicos en este caso los resultados de aprendizaje que se están aplicando, en aras de innovar en cuanto a la evaluación y el mejoramiento general del currículo en ciencias.
<b>Locales</b>			

<p>Mesa crítica de resultados de aprendizaje.</p>	<p>(UPN, 2021)</p>	<p>Este escrito tiene como fin presentar los lineamientos que se llevaron a cabo para analizar los resultados de aprendizaje de la Universidad Pedagógica Nacional, el cual tiene como cuerpo de trabajo dos fases, la primera es el trabajo preliminar, que se desglosa en líneas y campo de análisis. Estas tienen por función respectivamente, en primer lugar, reforzar la comprensión e insumos para que la institución en general y las partes académicas asuman una posición frente a la normatividad, de esta manera hay una preocupación que existe de las normas dentro de los procedimientos, condiciones y dinámicas internas de la Universidad y, la segunda fase, es el desarrollo del análisis planteado y este se le conoce como la ruta de trabajo para poner en marcha, el cual cita a la comunidad universitaria (docentes y estudiantes) a ser partícipes de los espacios.</p>	<p>Este documento permite crear un vínculo directo entre los planteamientos que la Universidad quiere implementar con respecto a los resultados de aprendizaje, con este proyecto de investigación, cumpliendo así con los ideales que se tienen para el continuo desarrollo de la educación y por tanto de los docentes en formación de la Universidad Pedagógica Nacional.</p>
<p>Las secuencias de actividades en el desarrollo de competencias científicas investigativas a través del manejo de residuos sólidos orgánicos.</p>	<p>(Ladino &amp; Torres, 2016)</p>	<p>Se habla de la importancia de la adquisición de competencias en los estudiantes, las cuales les permitan encontrar una relación con su contexto real y relevante, esto a partir de las problemáticas ambientales, se realiza una definición de las competencias científicas, las cuales permiten al estudiante razonar y explicar al mundo natural y social a partir de la interpretación basado en su conocimiento científico.</p>	<p>Este documento permite evidenciar que el desarrollo de las competencias investigativas en los estudiantes permite que estos tengan una apropiación de sus conocimientos, transformando así los entornos de aprendizaje, en donde el docente puede realizar distintas actividades que motiven al estudiante a un desarrollo continuo de estas competencias y de su construcción de su formación.</p>
<p>Diseño e implementación de un proyecto de investigación en el aula sobre fitorremediación de Cr (VI) como una estrategia para el desarrollo de competencias científicas investigativas.</p>	<p>(Sánchez &amp; Gómez, 2016)</p>	<p>Se habla de la definición dada por el Departamento de Química de la Universidad Pedagógica Nacional frente a las competencias y el desarrollo de en específico de las investigativas en los estudiantes, docentes en formación, así mismo se pretende que los estudiantes desarrollen un pensamiento crítico, sistemático y reflexivo, fortaleciendo de esta manera habilidades básicas investigativas en pro de un fenómeno, esto a partir de una secuencia didáctica.</p>	<p>El aporte de este documento permite evidenciar un abordaje específico en docentes en formación y su desarrollo de competencias investigativas, en donde no sólo se presenta la definición de estas sino, que también los criterios más importantes que se deben tener en estas; por otro se ratifica la importancia de la investigación en el ámbito de contaminación ambiental y las posibles soluciones que se pueden dar desde la química y que, a su vez propicien el desarrollo de competencias en los estudiantes al abordar estos temas.</p>

Fuente: Elaboración propia

#### 4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La lignina es el segundo polímero más abundante en la superficie terrestre después de la celulosa y conforma la materia orgánica entre un 20 y 30%. Se encuentra en la pared celular de las plantas se encarga de adherir las fibras unas con otras dando soporte y rigidez a los tejidos vegetales, este polímero es un recurso que actualmente tiene un alto uso por su potencial industrial, sin embargo, no es usado comúnmente para la remoción de metales pesados en aguas residuales quizá por la falta de información que se tiene de su composición y estructura química que permiten adsorber los metales pesados de agua residual una vez está despolimerizada. Es evidente que la corrosión en agua potable está ligada a los iones de manganeso los cuales causan daños en la salud, causando impotencia, pérdida del lívido y problemas neurológicos. Este elemento es utilizado en distintos procesos industriales como la fabricación de pinturas, producción de acero, aditivos para la gasolina, entre otros. Sin embargo, parte del manganeso producido provocan que se generen residuos de este en el aire a partir no solo de las industrias, sino también de la minería y humo de automóviles, en el suelo en niveles bajos, y en alimentos, se encuentra en aguas subterráneas y agua potable.

Las competencias investigativas permiten que los estudiantes fortalezcan sus habilidades y capacidades para la indagación, seguimiento de resultados y su posterior análisis, transformando así su entorno de aprendizaje, su pensamiento crítico y argumentativo, es por lo que, se pretende relevar la importancia de la investigación en cuanto a las problemáticas sociales, para que los estudiantes evidencien las posibles soluciones desde la química, aportando al mismo tiempo a su desarrollo de construcción de conocimiento y su competencia frente al actuar de la mejor manera en pro de la sociedad en general. Dicho esto, se relaciona que las competencias investigativas pueden ser evaluadas a partir de los resultados de aprendizaje que los estudiantes tuvieron al llevar un proceso de enseñanza-aprendizaje, estos resultados permiten evidenciar lo que se espera alcanzar por los mismos al finalizar un proceso de formación y así realizar un análisis más certero de las competencias y lo que realmente es, conoce y sabe hacer el estudiante.

Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado se encuentra la necesidad de inhibir la contaminación en aguas residuales por manganeso, de esta forma esta investigación brinda una alternativa para su remoción y que a su vez los estudiantes se apropien de los problemas ambientales y las posibles soluciones que se les puede dar desde la química, para el desarrollo de las competencias investigativas en los estudiantes se llevó a cabo una práctica de laboratorio que permitan realizar una caracterización de compuestos lignocelulósicos, así como un informe de laboratorio con su correspondiente sustentación oral y un trabajo escrito final.

**Pregunta problema:** ¿Cómo se desarrollan y evalúan las competencias investigativas en el espacio académico de Sistemas Orgánicos II (V3) de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional por medio de la identificación de carbohidratos del material lignocelulósico de pulpa de café (Castillo®)?

## 5. OBJETIVOS

### 5.1 Objetivo general

- Desarrollar y evaluar competencias investigativas en 23 estudiantes de la asignatura de Sistemas Orgánicos II (V3) del LQU de la Universidad Pedagógica Nacional, a partir de la identificación de carbohidratos de material lignocelulósico de pulpa de café (Castillo®).

### 5.2 Objetivos específicos

- Extraer y caracterizar la Lignina despolimerizada de la pulpa de café (*Coffea arábica* variedad Castillo®) empleando el método de extracción Klason o soda pulping y métodos instrumentales.
- Determinar el porcentaje de remoción de manganeso en las aguas residuales utilizando la Lignina despolimerizada extraída de la pulpa del café.
- Caracterizar y analizar las competencias investigativas de los estudiantes a partir de la identificación de carbohidratos de material lignocelulósico en una práctica de laboratorio y sustentación de esta, haciendo uso de instrumentos de evaluación.

## 6. MARCO TEÓRICO

### 6.1 Competencias investigativas

El MEN define una competencia como:

“Conjunto de conocimientos, actitudes, disposiciones y habilidades (cognitivas, socio afectivas y comunicativas), relacionadas entre sí para facilitar el desempeño flexible y con sentido de una actividad en contextos relativamente nuevos y retadores. Por lo tanto, la competencia implica conocer, ser y saber hacer.”

Desde el punto de vista de la educación superior las competencias investigativas permiten al estudiante apropiarse de la mejor manera con relación a los conceptos disciplinares, pero que además los apliquen e integren en sus etapas formativas, en su actividad profesional y en su rol como personas (Espinoza, Rivera & Tinoco, 2016). Es de esta manera, que los estudiantes construyen a partir de sus ideas los conocimientos necesarios para enfrentar las diferentes cuestiones que se presenten y que tengan un carácter científico, formándose como aquel que sabe hacer, que hace, participa, se involucra y se apasiona por lo que hace. (Espinoza, Rivera & Tinoco, 2016)

“El desarrollo de competencias investigativas implica saber utilizar el conocimiento en forma adecuada, afianzando habilidades para observar, preguntar, argumentar, sistematizar, a fin de crear o gestionar el conocimiento, sobre la base del interés, la motivación hacia la investigación, el desarrollo de sus capacidades y la realización personal del estudiante.” (Pérez, 2012)

Es teniendo en cuenta ello que, para un buen desarrollo de estas, los estudiantes deberán ser competentes frente a lo que se refiere a las competencias de construcción de conocimiento, habilidad y capacidades que fortalezcan su formación como docente en ciencias y en específico de la química como se evidencia en la Tabla 3.

Tabla 3. Competencias investigativas

Competencia Investigativa		Definición dada por Pérez (2012)	Competencias específicas. Definiciones tomadas y adaptadas de Castillo (2011)
Construcción de conocimiento	Competencia del saber	“Hace referencia al manejo conceptual que los estudiantes tienen sobre el saber específico y su relación dentro del contexto sociocultural en el	<b>Cognitivas:</b> “Estructuración y dominio propio de cada uno de los procesos cognoscitivos e intelectuales que lleva a la construcción de habilidades de pensamiento y a su vez a diversas alternativas investigativas”

		que se encuentran inmersos, esto es de vital importancia para el afianzamiento a tener un pensamiento crítico, autónomo y, por ende, desarrollar un pensamiento científico integral.”	<p><b>Procedimentales:</b> “Realizar, detectar, demostrar y poner en acción las funciones y actividades pertinentes, precisas, eficaces y eficientes para finalizar de la mejor manera la tarea investigativa. Además, es la capacidad del uso de las etapas pertinentes para realizar el proceso investigativo desde el diseño, pasando por la experimentación, comprobación y sistematización.”</p> <p><b>Analíticas:</b> “Dar sentido a los datos tanto cualitativos como cuantitativos para elaborar categorías de significado a partir de la información recolectada durante el trabajo de campo. Las competencias se orientan hacia la comprensión en profundidad, a partir de datos procedentes de escenarios, actores y actividades en contextos educativos donde está inmerso el investigador. A su vez incluye la identificación de los elementos del dominio cultural y la determinación del foco etnográfico de la investigación.”</p> <p><b>Comunicativas:</b> “Dar a conocer los productos investigativos y la capacidad para hacerlos llamativos y útiles a la sociedad del conocimiento. Así mismo, es la capacidad para la redacción de textos y el informe final del trabajo de investigación con las características propias de ésta, ya sea cualitativa o cuantitativa, de tal manera que la redacción tenga orden, coherencia, propiedad y estilo.”</p>
Habilidades	Competencia del saber hacer y saber ser.	“Corresponde a la motivación de los estudiantes por aprender al presentarle problemas reales, en el que encuentre un espacio de confianza y libertad para potenciar el conocimiento; en que se sea capaz de resolver obstáculos, sea curioso y que sea capaz de realizar un reconocimiento de las habilidades y potencialidades con las que cuenta.”	<p><b>Formulación de preguntas:</b> “Habilidad para plantear preguntas tanto en la lógica del descubrimiento (investigación cualitativa) como en la lógica de verificación (investigación cuantitativa) por lo que se hace un énfasis en la secuencia para buscar información mediante diversos instrumentos que existen, como encuestas, entrevistas, cuestionarios, etc.”</p> <p><b>Observacionales:</b> “Capacidad de agudizar la observación para que las percepciones sean selectivas, al registrar y escribir ya se da un proceso de interpretación.”</p> <p><b>Tecnológicas:</b> “Capacidad para seleccionar y manejar técnicas de recolección de datos mediante el uso de software computacional y educativo para el análisis de datos y presentación de resultados.”</p> <p><b>Interpersonales:</b> “Agudeza del investigador para realizar investigación con otros y con lo que la sociedad demanda y necesita. También se refiere a que el individuo es competente para vivir y pensar en sociedad.”</p>
Capacidades			

Fuente: *Elaboración propia*

### 6.1.1 Resultados de aprendizaje

Los resultados de aprendizaje (RA) es un concepto nuevo, el cual se describe como un proceso lineal que empieza por el movimiento de los objetivos, pasando por las teorías de la maestría para terminar en el movimiento actual de la educación basada en los resultados (King y Evans 1991; Spady y Marshall 1991; Brady 1997 como se citó en Prøitz,2010).

Los RA son una herramienta que permite que el proceso de enseñanza-aprendizaje se encuentre centrado en el estudiante, permitiendo que los docentes y directivas docentes orienten y evalúen los procesos de formación garantizando la calidad educativa, esto a partir de los resultados obtenidos de aquello que los estudiantes debieran saber, comprender y aplicar al finalizar un proceso formativo guiado por el docente (UCP,2016), en el cual se evidencia el proceso de diseño, planificación y las metodologías de evaluación, es decir, todo aquello que se quiere realizar en un plan de estudios de la asignatura en la cual se quieren desarrollar los RA.

“European Credit Transfer and Accumulation System (ECTS) define los resultados de aprendizaje como enunciados acerca de lo que se espera que un aprendiente sepa, comprenda y/o sea capaz de demostrar una vez terminado el proceso de aprendizaje. Ante esta definición, vale la pena precisar que más que lo que se espera es lo que el estudiante obtiene (o no) como consecuencia del proceso de aprendizaje.” (Aponte & Calle,2020)

El Ministerio de Educación Nacional (MEN) de la República de Colombia en el Decreto 1330 de 2019 integró los resultados de aprendizaje los cuales son concebidos como las declaraciones expresas de lo que se espera que un estudiante conozca y demuestre en el momento de completar su programa académico, para el fortalecimiento de la autoevaluación (MEN, 2019) y el acuerdo 02 de 2020 actualizó el Modelo de Acreditación en Alta Calidad en el Artículo 31 bajo los mismos parámetros. Dentro de los factores y características a evaluar, la característica No 23 señala que todo programa debe adoptar su currículo teniendo en cuenta los RA y realizar evaluaciones en diferentes momentos del programa para el mejoramiento continuo a lo largo del plan de estudios para determinar el nivel de los RA que alcancen los estudiantes y se hagan los respectivos ajustes a los currículos y a las metodologías de enseñanza-aprendizaje (MEN, 2020).



### **6.1.2 Competencias y resultados de aprendizaje**

Los RA, serán entonces la evidencia de lo que se ha logrado en el proceso de formación por parte del estudiante, permitiendo el análisis de las competencias de lo que es, conoce y sabe hacer en relación con lo planteado por el docente en el syllabus, esto para un buen proceso de formación, de esta manera se logra el complemento al enfoque curricular por competencias al ser la materialización de lo logrado, no la capacidad potencial (competencia), sino, lo que efectivamente el estudiante es, conoce y sabe hacer (Aponte & Calle,2020).

### **6.1.3 Taxonomía de Bloom**

La taxonomía de Bloom (1956) es una clasificación de los objetivos educativos, es decir, aquello que los docentes pretenden que los estudiantes sepan, estos objetivos se encuentran ligados a tres planos de aprendizaje, que en ellos se presenta una jerarquía, partiendo de lo más simple a lo más complejo.

Teniendo en cuenta esto, para describir y redactar los RA es importante tener presente los verbos de acción, en este caso los determinados por la taxonomía de Bloom, ya que estos ayudan a la identificación de los RA que parten de los planos de aprendizaje, el primero-cognitivo-se encuentra relacionado con el proceso del pensamiento, el segundo-subjetivo-se encuentra afín a la emocionalidad del aprendizaje, como lo son los valores y las actitudes que presentan los estudiantes y, por último el psicomotor que refiere a las destrezas de coordinación y manejo de diversas actividades formativas (ANECA, 2013), que en este caso se puede encontrar muy relacionado con las prácticas de laboratorio.

## **6.2 Metales pesados**

Los metales son componentes naturales y hacen parte de un grupo de elementos con características similares como: generalmente son cationes bivalentes, posee alta solubilidad en agua y poseen  $s$  atómicos que se encuentran en un rango de 63,55 a 200,59 g mol<sup>-1</sup>. Los metales participan en ciclos naturales; se encuentran en los alimentos y agua en bajas concentraciones, para las plantas y animales algunos hacen parte de sus funciones químicas y fisiológicas, como: Manganeseo (Mn), Cobre (Cu), Cobalto (Co), Zinc (Zn) mientras que otros son esenciales únicamente para los animales como Níquel (Ni), Estaño (Sn) y Cromo (Cr), sin embargo, pueden ser tóxicos cuando se encuentran en concentraciones superiores

en el ecosistemas y en los organismos, esto sucede por procesos antropogénicos como los industriales, agrícolas, mineros y ganaderos (Ferré et al. 2007).

Se clasifican en esenciales: necesarios en cantidades mínimas en el organismo, y no esenciales: no presentan ninguna función biológica. Los metales son tóxicos y esto se debe a su alta afinidad con los grupos sulfhídricos y amino que se unen con facilidad a los cationes de los metales pesados, de esta forma las enzimas pierden toda su efectividad para controlar las reacciones metabólicas. (Gómez, R. 2003)

### 6.2.1 Manganeseo

Del latín magnes (imán), su nombre deriva de las propiedades magnéticas de los minerales de pirolusita un dióxido de manganeseo. El manganeseo no se puede encontrar de forma pura en la naturaleza sino en combinación con otros elementos como el oxígeno, azufre y cloro (Ramírez, R., & Azcona, M, 2017), es un metal blanco grisáceo, duro, brillante, maleable y frágil, es muy reactivo y es alotrópico.

Es un metal de transición que pocas veces se usa en forma pura, esto se debe a que se puede quebrar fácilmente, por lo que se emplea en aleaciones como el acero; se encuentra en el periodo 4 y grupo VIIB de la tabla periódica, tiene número atómico 25 y masa atómica de 54,938 g/mol, presenta diferentes estados de oxidación, según Arias (2020) entre los minerales que contienen manganeseo, los óxidos, carbonatos y silicatos son las formas más importantes. El manganeseo metálico se oxida superficialmente en aire, forma óxidos en aire húmedo y se quema en aire u oxígeno a elevadas temperaturas (Hernández, 2019). Constituye el 1% de la corteza terrestre y ocupa el lugar 12 entre los elementos presentes en ella.

Se encuentra en muchos yacimientos terrestres, los principales se encuentran en Australia, Suráfrica, China, Gabón y Brasil, en las menas principales se encuentra como dióxido de manganeseo (MnO<sub>2</sub>) o pirolusita, también se encuentra en romanechita, manganita, hausmanita y mena de carbonato rodocrosita (MnCO<sub>3</sub>). (Hernández, 2019). En la Tabla. 4. Se encontrarán datos importantes sobre el manganeseo y su relación con la contaminación, toxicidad y riesgos.

Tabla 4. Riesgos y límites de exposición del manganeseo

<b>Manganeseo</b>	
Contaminación en aguas	WGK 2: sustancia contaminante del agua.
<i>Información toxicológica</i>	
Toxicidad aguda/ Categoría 4*	Cutánea y oral.
Corrosión o irritación/ Categoría 2*	Cutánea y oral.
Toxicidad específica/ Categoría 3*	En determinados órganos por exposición única.
<i>Límites de exposición y ambientales (Villanueva&amp;Requena,2007)</i>	
TLV para polvos	5mg/m <sup>3</sup>
TWA para humos	1mg/m <sup>3</sup>

TWA partículas respirables	0,3mg/m <sup>3</sup>
Aire de regiones contaminadas	0,5 ug/m <sup>3</sup>
Agua de océanos	2 ug/L
Agua Potable	Tolerables hasta 0,1 mg/L
Suelo	500-900 mg/Kg
<i>Frases H</i>	<i>Frases P</i>
H315: Provoca Irritación Cutánea.	P301+P330+P331: En caso de ingestión enjuagar y no provocar vómito.
H319: Provoca irritación ocular grave.	P312: Contactar centro de información toxicológica o médico en caso de malestar
H335: Puede Irritar las vías respiratorias.	P302+P352: En contacto con la piel, lavar con abundante agua y jabón.
H302+H312: Nocivo en caso de ingestión o en contacto con la piel.	P337+P313: Consultar a un médico en caso de persistencia de irritación ocular.
	P304+P340: Si se inhala, dirigirse al exterior y mantener reposo.
	P280: Llevar protección corporal.
	P332+P313: Consultar a un médico por irritación cutánea.

\* Reglamento (CE) N° 1272/2008

Fuente: *Elaboración propia*

### 6.2.1.1 El Manganeso en el medio ambiente y sus efectos en la salud

Entre los usos más destacados del manganeso se encuentra la industria, en donde principalmente se usa para la producción de acero otorgándole mayor dureza, rigidez y fuerza; se usa además en la elaboración de fuegos artificiales fertilizantes, pinturas, cosméticos y aditivos para la gasolina (Ramírez, R., & Azcona, M, 2017)

El manganeso se halla en el aire a partir de las industrias, minería y humo de automóviles, en el suelo en niveles bajos y en alimentos, se encuentra en aguas subterráneas y agua potable. Se relaciona que en los sistemas de distribución de agua potable se encuentre corrosión gracias a iones de Mn que pueden causar graves daños en la salud, sin embargo, no es esta la ruta que considera más contaminada; en el aire las partículas entran al cuerpo a través de los pulmones y se dirigen al cerebro. Este afecta los seres vivos dependiendo de varios factores entre los que se encuentra la dosis, el tiempo de exposición, el tipo de contacto con el metal, la edad, el sexo, el tipo de dieta, entre otros. La inhalación de manganeso que realizan seres humanos y animales puede ocasionar directamente una inflamación, según Allison, W, y colaboradores (2004) después de 5 horas de exposición por inhalación de mezcla de partículas concentradas de metales entre los que se encuentra el Mn se produce estrés oxidativo en los pulmones.

Entre los efectos que se han encontrado al estar expuesto a partículas de manganeso está la pérdida de ánimo, la impotencia, efectos neurológicos significativos y una de las más frecuentes es la neurotoxicidad. Por otro lado, cuando ya se presenta acumulación de manganeso en el organismo los efectos son psiquiátricos, se presentan comportamientos compulsivos violentos, inestabilidad emocional y alucinaciones que a su vez presentan dolor de cabeza, fatiga, pérdida de apetito, insomnio, entre otras afectaciones. Cuando el nivel de manganeso en el organismo es muy alto se presenta una de las afecciones más graves que es la muscular, en donde el músculo se contrae en periodos largos de tiempo por lo que se provoca disminución del movimiento muscular, rigidez, temblores, movimientos semejantes al Parkinson.

### **6.3 Adsorción y biosorción**

La adsorción es un proceso en el que se acumulan las moléculas del soluto en la superficie de un sólido, hay dos tipos de adsorción la física o fisisorción y la química o quimisorción. En la adsorción física la especie adsorbida conserva su composición química, las fuerzas de atracción entre adsorbato y la superficie son muy débiles, y en la adsorción química la especie adsorbida transforma su composición química como consecuencia de la interacción y de la formación de enlaces, las fuerzas intermoleculares son mucho más fuertes.

La adsorción es un tratamiento fisicoquímico para la remoción de metales pesados, además de este se encuentran otros tratamientos como el intercambio iónico, filtración por membrana, osmosis inversa, la precipitación, la electrocoagulación, entre otros, sin embargo, estos métodos tienen un costo alto y pueden lograr la remoción de altos niveles de metales pesados.

Para remover metales pesados se han buscado otras soluciones que sean más económicas y que tengan un alto grado de eficiencia. Se ha usado material biológico como algas, bacterias, hongos, caña, carbón activado, etc., también residuos industriales y agrícolas como por ejemplo el café. Con estos materiales se han realizado numerosas investigaciones y a este proceso se le conoce como biosorción. La biosorción es una adsorción que por medio de biomasa o biomoléculas se capturan los iones metálicos que se encuentran en soluciones acuosas. Así como lo explica Carvajal Flórez & Marulanda Giraldo (2020) el proceso de biosorción consta de una fase sólida (biomasa) y una fase líquida en donde se encuentra el solvente y las sustancias disueltas que se van a adsorber. La biosorción es un método de bajo costo, altamente eficiente y es amigable con el medio ambiente pues se disminuye el uso de químicos.

### **6.3.1 Biosorción de metales pesados**

A medida que ha pasado el tiempo se han venido explorado métodos seguros y económicos para remover metales pesados del agua contaminada, actualmente el interés se centra en materiales de producción de bajo costo y que sean comerciales entre los que se encuentran los de la agroindustria, por ejemplo.

En la eliminación de metales pesados utilizando biomasa se distinguen 4 métodos viables que son: fitorremediación, biopolímeros, hidrogeles y ceniza flotante.

- Fitorremediación: Es un método donde se usan plantas y microbios para reducir la concentración de contaminantes en el ambiente, es de bajo costo, eficiente, respetuoso con el medio ambiente y tiene amplia aplicabilidad.
- Biopolímeros: Son aquellos que se derivan de la industria y que son capaces de reducir las concentraciones iones metálicos en el ambiente, se caracterizan porque en su estructura poseen hidroxilos y aminas que son altamente adsorbentes de iones metálicos.
- Hidrogeles: Se usan en la purificación de aguas de residuales para la adsorción de metales pesados.
- Ceniza flotante: Pasa de ser contaminante a ser una solución para la adsorción de gases de combustión y de metales pesados.

Los siguientes factores afectan el proceso de biosorción (Muñoz, J. 2007):

- El pH de la solución.
- Concentración de metales en solución.
- Aniones o cationes presentes en la solución.
- Velocidad de agitación.
- Temperatura de la solución.

### **6.3.2 Biosorbentes**

Los biosorbentes son materiales provenientes de la flora microbiana, algas, plantas, biomasa residual, productos agroindustriales o algunos biopolímeros, estos deben ser capaces de adsorber directamente el metal de forma iónica de la solución (Tejada Tovar, C., Villabona Ortiz, Á., & Garcés Jaraba, L. 2014)

Existe una gran cantidad de productos agroindustriales por ejemplo la pulpa de café, las cáscaras de frutas, los tallos de uva, entre otros, que se caracterizan por presentar compuestos como la lignina que en su estructura poseen grupos funcionales como los alcoholes, aldehídos, carboxilatos, fenoles, cetonas y éteres que son considerados como intercambiadores iónicos. Estos productos son de bajo costo y de fácil acceso, la mayoría pasan por el proceso agroindustrial y luego se llevan a la basura.

## **6.4 Café**

La Planta de Café conocida como Cafeto es un árbol de la familia de las rubiáceas, originario de Abisinia-Etiopía, sin embargo, por mucho tiempo se creyó que los árabes fueron los primeros en cultivar esta planta. El nombre de esta planta ha evolucionado en la historia según el lugar en dónde se producía, inicialmente en Abisinia y Arabia lo llamaban Bunn, posterior a ello los árabes le dieron el nombre de quhwah, degenerándose en cahve, a partir de ello los turcos lo llamaron cahve el cual le da el origen etimológico que la da a la palabra la Real Academia Española. (Cenicafé, 1958)

Entre finales del S.XVIII e inicios del S. XIX fue introducida la planta de Cafeto a Colombia por la región de Rionegro, para luego ser enviados a Popayán, cuyo cultivo comercial dio inicio en el año de 1808 que luego sería exportado por primera vez a Europa en 1827. “La caficultura colombiana, ha evolucionado ampliamente pasando de las plantaciones envejecidas, de baja densidad y bajo sombrero a explotaciones intensivas especializadas, de alta densidad, a plena exposición solar, aunque con un remanente de caficultura tradicional.” (Arcila et al, 2007)

### **6.4.1 Variedades del Café**

En Colombia se cultivan distintas variedades de Café pertenecen a una sola especie, la Coffea arabica, entre esta especie se encuentran la Típica, Borbón, Maragogipe, Tabi, Caturra y Variedad Castillo®, para el desarrollo de esta investigación se tendrá en cuenta la Variedad Castillo, la cual nace del cruzamiento entre dos padres contrastantes por su resistencia a la roya, la variedad Caturra (susceptible) y el Híbrido de Timor, este último con elevada resistencia a la roya. (Cortina et al, 2012).

## 6.4.2 Taxonomía del Café Árabe

Reino: Vegetal
División: Antofita
Subreino: Angiospermas
Clase: Dicotiledoneas
Subclase: Simpetalas
Orden: Rubiales
Familia: Rubiaceae
Tribu: Cofeales
Genero: Coffea
Seccion: Eucoffea
Subseccion: Erythrocoffea
Especie: Arabica

Ilustración 1. Tomado de Ramiro Martínez, 2010.

## 6.4.3 Morfología de la planta de Café

La planta de Café llamado Cafeto es un arbusto que crece entre dos y seis metros de altura, perenne y de floración a partir del primer año de crecimiento.

**Raíz:** de tipo pivotante con una longitud total entre 50 y 60 centímetros, se extiende lateralmente, produciendo las raíces secundarias a partir de las cuales se originan los llamados pelos absorbentes, estos son bastante importantes ya que permiten que la planta se desarrolle mejor, ya que estos absorben el agua y los nutrientes del suelo.

**Tallo:** leñoso y la longitud varía dependiendo de la variedad del cafeto, produciendo las yemas de la rama, las apicales y las laterales, responsables del crecimiento de la planta.

**Hojas:** se originan en la yema apical, de tipo elíptica o lanceolada, con bordes un poco ondulados mide entre 12 y 24 centímetros de longitud y de 5 a 12 centímetros de ancho, son de color verde claro y oscurecen al paso del desarrollo de la planta.

**Flores:** se forman en las yemas apicales, las cuales forman los nudos de las ramas, por cada nudo se forman entre 24 y 32 botones florales, al abrirse pueden durar aproximadamente 3 días, en la variedad de estudio (Castillo®) esta se autofecunda.

**Fruto:** baya drupácea, con dos embriones que se encuentran separados por una capa mucilaginoso, del endocarpio, delgado, duro y coriáceo, llamado pergamino (Salazar et al., 1994; Huxley, 1969; León y Fournier, 1962 como se citó en Cenicafé, 2007). La pulpa madura tiene una capa externa llamada epidermis, ésta tiende a variar su color dependiendo de la variedad de la planta del cafeto y de la maduración del fruto.

#### 6.4.4 Partes del fruto del Café

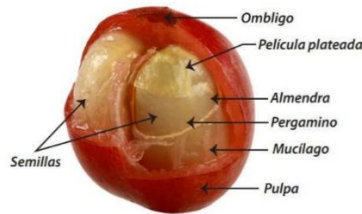


Ilustración 2. Tomado de imágenes Google. <https://cutt.ly/IEkYg04>

#### 6.4.5 Tratamiento del grano de café.

- Método Húmedo

En este paso el fruto del café es despulpado, es decir se separa la pulpa de la cereza del fruto, la cual contiene los dos granos o semillas que están recubiertas por el mucílago, este proceso se hace a través de una despulpadora que funciona de la mano con un riego constante con agua, generalmente de tambor.

En este paso la cereza es fermentada, para ello esta se sumerge en tanques con agua limpia, esto con el fin de descomponer el mucílago que se encuentra recubierto por el pergamino, pues este es soluble en agua y, por ende, se puede eliminar fácilmente por medio del lavado que se debe realizar entre dos y cuatro veces, para eliminar todas estas impurezas.

- Método Seco

En este paso los granos de café son secados, esto con el fin de disminuir la humedad, generalmente se hace al sol de 30 a 40 horas de sol, siempre y cuando el ser de la capa no pase de 4 centímetros y se revuelva siquiera 3 veces al día. (Cuya, 2013), sin embargo, también se puede hacer por medio de secado artificial, que consiste en un secado por medio de hornos de humo y que no requiere de tanto tiempo de secado.

En este paso se trilla el café, es decir retirar el pergamino del grano por medio de la fricción, en este punto el grano ya puede ser tostado y molido para posterior consumo.

#### 6.4.6 Residuos del café

Según Carvajal Flórez & Marulanda Giraldo (2020) los residuos del café son aquellos que se originan en la producción del grano, como por ejemplo los tallos, la pulpa, los granos que no sirve para producción y la borra. La pulpa representa el



44% del fruto seco y el 29% del fruto completo, así mismo es el primer residuo que se obtiene al iniciar el procesamiento del café; lo demás está conformado por el mesocarpio, el mucílago, el endocarpio, la epidermis y el grano verde.

En la pulpa de café se encuentra material lignocelulósico que está constituido principalmente de lignina, celulosa y hemicelulosa que contienen en su estructura fenoles, ácidos carboxílicos y otros grupos funciones que juegan el papel más importante en la remoción de metales pesados. La composición lignocelulósica que se encuentra en la pulpa del café como dato teórico se encuentra referenciada en la ilustración 3.

Material lignocelulósico	Composición de carbohidratos (%peso seco)		
	Celulosa	Hemicelulosa	Lignina
Racimo de frutos vacíos de palma de aceite**	55,5	20	18,2
Cáscara de cebada	34	36	19
Paja de cebada	36 - 43	24 - 33	6,3 - 9,8
Bambú	49 - 50	18 - 20	23
Desechos del banano	13	15	14
Tusa de maíz	32,3 - 45,6	39,8	6,7 - 13,9
Rastrojo de maíz	35,1 - 39,5	20,7 - 24,6	11 - 19,1
Algodón	85 - 95	5,0 - 15	0
Tallo del algodón	31	11	30
<b>Pulpa de café</b>	<b>33,7 - 36,9</b>	<b>44,2 - 47,5</b>	<b>15,6 - 19,1</b>
Pino de Oregón	35 - 48	20 - 22	15 - 21
Eucalipto	45 - 51	11,0 - 18	29
Tallo de madera dura	40 - 55	24 - 40	18 - 25
Paja de arroz	29,2 - 34,7	23 - 25,9	17 - 19
Cáscara de arroz	28,7 - 35,6	11,96 - 29,3	15,4 - 20

*Ilustración 3. Tomada de Menon & Rao (2012). \*\* Moya & Torres (2012) en Gómez (2015)*

## 6.5 Lignina

La palabra lignina deviene del latín lignum, que significa madera, constituye aproximadamente el 30% de la materia orgánica de los vegetales, ubicándose en la pared celular de las plantas, su función es formar una sustancia viscosa que actúa como un pegante natural que se encarga de adherir las fibras unas con otras dando soporte y rigidez a los tejidos vegetales, también permite el flujo de agua hacia la parte superior de la planta gracias a su carácter hidrofóbico (Gómez Rengifo, V., Velásquez Jiménez, J., & Quintana Marín, G. 2013). Según Lagunes, E., & Zavaleta, E. (2016) la lignina es un mecanismo de defensa importante para las plantas, es una barrera que no permite el ingreso de fitopatógenos, limita la difusión de toxinas y constituye además una fuente para la producción de precursores tóxicos y radicales libres.

La lignina es el segundo polímero más abundante en la superficie terrestre después de la celulosa, es un polímero tridimensional del fenilpropano su composición es aproximadamente 62% en C, 32% en O y 6% en H. Se forma mediante la reacción de fotosíntesis (Chávez-Sifontes, et al 2013). Este biopolímero es soluble en medios alcalinos e insoluble en medios ácidos, es un dispersante, adsorbente, aglomerante, emulsionante y estabilizador de líquidos que no se mezclan totalmente uno con otro.

Es un recurso renovable que se está utilizando mucho actualmente por su potencial uso industrial. Según Ramírez Franco, J. H., & Enríquez Enríquez, M. K. (2015) en la industria del papel anualmente se producen 500.000 toneladas de lignina y solo el 2% tiene algún uso.

### 6.5.1 Estructura de la lignina

La estructura de la lignina (véase ilustración 4) no se ha definido de una forma clara como la celulosa, es un polímero con una estructura difícil por sus múltiples unidades estructurales las cuales no se repiten en un orden específico y porque su composición y estructura cambia en relación con el material vegetal y el método de aislamiento.

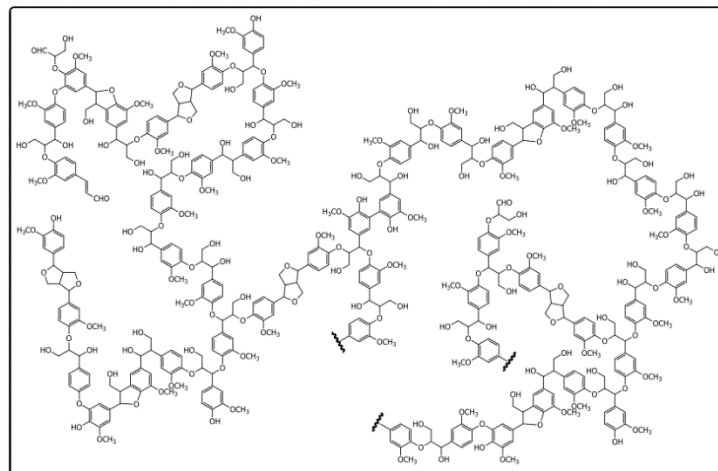


Ilustración 4. Tomada de: (Chaves et al, 2013)

En la estructura de la lignina se puede observar la presencia de diferentes grupos funcionales como hidroxilos fenólicos, grupos metoxilos, grupos carboxílicos, éteres, entre otros; también se puede clasificar según la cantidad de copolímeros que están presentes en la molécula (Gómez Rengifo, V., Velásquez Jiménez, J., & Quintana Marín, G 2013).

El primer modelo de lignina fue desarrollado en 1964 por Freudenberg definiendo que es un heteropolímero que se forma por la condensación enzimática de los alcoholes y que consistía de 18 unidades de fenilpropano de las 100 en estado nativo, luego en 1977 propuso una estructura de la lignina con 16 unidades de fenilpropano a partir de experimentos de degradación oxidativa, sin embargo, la explicación de algunas estructuras no se puede realizar puntualmente (Gómez Rengifo, V., Velásquez Jiménez, J., & Quintana Marín, G. 2013).

Para el estudio de la estructura de la lignina se debe iniciar con análisis de determinación de azúcares y cenizas, determinación de grupos funcionales, análisis por RMN, cromatografía de permeación en gel, la espectroscopía uv-vis y la espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier. La lignina absorbe en la región ultravioleta por su naturaleza aromática. En espectroscopía IR, método ampliamente utilizado para la caracterización cualitativa de la lignina, se encuentran señales entre las longitudes de onda de 4000 a 400  $\text{cm}^{-1}$ , un ejemplo del espectro por esta metodología se evidencia en la ilustración 5, la cuál fue tomada en un espectrofotómetro con pastilla de KBr.

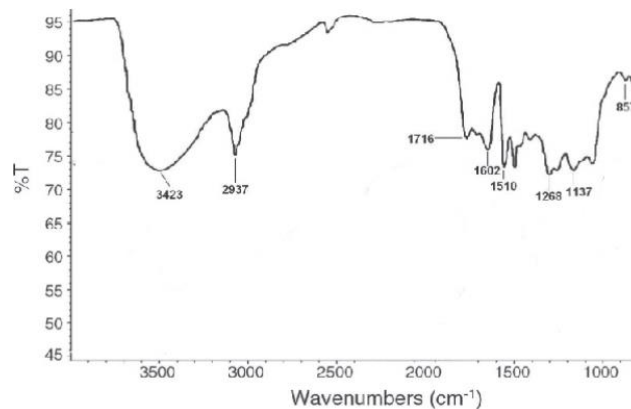


Ilustración 5. Tomado y modificado de Arroyo et al (2008)

### 6.5.2 Métodos de extracción y aislamiento de Lignina

La lignina se extrae a partir de procesos, físico, químicos y/o bioquímicos, dependiendo de ellos cambia la estructura final de la lignina obtenida. En estos procesos de extracción se rompen los enlaces éster y éter, y por lo tanto la lignina obtenida no será del todo pura, ya que esta no conservará la estructura original que tiene la planta.

Existen procesos de extracción (véase ilustraciones 6 y 7) por dos caminos diferentes, aquellos en los que se usa azufre, en estos procesos se encuentran

métodos de extracción como lo son Kraft y de Lignosulfonatos (solubles en agua), en los que se extrae la lignina a partir de la celulosa de la planta, el primero de ellos utiliza una mezcla de hidróxido de sodio (NaOH) y sulfuro de sodio (Na<sub>2</sub>S), mientras que el segundo se basa en una cocción de dióxido de azufre acuoso y una sustancia básica que puede ser de amonio, calcio, magnesio o sodio, en estos dos procesos se realiza una acidificación, la cual permite recuperar la lignina, así mismo los residuos de azufre que se obtienen por el método Kraft normalmente es inferior al 2%, mientras que, por el de Lignosulfonatos se obtiene una cantidad considerable de azufre en forma de grupos sulfonato presentes en las cadenas laterales alifáticas; por otro lado se encuentran los procesos libres de azufre, como lo son el método Organosolv en que se extrae la lignina usando ácido acético y/o fórmico, agua y etanol, y el método Soda en el que se hace uso de una sustancia básica como lo es el hidróxido de sodio (NaOH).

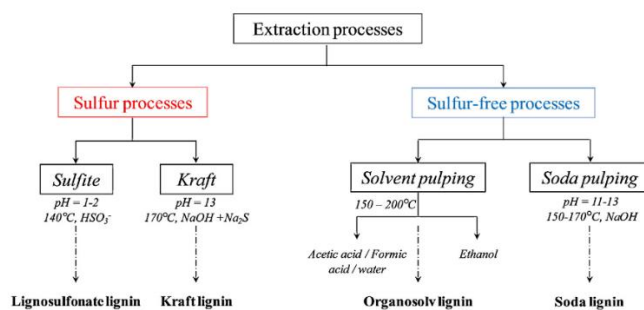


Ilustración 6. Tomado de Avérous & Laurichesse, (2014)

Tipo de Parámetros / Lignina	Lignina Sulfito	Lignina Kraft	Lignina Soda	Lignina Organosolv
Cenizas (%)	4,0 – 8,0	0,5 – 3,0	0,7 – 2,3	1,7
Humedad (%)	5,8	3,0 – 6,0	2,5 – 5,0	7,5
Carbohidratos (%)	–	1,0 – 2,3	1,5 – 3,0	1,0 – 3,0
Soluble en ácido (%)	–	1,0 – 4,9	1,0 – 11	1,9
Nitrógeno (%)	0,02	0,05	0,2 – 1,0	0,0 – 0,3
Azufre (%)	3,5 – 8,0	1,0 – 3,0	0,0	0,0
Masa molecular	1.000 – 50.000 (hasta 150.000)	1.500 – 5.000 (hasta 25.000)	1.000 – 3.000 (hasta 15.000)	500 – 5.000
Método de Separación	Ultrafiltración	Precipitación (cambio de pH) y ultrafiltración	Precipitación (cambio de pH) y ultrafiltración	Extracción con disolventes orgánicos

Ilustración 7. Tomada de Vishtal & Kraslawski, 2011 en Chávez et al, (2013)

### 6.5.3 Despolimerización por hidrólisis alcalina

Entendida como el proceso por medio del cual, se realiza una degradación de polímeros en monómeros aromáticos, la despolimerización de la lignina tiene distintos procesos, que dependen del método de extracción que se esté utilizando; por el método Kraft esta se realiza al romper los enlaces  $\alpha$  y  $\beta$ -aril éter (C-O), primero en las partes fenólicas, para posteriormente hacerlo en las no fenólicas, generando de esta manera fragmentos solubles en medios básicos, sin embargo, lo más común es realizar una despolimerización por hidrólisis.

La despolimerización de lignina por hidrólisis tiene parámetros que influyen dentro de este proceso, como lo es la transformación termoquímica frente a la estabilidad de enlaces tanto intra como intermoleculares, la solubilidad que influye en el rendimiento de la despolimerización y, los cambios morfológicos que la lignina puede sufrir al realizar la hidrólisis.

“Una de las metodologías más utilizadas para la hidrólisis y despolimerización de lignina es el tratamiento en presencia de bases y catalizadores básicos. Como resultado de este proceso de despolimerización catalizada por bases, se obtiene una mezcla compleja de compuestos (variedad de s moleculares), que requiere ser separada de manera eficiente para que el proceso de despolimerización sea mejor aprovechado.” (Chávez et al, 2013)

Existe también, la posibilidad de realizar la despolimerización de la lignina sin la necesidad de usar catalizadores básicos, esto se puede realizar a partir de biomasa lignocelulósica, al realizar primero la extracción y, posterior a ello la despolimerización hidrotermal.

#### **6.6 Remoción de metales pesados en agua residual. Coagulación y floculación**

Es un método muy utilizado en las plantas de tratamiento de agua residual (PTAR) que ayuda a la remoción de material suspendido o particulado en el agua. Consta de dos etapas, la primera etapa el coagulante o compuesto químico a usar en solución absorbe las partículas en suspensión y en la segunda etapa las lleva a la superficie formando flóculos de mayor tamaño los cuales son removidos mediante precipitación o filtración. Para que este proceso se lleve a cabo se debe utilizar un coagulante, además es de vital importancia identificar la dosis a usar del mismo, el tiempo, la concentración del material particulado y el pH, pues estos parámetros influyen en las interacciones físicas y químicas de las sustancias que posibilitan que este proceso ocurra (Franco & Carro, 2014).

#### **6.7 Espectroscopía de absorción atómica (AAS)**

La espectroscopía de absorción atómica es una técnica sensible de análisis cuantitativo que es capaz de detectar y determinar la mayoría de los elementos de la tabla periódica ya sea por absorción atómica de llama, de horno de grafito o de generador de hidruros. Sus aplicaciones son muy amplias en la industria alimenticia, farmacéutica, ambiental, fertilizantes, entre otros (Esquivel & Perez, 2018).

Según Clavijo Diaz (2020) tiene como fundamento la absorción de radiación de una longitud de onda determinada, que es absorbida selectivamente por átomos que tengan niveles energéticos cuya diferencia en energía corresponda en valor a la energía de los fotones incidentes.

Su funcionamiento se da inicialmente por un haz que emite la fuente atravesando el sistema de atomización que contiene la muestra, ésta llega al monocromador que elimina la radiación que no se necesita, luego esta pasa al revelador o detector de la radiación absorbida, que se procesa y amplifica para dar el resultado final (Gallegos et al. 2012).

### **6.8 Espectroscopía Infrarroja por transformada de Fourier**

Según Piqué y Vásquez (2012) el espectro infrarrojo es el método por el cual se estudia la absorción o emisión de energía originada de la interacción entre la radiación electromagnética y el material a estudiar. Este se basa en la posibilidad de rotar de las moléculas y la vibración que emiten en distintas frecuencias, entonces podemos decir que las moléculas absorben la energía de los fotones en el rango energético del IR. Existe un comportamiento característico para un enlace y el tipo de átomo, el entorno químico y la concentración de enlaces determinada, con ello podemos decir que el espectro infrarrojo muestra bandas asociadas a por lo menos todos los compuestos moleculares. Se sustenta con ello que el espectro en si denota la huella dactilar del compuesto, cada compuesto tendrá un comportamiento específico frente a un haz infrarrojo.

La espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier estudia la radiación absorbida por las moléculas. Esta radiación es la causante de los espectros infrarrojos característicos de cada material que reflejan las vibraciones moleculares y se muestran en forma de picos en el espectro. Técnica básica FTIR las muestras se analizan según su naturaleza empleando discos transparentes, pastillas o porta muestras de sal (normalmente de NaCl o KBr).

### **6.9 Identificación de carbohidratos y fenoles**

La identificación de carbohidratos y fenoles se hace fundamental para caracterizar biomoléculas presentes en diversas soluciones o muestras problema, en este caso se encuentra relacionado en cuanto al abordaje del material lignocelulósico presente en la pulpa de café Castillo®, pues las biomoléculas que se encuentran en él, son la celulosa, hemicelulosa y lignina (extraída de dicho material orgánico), que al realizar tratamientos de extracción se pueden encontrar en su estructura monómeros (carbohidratos) y monolignoles (fenoles).

- Prueba de Molish

Esta prueba se realiza para la identificación de cualquier tipo de carbohidrato, la cual se basa en la acción del ácido sulfúrico concentrado como hidrolizante en los enlaces glucosídicos y deshidratante en los monosacáridos sobre dichos compuestos, para luego formar furfural o hidroximetilfurfural. Estos furfurales se condensan con el alfa-naftol del reactivo de molish y originan un producto de color violeta. (Huertas, 2016)

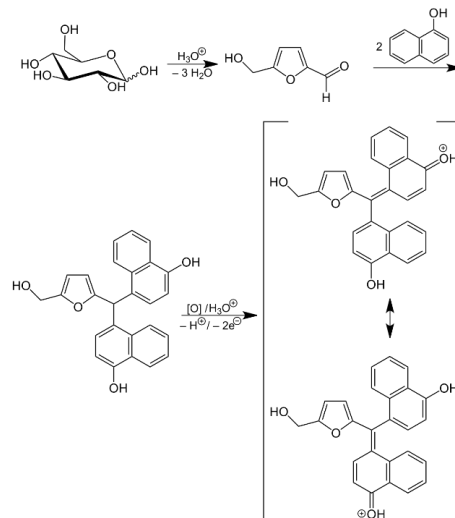


Ilustración 8. Reacción de Molish. Tomado de <https://cutt.ly/GZQMWqQ>

- Prueba de Benedict

Esta prueba se realiza para la identificación de azúcares reductores, en la cual el ion cúprico se reduce por efecto de un grupo aldehído proveniente del azúcar reductor para producir  $\text{Cu}^+$ , el cual se puede observar por un precipitado color rojo ladrillo que hace referencia al óxido ferroso formado. (Huertas, 2016)

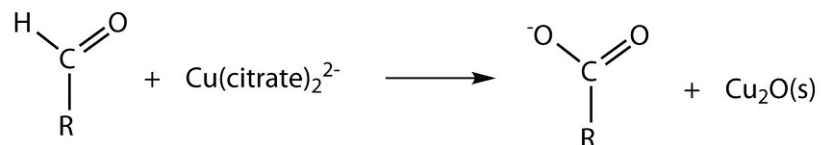


Ilustración 9. Reacción de Benedict. Tomado de <https://cutt.ly/EZQM7Pz>

- Prueba de Fehling

Al igual que la prueba de benedict, esta prueba se utiliza para la identificación de azúcares reductores, la cual tiene un efecto reductor sobre un aldehído el oxidándolo a ácido carboxílico, y que al mismo tiempo el sulfato de cobre se reduce a óxido cuproso, formando de esta manera un precipitado de color rojo o naranja. (Huertas, 2016)



Ilustración 10. Reacción de Fehling. Tomado de <https://cutt.ly/IZQ0RY3>

- Prueba de Bial

Es una prueba realizada para la identificación de pentosas y hexosas ya que éstas pueden descomponerse y formar furfural, esto sucede en presencia del ion férrico y el 5-metil resorcinol, pues el furfural se condensa y forma un complejo de color verde u oscuro. (Barboza et al, S.f)

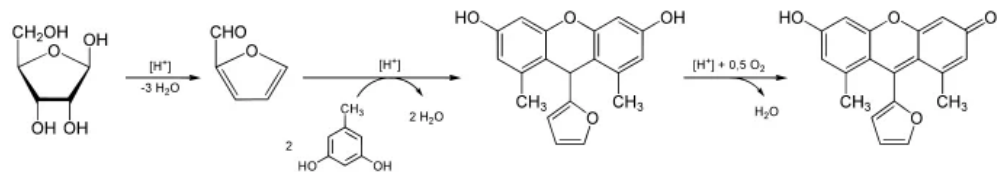


Ilustración 11. Reacción de Bial. Tomado de <https://cutt.ly/MZQ2wb9>

- Prueba de Cloruro férrico

Esta prueba es utilizada comúnmente para la identificación de fenoles, ya que el cloruro de hierro es un catalizador que permite la alquilación del benceno presente en los fenoles, el cual forma un complejo coloreado vino u oscuro que permite evidenciar la presencia de compuestos fenólicos en una muestra. (Coy et al, 2014)

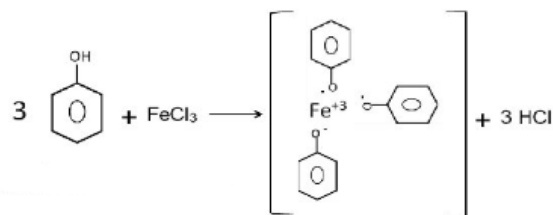


Ilustración 12. Prueba de Cloruro férrico. Tomado de <https://cutt.ly/sZQ3zTz>

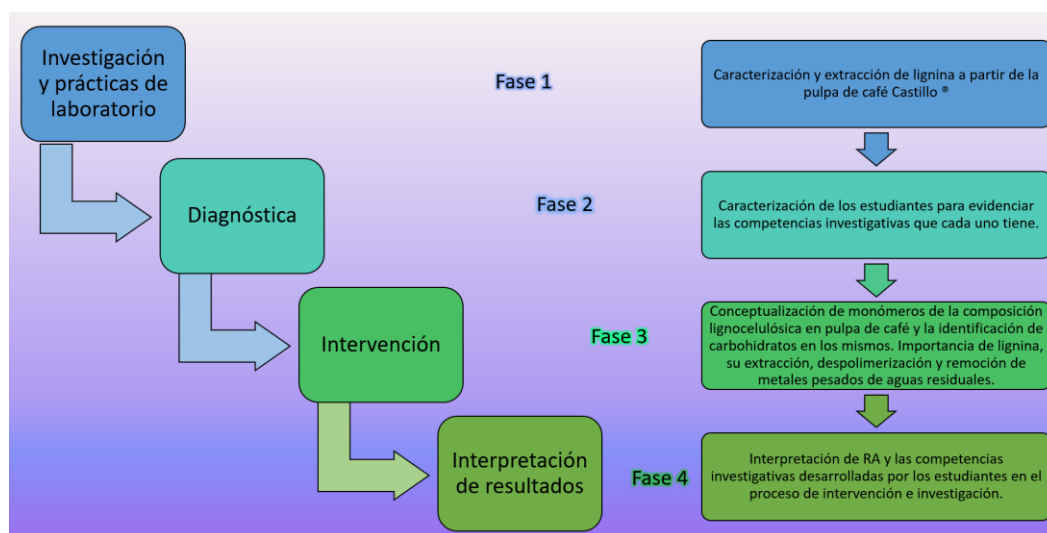


## 7 METODOLOGÍA

La investigación educativa presenta ciertas características que se han de tener en cuenta al momento del desarrollo de una investigación, Arnal 1992 habla de los fenómenos educativos como un grupo complejo, pues estos se encuentran dimensionados por aspectos morales y éticos. Para esta investigación se toma como referencia a este autor para la definición general de la investigación a realizar; este proyecto es de carácter mixto entre lo cuantitativo y lo cualitativo, cuantitativo en relación con los resultados experimentales y cualitativo en cuanto al desarrollo de competencias evidenciado a través de los resultados de aprendizaje, así mismo parte de un paradigma interpretativo o cualitativo ya que se pretende comprender el cómo los estudiantes interpretan las distintas situaciones que se presentan, qué significa para ellos y qué se puede realizar a partir de estas, realizando así una interpretación de los sucesos en el proceso de enseñanza de un concepto (material lignocelulósico), en dónde a partir de la experimentación pudo desarrollar habilidades que ayuden a su desarrollo en relación con las competencias investigativas y, por ende se evidenciaron los resultados de aprendizaje.

Se tiene como finalidad que los estudiantes den una resolución a los problemas prácticos, con propósito de mejorar su calidad educativa, su conocimiento teórico y por tanto sus competencias como docentes en formación en el área de la química, es de esta manera que se realizó un seguimiento en los estudiantes de la Licenciatura en Química de la UPN, ya que se caracterizó y evaluó el nivel investigativo, en cuanto a competencias, en distintos momentos del proyecto (fases) los cuales se pueden evidenciar en el diagrama 1. Por otro lado, la importancia de la experimentación en laboratorio cobra un papel importante, pues es a partir de ello que los estudiantes tuvieron un contacto directo con el concepto enseñado y el proceso práctico que este conlleva.

Diagrama 1. Fases metodológicas- Fuente: Elaboración propia



## **7.1 Fase 1. Investigación y prácticas de laboratorio**

Se realizaron 26 sesiones de prácticas de laboratorio por parte de las autoras, dentro de las cuales se hizo el proceso de recolección, preparación de muestras libres de extraíbles, humedad, procesos de extracción de lignina por método por método Klason o soda pulping de pulpa de café Castillo® y despolimerización y caracterización de esta; además de la remoción de manganeso de agua residuales sintéticas por biosorción. Cabe resaltar que, esta fase metodológica se basó en la investigación para la extracción de lignina, punto del cual se partió para la intervención realizada con los estudiantes en las fases posteriores.

Con esta fase se dio cumplimiento a lo que se plantea en los objetivos específicos uno y dos en relación con la extracción, caracterización de lignina y grupos fenólicos y la remoción de manganeso de aguas residuales sintéticas.

### **7.1.1. Obtención de Lignina en pulpa de café**

#### **7.1.1.1. Recolección de la materia prima**

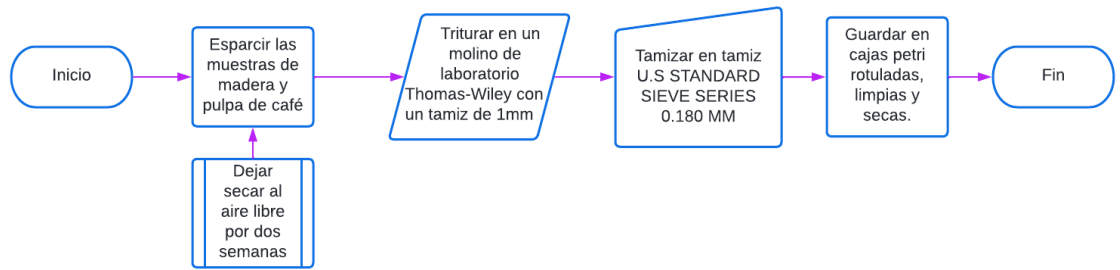
Las muestras de madera se recolectaron de una carpintería local de la ciudad de Bogotá D.C y, la muestra de pulpa de café Castillo® fue recolectada en el municipio de Guayabal de Siquima, Cundinamarca, para lo cual se certifica la procedencia y variedad utilizada. (véase anexo 6) por recibir el 16 de agosto, por direccionamiento de comité de cafeteros del mismo municipio.

#### **7.1.1.2 Preparación de las muestras**

- **Madera y pulpa de café**

Las muestras tomadas de madera y café estaban en presentación de aserrín y pulpa seca de café Castillo® respectivamente, dicho tratamiento se realizó según el diagrama 2 y se puede evidenciar en la fotografía 1.

Diagrama 2. preparación de las muestras.

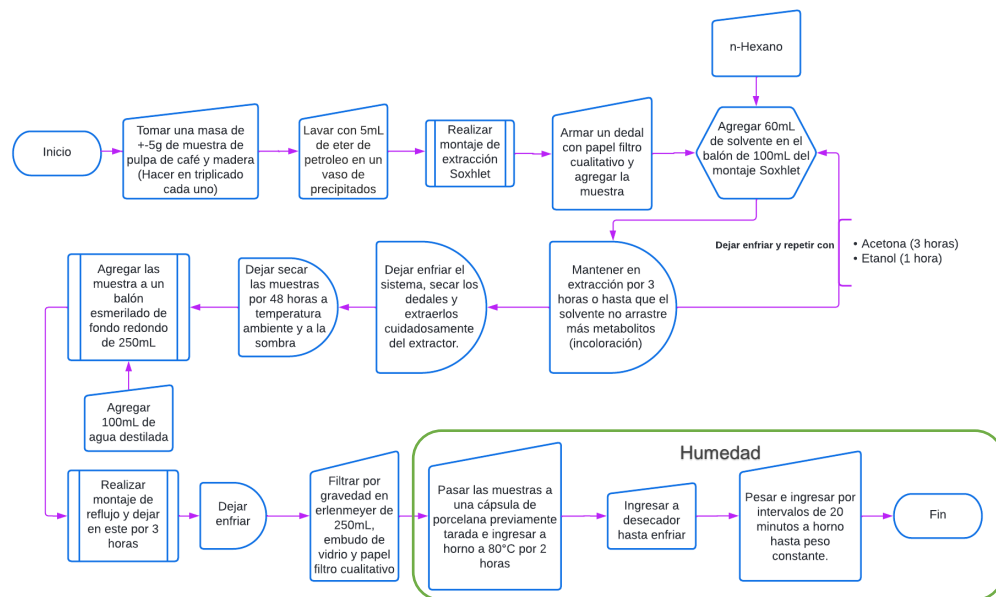


Fuente: elaboración propia

### 7.1.1.3 Pretratamiento de las muestras libres de extraíbles en solventes orgánicos y agua caliente y determinación de humedad según normas TAPPI

Para preparar la pulpa del café y la madera y que se encuentre libre de sustancias solubles en solventes neutros se realizó y adaptó el procedimiento con base en las normas ASTM (American Society for Testing and Materials). Es importante conocer el grado de humedad de los materiales orgánicos que son lignocelulósicos porque al ser higroscópicos la humedad tiende a variar según la naturaleza del material y las condiciones ambientales.

Diagrama 3. Pretratamiento de muestras.



Fuente: elaboración propia

Para la determinación de muestra húmeda humedad de las muestras se hizo uso de la siguiente ecuación:

$$\%_{humedad} = \frac{muestra - muestra\ seca}{muestra} * 100 \text{ (Eq 1)}$$

La muestra seca se obtiene de:

$$ms = (masa\ de\ la\ capsula + muestra\ despues\ de\ secado) - (masa\ de\ la\ capsula\ tarada)$$

Para la determinación del porcentaje de extracción total de metabolitos de las muestras se hizo uso de la siguiente ecuación:

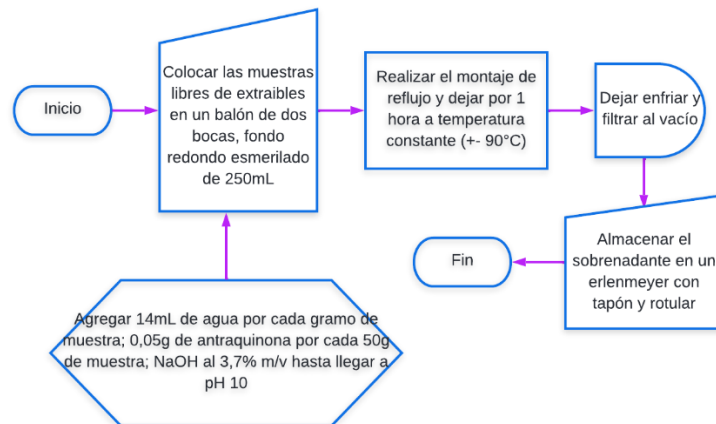
$$\%_{extracción} = \frac{muestra_{inicial} - muestra_{final}}{muestra_{inicial}} * 100 \text{ (Eq 2)}$$

La muestra final se obtiene de la misma manera que la muestra seca para humedad.

#### 7.1.1.4 Extracción de Lignina por el método Klason correspondiente a las Normas TAPPI en madera y pulpa de café

Este diseño experimental se desarrolló y adaptó con base en los estándares de la Asociación Técnica de la Industria de la Pulpa y el Papel (TAPPI), las normas específicas utilizadas en este proceso de investigación son la TAPPI T-257 cm-02 para la preparación de la pulpa del café.

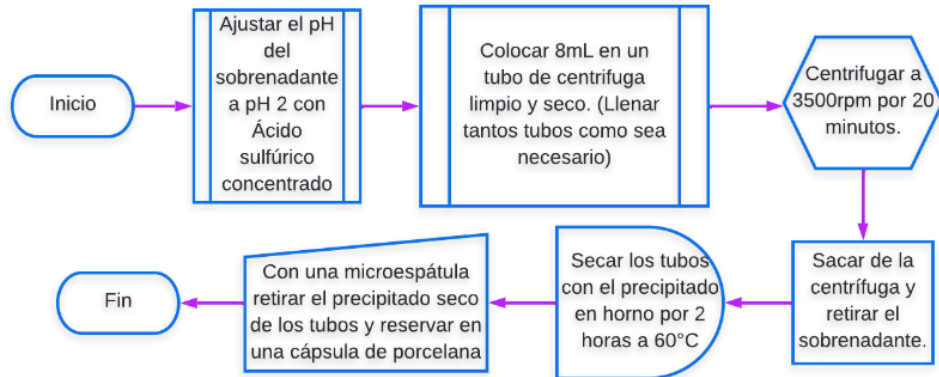
Diagrama 4. Extracción de lignina.



Fuente: elaboración propia

### 7.1.1.5 Separación y purificación de lignina

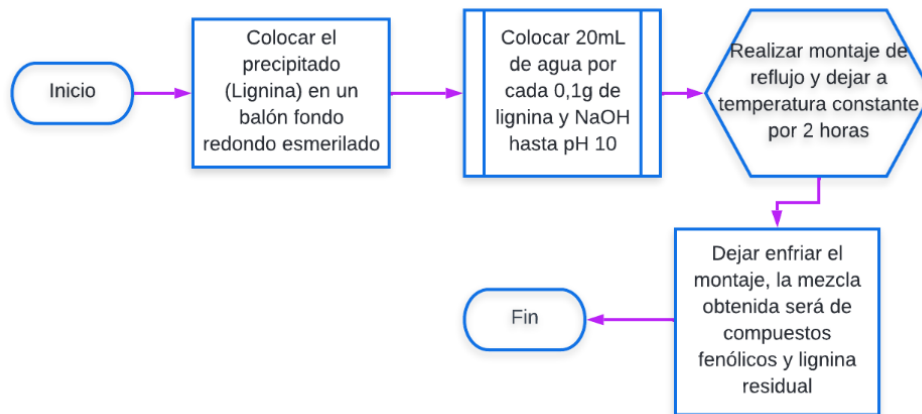
Diagrama 5. separación de lignina.



Fuente: elaboración propia.

### 7.1.1.6 Despolimerización por hidrólisis alcalina

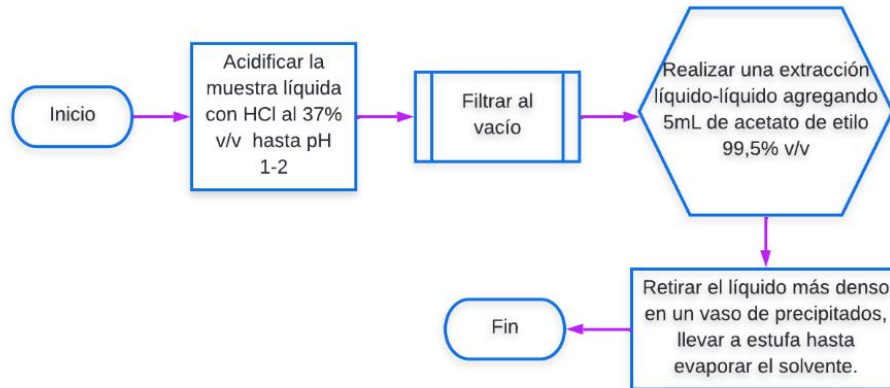
Diagrama 6. despolimerización alcalina.



Fuente: elaboración propia.

### 7.1.1.7 Separación de compuestos fenólicos y lignina residual

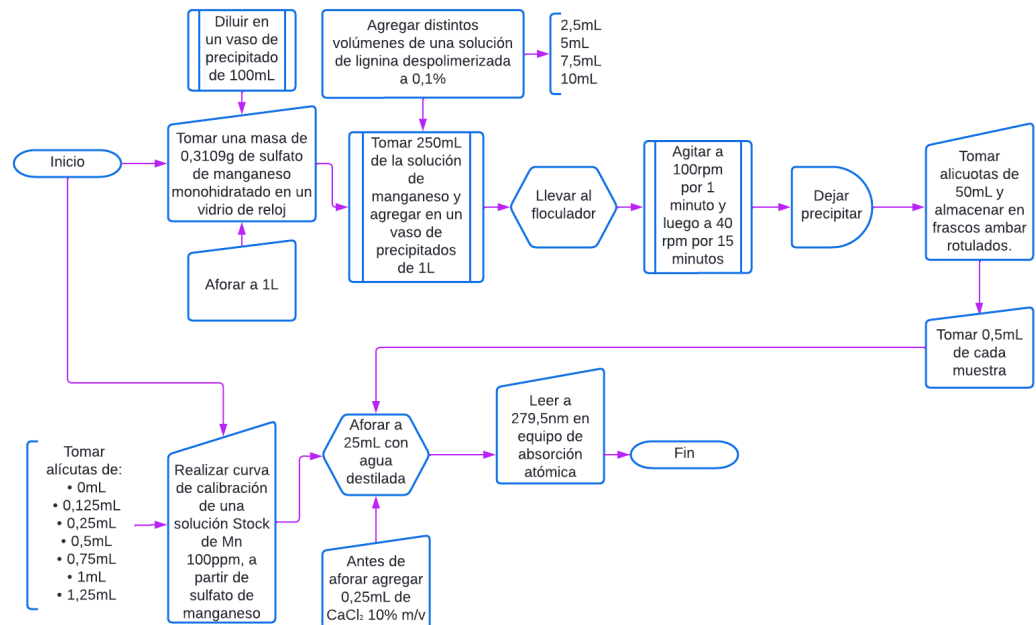
Diagrama 7. separación de compuestos fenólicos y lignina.



Fuente: elaboración propia.

### 7.1.1.8 Remoción de manganeso de agua residual sintética.

Diagrama 8. Remoción de manganeso en agua residual.



Fuente: elaboración propia.

Al realizar la lectura por AAS se debe tener en cuenta la curva de calibración para la cual se han de preparar seis (6) patrones y un blanco a partir de una solución Stock de 100 ppm estandarizada y que, además, dichos patrones deben contener el interferente de cloruro de calcio ( $\text{CaCl}_2$ ) al 10% para evitar que el equipo haga lectura de otros metales que pueden absorben a la misma longitud. Así es como posterior a realizar la lectura de las soluciones para la curva de calibración se procedió al análisis de las muestras problema y, luego con la ecuación de la recta obtenida se halló el valor de la concentración de cada una de estas y se continua con el porcentaje de remoción de los floculantes utilizados (véase eq 3).

$$\%_{remoción} = \frac{Concentración_{inicial} - Concentración_{final}}{Concentración_{inicial}} * 100 \text{ (Eq 3)}$$

## 7.2 Fase 2. Diagnóstica

Instrumento cuestionario (véase anexo1), el cual fue validado por expertos y profesionales en el tema, este permitió evidenciar las competencias investigativas que los estudiantes poseían, esto a través de un formato “Forms” desarrollado en la plataforma de Microsoft, para posteriormente realizar una comparación con los resultados de aprendizaje que evalúan estas mismas competencias al finalizar el proceso. Con esta fase se pretende desarrollar el tercer objetivo específico dado a la caracterización inicial de las competencias y al planteamiento de los resultados de aprendizaje. Estos últimos fueron redactados de acuerdo con las categorías de análisis del anexo 1 y que dio cuenta del desarrollo de las competencias investigativas en los estudiantes (véase anexo 2).

## 7.3 Fase 3. Intervención

Conceptualización de la Lignina, su importancia en la naturaleza y pulpa de café, estructura, propiedades, extracción y remoción de metales pesados en aguas residuales, es de esta manera como se abre el camino para el desarrollo del tercer objetivo específico que se encuentra encaminado a los resultados experimentales y pedagógicos que los estudiantes pudieron desarrollar en el transcurso de la intervención en relación con las competencias relacionadas a la construcción del conocimiento. Así mismo se aplicaron instrumentos didácticos a partir de los cuales, los estudiantes pudieron desarrollar las competencias de habilidades y capacidades investigativas, dentro de estos instrumentos se encontraba la guía de laboratorio, la cual permitió realizar su respectiva práctica, en donde se hizo la caracterización de grupos funcionales del material lignocelulósico de la pulpa de café Castillo® (véase anexo 3), así como también la guía para realizar un informe de laboratorio tipo

artículo científico, que posteriormente fue evaluado a partir de rúbricas de evaluación, tanto para el escrito como para la sustentación realizada del mismo.

Para llevar a cabo esta fase se partió de dos rúbricas de evaluación que permitieron el buen desarrollo del proceso de enseñanza y aprendizaje, y que se encaminaban a la evaluación continua de las competencias investigativas (cognitivas, formulación de preguntas, observacionales, procedimentales, analíticas, comunicativas, tecnológicas e interpersonales), por lo que, los niveles de ejecución se encuentran redactados en consonancia con los niveles de dominio de cada una de las competencias, la primera rúbrica de evaluación es de informe de laboratorio (véase anexo 4) y la segunda de sustentación oral (véase anexo 5) para que así se pueda dar posterior análisis al desarrollo de las competencias investigativas de los estudiantes.

#### **7.4 Fase 4. Interpretación de resultados**

Fase en la cual se realizó un análisis de los resultados obtenidos en el proceso de aplicación del proyecto y las respectivas conclusiones. Con esta última fase se dio el cumplimiento al desarrollo y logro de los objetivos, así como también respuesta a la pregunta problema planteada.



## 8 CRONOGRAMA

Tabla 5. Cronograma de investigación

Fase	Actividad	Descripción	Duración (días y/o semanas)
1	Toma de muestras de pulpa de café Castillo® y puesta a secar.	Se toma la muestra de pulpa de café en el municipio de Guayabal de Siquima y se procede al proceso de sequedad a temperatura ambiente.	3 semanas
	Molienda y tamizaje de pulpa de café	Se realiza molienda a 1mm y se lleva por medio de tamizaje a 0.18mm de diámetro de partícula.	1 día
	Pretratamiento de las muestras libres de extraíbles en solventes	Lavado de muestras con tres diferentes solventes orgánicos de menor a mayor polaridad (n-hexano, cetona y etanol)	2 semanas
	Determinación de humedad	Secado en estufa por 2 horas y luego intervalos de 20 minutos a 80°C	1 día
	Extracción de lignina por método Klason o Soda pulping	Extracción de lignina correspondiente a la metodología de la Asociación Técnica de la Industria de la Pulpa y el Papel (TAPPI)	2 semanas
	Separación y purificación de lignina	Corrección a pH ácido y precipitación de lignina por centrifugación a 3500rpm.	1 semana
	Despolimerización por hidrólisis alcalina	Proceso de despolimerización por hidrólisis con NaOH hasta pH 10 sometido a proceso de reflujo	1 semana
	Separación de compuestos fenólicos y lignina residual	Extracción líquido-líquido con acetato de etilo y filtración para la separación de compuestos fenólicos de lignina residual.	1 semana
	Remoción de manganeso de agua residual sintética	Proceso de floculación y de lectura por AAS de manganeso.	2 semanas
2	Construcción y validación de instrumento diagnóstico	Redacción de instrumento para la evaluación de competencias que fue tomado y adaptado de Castillo Vallejo, S. (2011)	1 semana
		Validación de instrumento por expertos y profesionales	
	Aplicación de instrumento diagnóstico para la evaluación de competencias investigativas	Intervención y envío de formato "Forms" para la evaluación de competencias investigativas en estudiantes de la asignatura de Sistemas Orgánicos II (V3)	1 semana
3	Presentación y contextualización de la temática a abordar	Intervención de dos sesiones de 45 minutos en la clase de Sistemas Orgánicos II (V3) con el fin de contextualizar a los estudiantes frente a la temática de material lignocelulósico, importancia, monómeros y caracterización de los mismos; café, extracción de lignina de pulpa de café y remoción de manganeso de aguas residuales.	2 semanas
	Trabajo práctico de laboratorio	Caracterización a partir de los grupos funcionales, el material lignocelulósico que se puede encontrar en la pulpa de café (Castillo®).	2 semanas

	Entrega de informe de laboratorio	Informe de laboratorio tipo artículo científico con resumen, introducción, materiales, reactivos y equipos, metodología tipo diagrama de flujo, resultados con muestras fotográficas, análisis, conclusiones y bibliografía.	1 semana
	Sustentación de resultados y análisis de trabajo práctico de laboratorio	Dos sesiones de 2 horas cada uno, en donde cada grupo de laboratorio sustentó los resultados y análisis observados en la práctica de laboratorio.	1 semana
4	Análisis de resultados	Análisis de los productos obtenidos por los estudiantes, uso de rúbricas de evaluación a partir de las competencias investigativas evaluadas e instrumento final de evaluación de competencias investigativas a partir de resultados de aprendizaje. Análisis de resultados obtenidos en la fase 1 de la investigación	5 semanas

*Fuente: elaboración propia.*

## 9 RESULTADOS Y ANÁLISIS

A continuación, se desarrolla la fase 4 que comprende el análisis de los resultados obtenidos, se da inicio con la fase 1 que corresponde a los resultados experimentales obtenidos en la extracción de lignina de la pulpa del café, su caracterización, despolimerización, remoción de manganeso en agua residual sintética con lignina despolimerizada y espectroscopía de absorción atómica, que permite estructurar la situación problema que se abordó en la fase 3. Posteriormente se desarrolla la fase 2 que corresponde a los resultados obtenidos en la implementación del instrumento diagnóstico que permitió identificar las competencias investigativas de 23 estudiantes de Sistemas Orgánicos II (V3) del programa de Licenciatura en Química de la UPN y la fase 3 que correspondió a las intervenciones, práctica de laboratorio y socialización de resultados.

### 9.1 Fase 1

- **Pretratamiento de las muestras libres de extraíbles en solventes orgánicos, en agua caliente y determinación de humedad**

Fotografía 1. Tratamiento de muestras



Fuente: elaboración propia.

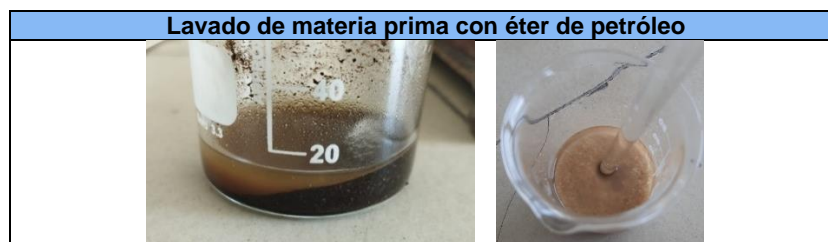
Este es un método estandarizado bajo las normas ASTM específicamente la norma ASTM D1105-96 "Preparación de madera libre de extractivos", se realizó con el fin de extraer de la madera aquellas sustancias que son solubles en solventes neutros y que no hacen parte de la composición química de la madera; entre las sustancias que forman parte de los extractivos se encuentran las ceras, grasas y algunas resinas. Además, se realiza la extracción de sustancias como almidones, colorantes, taninos y azúcares realizando este proceso con agua caliente.

Inicialmente para la preparación de las muestras de pulpa de café y madera libre de extraíbles se realiza un lavado directo con éter de petróleo. El éter de petróleo es un solvente orgánico apolar que ayuda a disolver parcialmente metabolitos secundarios de baja polaridad como las grasas y aceites.

La madera se utilizó como muestra patrón pues los procesos estandarizados por las normas TAPPI y la ASTM son realizados con la extracción de los compuestos lignocelulósicos de distintos tipos de madera, es por lo que, se decidió tomar una muestra de esta y verificar que los resultados obtenidos fueran verídicos.

La fotografía 2 representa el lavado directo de 5 g de pulpa de café y 5 g de madera con 5 mL de éter de petróleo respectivamente, este proceso se realizó en todas las muestras pesadas (véase tabla 6) antes de ser ingresadas a los dedales Soxhlet. Después de este lavado las muestras se filtraron al vacío y se llevaron a los dedales.

Fotografía 2. Lavado de muestras con éter de petróleo



Fuente: elaboración propia.

Tabla 6. Masas de muestras

Éter de petróleo (mL)	ID	Muestra de café (g)	ID	Muestra de madera (g)
5	MC1	5.00	MM1	5.09
	MC2	5.01	MM2	5.03
	MC3	5.00	MM3	5.03

mL: mililitros; ID: identificación; g: gramos; MC/M: muestra de café/madera; MC/MT: muestra de café/madera total

Fuente: elaboración propia.

Según la norma ASTM es necesario realizar la extracción de estas sustancias solubles por lo menos con 3 solventes orgánicos para garantizar un buen resultado en lo que se desea realizar. La extracción de estos metabolitos secundarios para la pulpa de café y la madera fue realizada con 3 solventes referenciados según lo descrito por Castañeda & Morales (s.f): n-Hexano para los metabolitos secundarios de baja polaridad, acetona para los metabolitos de mediana polaridad y etanol para

los metabolitos de alta polaridad (véase fotografía 3). Cada proceso de extracción se realizó durante 3 h, 3 h y 1 h respectivamente, el tiempo varía y es menor para el etanol ya que al hacer el lavado a las muestras este se presentó incoloro durante dicho tiempo, así como lo establece la norma, lo que quiere decir que ya ha arrastrado todos los metabolitos secundarios.

Una vez realizada la extracción se filtraron las muestras y se dejaron secar al aire libre. Acto seguido se realizó el lavado de las muestras con agua destilada durante 3 horas, se filtró y se dejó secar al aire libre, luego se procedió a realizar la metodología para la determinación de porcentaje de humedad y extracción de metabolitos secundarios para cada muestra, estos según la “Eq 1” y “Eq 2”, por lo cual se tiene en cuenta los datos consignados en la tabla 7.

A continuación, se expone la obtención de los porcentajes de humedad y extracción para la MC1, posterior a ello en la tabla 7 se señalarán los datos para todas las muestras.

$$\%_{humedad} = \frac{4.57g - 4.04g}{4.57g} * 100 = 11.59\%$$

$$\%_{extracción} = \frac{5.00g - 4.04g}{5.00g} * 100 = 19.23\%$$

El lavado con estos solventes orgánicos permitió realizar una limpieza y extracción de metabolitos en las muestras para su posterior tratamiento, de esta manera se evidenció que en promedio se obtuvo un porcentaje de extracción total del 21.31%; por otro lado la humedad que estas muestras presentaron en promedio es de 12.56%, (dichos porcentajes se sacaron del promedio de los porcentajes obtenidos) es decir que aproximadamente el 87% es muestra seca útil, esto se debe a la humedad ambiental y factores naturales que esta puede absorber, pues según Mendoza (2016) “la celulosa y la hemicelulosa son las responsables de absorber el agua en los materiales lignocelulósicos”, así mismo la extracción de la humedad y el tener una muestra seca permite que la extracción de la lignina sea más eficiente.

Fotografía 3. Extracción de metabolitos y determinación de humedad

Extracción Soxhlet		
		
		
Secado al aire libre	Reflujo con agua caliente	Filtrado
		
Determinación de humedad		
		

Fuente: elaboración propia.

Tabla 7. masas de muestras en el tratamiento y porcentaje de humedad y extracción de metabolitos secundarios

ID	Masa de la muestra inicial (g)	Masa cápsula	Masa de muestra después de extracción (g)	Masa de cápsula más muestra seca o final (g)	Muestra seca o final (g)	% de humedad	% de extracción total de metabolitos secundarios
MC1	5.00	50.14	4.57	54.18	4.04	11.59	19.23
MC2	5.01	28.71	4.28	32.45	3.74	12.71	25.33
MC3	5.00	34.71	4.55	38.73	4.02	11.50	19.60
MM1	5.09	53.17	4.66	57.22	4.05	13.02	20.40
MM2	5.03	48.02	4.60	51.76	3.75	18.49	25.50
MM3	5.03	49.14	4.50	53.28	4.14	8.07	17.79

ID: identificación; g: gramos; MC/M: muestra de café/madera

Fuente: elaboración propia.

- **Extracción de Lignina por el método Klason en madera y pulpa de café**

La lignina es el residuo insoluble que queda al hidrolizar los carbohidratos por medio del trato con ácidos fuertes. Por ello se trabajó madera y pulpa de café libre de extraíbles, ya que algunos extraíbles pueden permanecer insolubles al ataque ácido. Los tratamientos preliminares para eliminar extraíbles que aún permanecen son ataque con alcohol o con agua caliente para remover materiales solubles en agua.



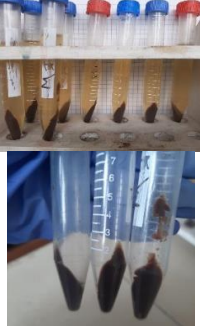



Fuente: elaboración propia.

Sabatier et al (1993) hablan que la extracción de lignina requiere la eliminación de polisacáridos, la cual se realiza con una remoción alcalina, en este caso se hizo uso de la metodología Klason o soda pulping, que se basa en la reacción química de material lignocelulósico con soda (hidróxido de sodio) y antraquinona ya que tiene la capacidad de aceleración de fraccionamiento, funciona como catalizador y aditivo para reducir la degradación de los carbohidratos presentes en la muestra a la que se le hace la extracción, “la extracción de lignina se basa en la ruptura hidrolítica de la lignina nativa, pero da como resultado de forma relativa una lignina no modificada químicamente en comparación con los otros tipos de lignina (Laurichesse & Avérous, 2014)” en Mejía (2021).

- **Separación, purificación y despolimerización de lignina**

Fotografía 4. Separación y purificación de lignina

Ajuste de pH	Centrifuga a 3500 rpm por 20 minutos	Obtención de la lignina precipitada	Secado de lignina y obtención de cristales.
			

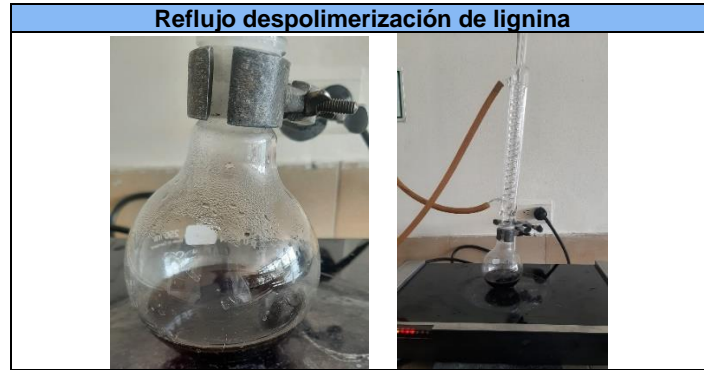
Fuente: elaboración propia.

Para obtener la lignina pura se hizo uso de un método de centrifugación, para ello se realizó un acidificación de la muestra hasta un pH1-2, lectura que se realizó con un potenciómetro anteriormente calibrado con soluciones Buffer 4 y 7 SI Analytics® que realiza la lectura con un electrodo BlueLine 17pH-pH 0...14/ -5..100°C/ 3mol/L KCl) lo que permitió la precipitación total de la lignina, el licor obtenido se vertió en tubos de centrífuga con un máximo de 10mL en cada uno, la centrifugación se realizó por 20 minutos a 3500 rpm, se retiró el sobrenadante y se procedió a llevar los tubos a estufa a 50°C por aproximadamente 5 horas, lo que permitió la extracción de la lignina de cada uno de los tubos. (véase fotografía 4)

Dicha muestra fue depositada en una cápsula de porcelana, previamente tarada para obtener la masa de lignina obtenida, para cada una de las muestras se obtuvo una masa aproximada de 0.062g por cada 5 g de muestra. Cabe resaltar que, al realizar la centrifugación, no se obtuvo ningún tipo de precipitado por parte de las muestras de madera, por lo que se concluye, que la metodología utilizada y adaptada no funciona de la misma manera para las dos muestras analizadas. De esta manera se puede decir que se obtuvo un 1.24% de lignina, lo cual no es coherente con lo reportado por la literatura pues Menon & Rao (2012). \*\* Moya & Torres (2012) en Gómez (2015) reportan que como mínimo se extrae 0.78g de lignina seca por cada 5g de muestra.



Fotografía 5. Despolimerización de lignina



Fuente: elaboración propia.

Para la fragmentación o despolimerización de lignina uno de los métodos más utilizados según Mendoza (2016) es el tratamiento por hidrólisis en presencia de catalizadores básicos, en donde se obtiene una mezcla de compuestos que requiere ser separada de manera eficiente y que permita aprovechar este proceso de una mejor manera. Para este proceso se hizo uso de diferentes técnicas como el reflujo y la extracción líquido-líquido. Por medio de la hidrólisis se intentó romper los enlaces C-O presentes en la lignina, para separar los principales monómeros fenólicos como el catecol, fenol, cresol, entre otros.

- **Separación de compuestos fenólicos y lignina residual**

Fotografía 6. Separación de compuestos fenólicos- Fuente: elaboración propia.



Para la separación de los compuestos fenólicos se hizo uso del acetato de etilo, el cual es comúnmente utilizado en mezclas para cromatografía líquida y extracción, es miscible con hidrocarburos, cetonas, alcoholes y éteres. Al encontrarse en contacto con un compuesto fenólico reacciona generando etanoato de fenilo, el cual se encuentra, creando dos fases dentro del embudo de decantación, es por ello que, para la obtención de lignina residual se procedió a separar estos compuestos y esperar a su posterior decantación, así pues, al obtener las dos fases se separaron los compuestos fenólicos de la lignina residual.

- **Caracterización de Lignina despolimerizada**

### **Lectura Espectro infrarrojo por transformada de Fourier (FTIR)**

La lectura de las muestras por este método se realizó en un equipo IRAffinity-11s con transformada de Fourier marca Shimadzu a 22.2°C y 41% de humedad. Para el uso de este equipo es importante que previamente las muestras se preparen a través de una molienda con mortero y pistilo y así tengan una consistencia de polvo fino que facilite el análisis.



*Ilustración 13. Elaboración propia*

El objetivo de realizar esta caracterización en el espectrómetro FTIR es determinar e identificar los grupos funcionales presentes en las muestras de pulpa de café (Castillo®) sin tratamiento, seca y tamizada, así como de la lignina obtenida luego de la extracción y comprobar los monolignoles obtenidos después de la fragmentación de la lignina.

## Pulpa de café sin tratamiento (seca y tamizada a 0.18mm)

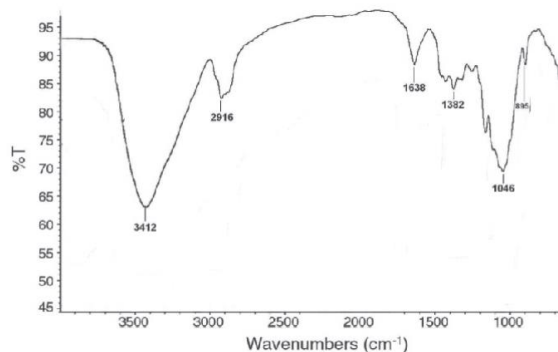


Ilustración 14. Tomado y modificado de Arroyo et al (2008)

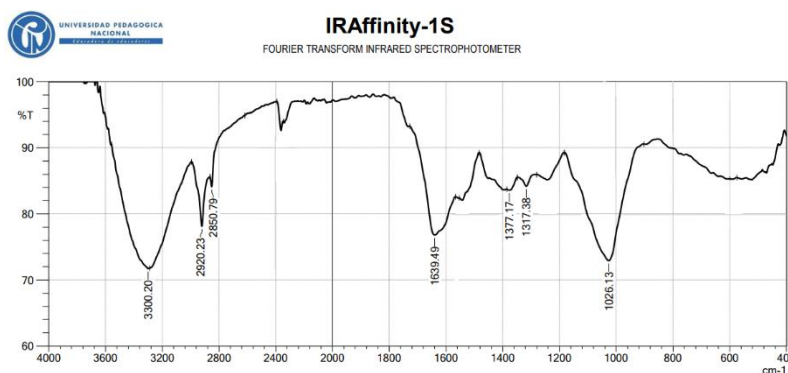


Ilustración 16. Elaboración propia

Tabla 8. Señales IR de pulpa de Café Castillo sin tratamiento

Señal de referencia $\text{cm}^{-1}$	Señal obtenida $\text{cm}^{-1}$	Señales teóricas y/o descripción
3412	3300.20	(3400~3200) vibraciones de estiramiento de enlace O-H polimérico
2916	2920.23	(2935~2915) vibraciones de enlace $\text{-CH}_2\text{-}$ asimétricas
	2850.79	vibraciones de enlace $\text{-CH}_2\text{-}$ simétricas
1638	1639.49	Flexión de enlace H-O-H
1382	1377.17	Vibraciones y torción de enlace C-H
	1317.38	Vibraciones de enlace $\text{CH}_2$
1046	1026.13	(1075~1025) Vibraciones de estiramiento del enlace C-O-H

Fuente: elaboración propia.

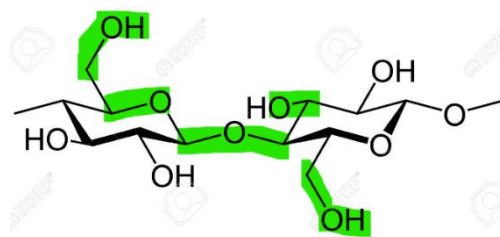


Ilustración 17. Tomado y modificado de <https://cutt.ly/ELG1eCP>

Teniendo en cuenta el espectro FTIR obtenido (véase ilustración 15) se hace una lectura de este con respecto a las señales más representativas que se tienen, las cuales se observan en la tabla 15, por lo que, se define que la pulpa de café Castillo® contiene en mayor proporción y concentración celulosa, lo cual se corrobora con el espectro IR obtenido (véase ilustración 14) por Arroyo et al (2008) y que además las señales características de la celulosa para FTIR son muy cercanas a lo obtenido por Arias et al (2010), quienes dicen que las señales (espectros) característicos de celulosa son las bandas de vibración de enlaces C-H<sub>2</sub> (2918, 2851, 1427 y 1315

cm<sup>-1</sup>) que son cercanas a las señales obtenidas de 2920.23 y 2850.79, C–H (1360 y 1280 cm<sup>-1</sup>) cercanas a 1377.17 alcanzada, C–O (1054 y 1030 cm<sup>-1</sup>) cercana a 1026.13, y O–H (banda ancha entre 3600 y 3200 cm<sup>-1</sup>) cercana a la señal obtenida en 3300.20. Sin embargo, los desplazamientos presentados se pueden deber a que el espectro referenciado fue una lectura realizada con pastilla de KBr.

### Lignina obtenida

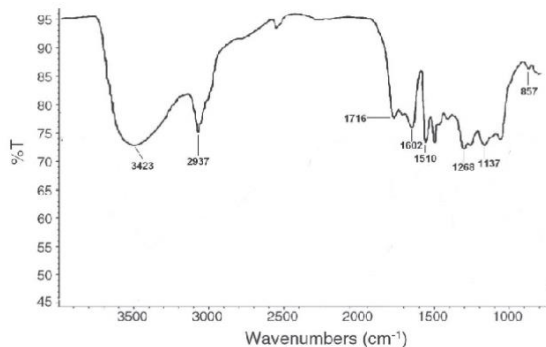


Ilustración 19. Tomado y modificado de Arroyo et al (2008)

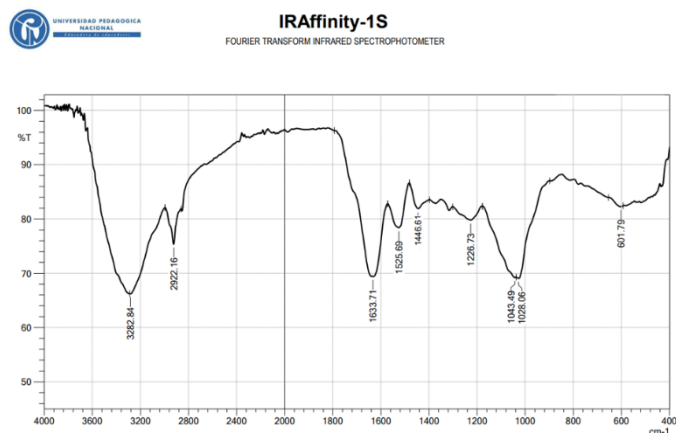


Ilustración 18. Elaboración propia

Tabla 9. Señales IR de Lignina obtenida

Señal de referencia cm <sup>-1</sup>	Señal obtenida cm <sup>-1</sup>	Señales teóricas y/o descripción
3423	3282.84	(3400~3200) vibraciones de estiramiento de enlace O-H polimérico
2937	2922.16	(2935~2915) vibraciones de enlace -CH <sub>2</sub> -
1716	1633.71	(1650~1580) vibraciones de núcleo bencénico
1510	1525.69	(1525~1450) bandas de vibraciones de anillo aromático
	1446.61	(1475~1445) vibraciones en presencia de CH <sub>2</sub> y/o CH <sub>3</sub>
	1370	(1385~1365) vibraciones de CH <sub>3</sub>
1268	1226.73	(1250~1150) vibración característica de fenoles; (1226~1175) flexiones en el plano de sustituyentes en 1:2:4
	1043.49	(1070~1000) flexiones en el plano de sustituyentes en 1:2:4 (doblete)
	1028.06	
	601.79	(660±50) vibración de torción enlace C-O-H

Fuente: elaboración propia.

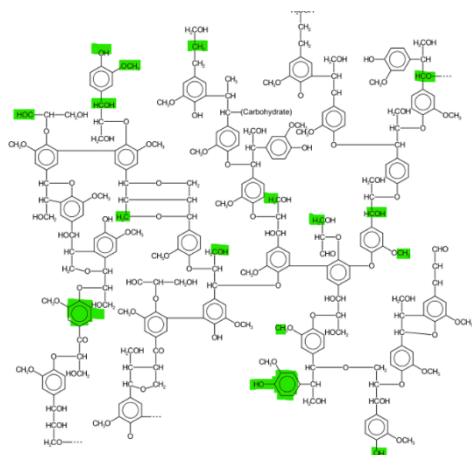


Ilustración 20. Tomado y modificado de <https://cutt.ly/WLGOhbb>

Al hacer el procedimiento de extracción de lignina según normas TAPPI, se obtiene un cristal café oscuro, el cual se puede afirmar que si es el polímero buscado, debido a que la lectura realizada por espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier arroja ciertos picos (señales) que son característicos de esta (véase ilustración 17), los cuales se comparan con ilustración 18 que es la lectura IR del mismo polímero dada por Arroyo et al (2008) los cuales realizan un estudio al níspero común y realizan la extracción de lignina que es caracterizada por espectroscopía infrarroja, las señales características obtenidas son 3423,

2937,1716,1510 y 1268 bandas cercanas a las obtenidas en la lectura de la lignina extraída de café Castillo<sup>®</sup> que son 3282.84, 2922.16, 1633.71, 1525.69 y 1226.73. Cabe resaltar que los desplazamientos presentados se pueden deber a que el espectro teórico fue una lectura realizada con pastilla de KBr.

### Lignina despolimerizada (Mezcla de fenoles)



IRAffinity-1S  
FOURIER TRANSFORM INFRARED SPECTROPHOTOMETER

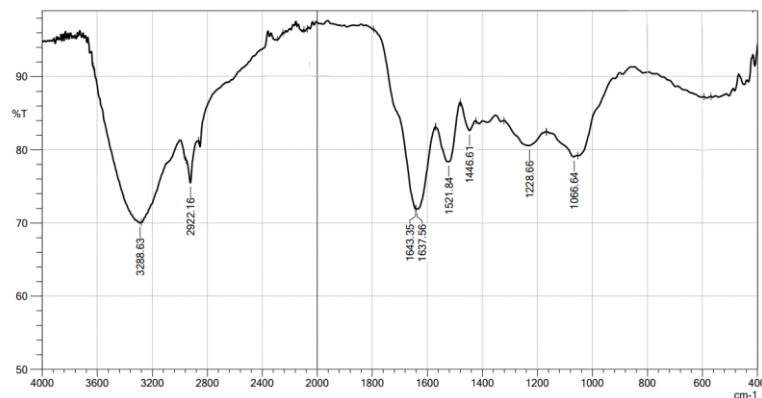


Ilustración 22. Elaboración propia

Tabla 10. Señales IR de Lignina despolimerizada

Señal obtenida $\text{cm}^{-1}$	Señales teóricas y/o descripción
3288.63	(3400~3200) vibraciones de estiramiento de enlace O-H
2922.16	(2935~2915) vibraciones de enlace -CH <sub>2</sub> -
2820	(2830~2815) vibraciones de radicales -O-CH <sub>3</sub>
1643.35	(1660~1620) vibraciones de enlaces R-CH=CH-R'
1637.56	
1521.84	(1525~1450) vibraciones de anillo aromático
1446.61	(1475~1445) vibraciones en presencia de CH <sub>2</sub> y/o CH <sub>3</sub>
1228.66	(1250~1150) vibración característica de fenoles
1066.64	(1125~1060) vibración de alcohol terciario

Fuente: elaboración propia.

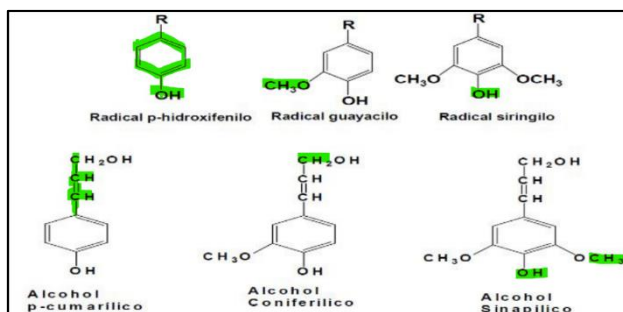


Ilustración 23. Tomado y modificado de Mendoza 2016

Ahora bien, para que la remoción de manganeso sea posible, se es necesario la despolimerización de la lignina ya obtenida, al realizar este proceso se obtiene un licor negro, que como a las muestras anteriores se le realizó una lectura FTIR, obteniéndose la ilustración 20 a la cual se le realizó su respectiva lectura (véase tabla 10) y que según las

señales se puede decir que las bandas características para grupos metilo son las obtenidas en 1446.61 y 2820, esta última correspondiente a grupos metoxilo que pueden ser las relacionadas con los monolignoles de alcohol sinapílico, coniferílico y/o el radical guayacilo; así mismo las señales 1643.35 y 1637.56 corresponderías a las señales de doble enlace en los alcoholes p-cumarílico y coniferílico y la señal más importante 1228.66 que corresponde a las unidades fenólicas que los monómeros de lignina poseen, sin embargo, es difícil confirmar la presencia de estos monolignoles específicos, debido a que se necesitan de análisis y procedimientos más específicos para la determinación y caracterización de cada uno de ellos, pues el licor que se obtuvo bien es llamado como mezcla fenólica.

## Masa de la lignina

Para ello se pesó un Beacker de 50mL vacío, limpio y seco ( $m_1$ ), para posteriormente verter en él la lignina obtenida ( $m_2$ ), luego de la extracción de esta de la pulpa de café Castillo®. Para este caso se obtuvo una masa de 1.56g de lignina, dicho valor se obtuvo de la siguiente ecuación.

$$m_2 - m_1 = 50.79g - 49.23g = 1.56g \text{ (eq 4)}$$

## Densidad

Para la obtención de la densidad se tuvo en cuenta la presión a la que se tomó la muestra que fue de 1029hPa y la temperatura que era de 14°C, para esta característica se taró un Beacker de 50mL y se vertió 1mL de la muestra, lo cual tuvo una masa de 0.98g, con estos datos se puede determinar que la densidad es de 0.98g/mL, lo cual se halla según la siguiente ecuación:

$$\delta = \frac{\text{masa}}{\text{volumen}} = \frac{0.98g}{1mL} = \frac{0.98g}{mL} \text{ (eq 5)}$$

## Solubilidad de lignina extraída

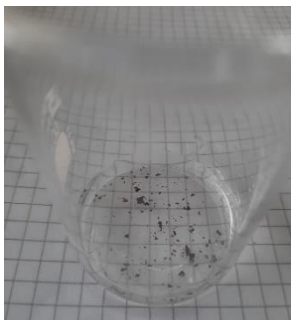


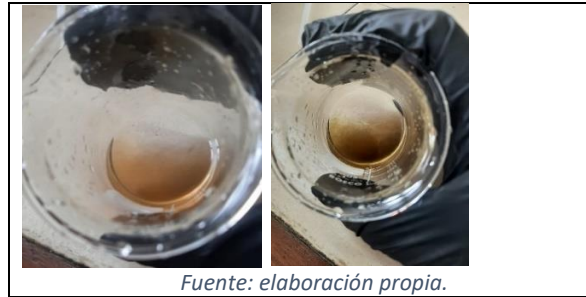
Ilustración 24.

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta que la solubilidad es la capacidad que tiene una sustancia para disolverse en otra, se puede corroborar que el compuesto obtenido si es lignina, principalmente por el espectro FTIR y en este caso la insolubilidad presentada en agua, pues como se menciona en el marco teórico de este documento la lignina es un polímero hidrofóbico, es por lo que, al no ser soluble esta debe ser despolimerizada para lograr hacer la solución utilizada como floculante para realizar el proceso de remoción de manganeso.

## Prueba de $\text{FeCl}_3$ para identificar fenoles de la lignina despolimerizada

Fotografía 7. Prueba de Cloruro férrico

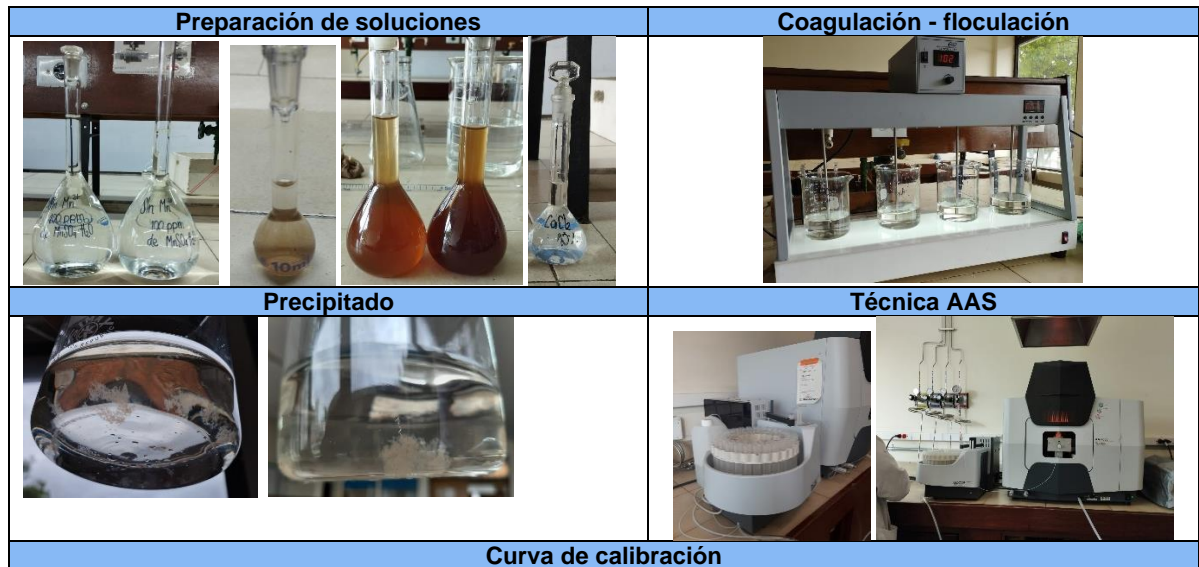


Fuente: elaboración propia.

Una vez se realizó la despolimerización básica de la lignina para obtener de su estructura los monolignoles se verificó con la prueba de  $\text{FeCl}_3$  si se obtuvo el resultado esperado. Esta prueba es cualitativa y se utiliza para la identificación de fenoles, una vez el cloruro de hierro realiza la alquilación del benceno presente en los fenoles se forma un complejo coloreado vino u oscuro que permite evidenciar la presencia de compuestos fenólicos en una muestra. Como se observa en la fotografía 7, una vez la lignina despolimerizada entra en contacto con una gota de  $\text{FeCl}_3$  el cambio de color a oscuro es inmediato, mostrando de esta manera que la prueba es positiva para fenoles.

- **Remoción de manganeso en agua residual sintética por el método de coagulación – floculación y espectroscopía de absorción atómica**

Fotografía 8 Remoción de manganeso







Fuente: elaboración propia.

En el proceso de remoción de  $Mn^{2+}$  de aguas residuales, se prepararon soluciones de 100ppm de  $Mn^{2+}$  a partir de sulfato de manganeso monohidratado ( $MnSO_4 \cdot H_2O$ ) y para ello se realizó el cálculo (véase eq 6) para saber los gramos de reactivo que se debe pesar para la preparación de dicha solución, para la cual se tomó una masa de 0.31g de reactivo químico; así mismo se hace lectura del pH de esta, que en promedio se obtiene un valor de 5.03 con un potenciómetro anteriormente calibrado con soluciones Buffer 4 y 7 SI Analytics® que realiza la lectura con un electrodo BlueLine 17pH-pH 0...14/ -5..100°C/ 3mol/L KCl)

$$g \text{ de } MnSO_4 \cdot H_2O = \left( \frac{100 \text{ mg } Mn^{2+}}{L} \right) * (1L) * \left( \frac{1g \text{ } Mn^{2+}}{1000mg \text{ } Mn^{2+}} \right) * \left( \frac{1 \text{ mol } Mn^{2+}}{54.93g \text{ } Mn^{2+}} \right) * \left( \frac{1 \text{ mol } MnSO_4 \cdot H_2O}{1 \text{ mol } Mn^{2+}} \right) * \left( \frac{169.08 \text{ g puros } MnSO_4 \cdot H_2O}{1 \text{ mol } MnSO_4 \cdot H_2O} \right) * \left( \frac{100 \text{ g RQ } MnSO_4 \cdot H_2O}{99 \text{ g puros } MnSO_4 \cdot H_2O} \right) = 0.31g \text{ RQ } MnSO_4 \cdot H_2O \text{ (eq 6)}$$

Así mismo se prepararon las soluciones que funcionaron como floculantes, en este caso la lignina despolimerizada y pulpa de café sin tratamiento, así pues, se preparó una solución al 1% m/v de lignina despolimerizada y 1% m/v y 2% m/v de pulpa de café Castillo®, los volúmenes agregados de los floculantes para el proceso de remoción se encuentran en la tabla 11; para la preparación de la curva de calibración se tomaron los volúmenes correspondientes según el diagrama 8 y se obtuvo la ecuación de la recta a partir de la lectura en un espectrofotómetro Shimadzu 7000 AA (véase ilustración 23) de esta se despejó la concentración teniendo en cuenta las absorbancias y las diluciones realizadas, y para finalizar, con estas mismas concentraciones se logró obtener el porcentaje de remoción de manganeso de cada uno de los floculantes utilizados según la eq 3.

A continuación, se halla la concentración real de la solución stock (véase eq 7), la concentración de una de las muestras analizadas (véase eq 8) y su correspondiente porcentaje de remoción.

$$y = 0.1874x + 0.0355$$

$$\frac{0.43 - 0.0355}{0.1874} * \left(\frac{25\text{mL}}{0.5\text{mL}}\right) = 104.38 \text{ ppm (eq 7)}$$

$$\frac{0.42 - 0.0355}{0.1874} * \left(\frac{25\text{mL}}{0.5\text{mL}}\right) = 103.28 \text{ ppm (eq 8)}$$

$$\%_{\text{remoción}} = \frac{104.38 \text{ ppm} - 103.28 \text{ ppm}}{104.38 \text{ ppm}} * 100 = 1.05\%$$

Tabla 11. Datos para curva de calibración

Concentración	ABS
0.00	0.00
0.35	0.12
0.95	0.23
2.16	0.45
3.14	0.63
4.09	0.80
4.80	0.93

Concentración en ppm: partes por millón ABS: absorbancia  
Fuente: elaboración propia.

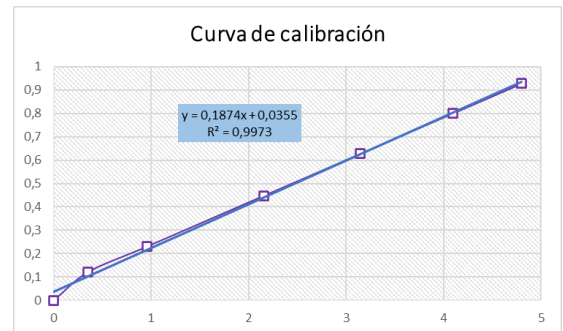


Ilustración 25. Elaboración propia

Tabla 12. Remoción de manganeso

	ID	Vol (mL)	Concentración ppm	ABS	% remoción
Solución madre	SInM	250,00	104,38	0,43	
Floculantes	LD	2,50	103,28	0,42	1,05
	LD	5,00	103,55	0,42	0,79
	LD	7,50	100,83	0,41	3,40
	LD	10,00	99,01	0,41	5,14
	PC1	1,00	39,65	0,18	62,01
	PC1	2,00	39,27	0,18	62,37
	PC1	3,00	40,96	0,19	60,76
	PC1	4,00	41,76	0,19	59,99
	PC2	1,00	40,58	0,19	61,12
	PC2	2,00	40,42	0,19	61,27
	PC2	3,00	42,10	0,19	59,66
	PC2	4,00	40,21	0,19	61,48

ID: identificación; mL: mililitros; ppm: partes por millón; ABS: absorbancia; LD: lignina despolimerizada; PC1: pulpa de café al 1%; PC2 pulpa de café al 2%

Fuente: elaboración propia.

A partir de los datos obtenidos se pudo determinar que la lignina despolimerizada obtenida no es un floculante fuerte para la remoción de metales pesados y en específico el manganeso, pues si bien esta contiene grupos funcionales y puntos activos para la remoción, no remueve lo suficiente para decir que esta tiene una funcionalidad completa, pues se tuvieron porcentajes de remoción no mayores al 5.14% ya que al comparar los porcentajes de remoción de esta y los obtenidos por la pulpa de café Castillo® sin tratamiento, se es evidente que este último tiene un porcentaje mucho más alto, ya que se dichos porcentajes alcanzaron hasta el 62,76% de remoción, es por lo que, la pulpa de café sin tratamiento tiene un mayor arrastre de átomos metálicos, esto se puede deber a la composición lignocelulósica completa que contiene la pulpa del mismo, pues al contener derivados de celulosa y hemicelulosa estos potencian la remoción de manganeso y que, la lignina despolimerizada por sí sola no tiene el arrastre suficiente, estos porcentajes también se pudieron deber a que la concentración del aceite fenólico o lignina despolimerizada era baja, debido a que la obtención de la misma no fue alta.

Todo el proceso realizado en esta fase tuvo como finalidad desarrollar las bases contextuales para el proceso de intervención que se realizó con los estudiantes, esto se debe a que el trabajo ejecutado con el grupo de 23 estudiantes se enfatizó en la identificación y caracterización de compuestos lignocelulósicos (carbohidratos) partiendo de intervenciones de socialización teórica, para posteriormente realizar la práctica experimental.

La lignina es un polímero que estructuralmente cambia según la materia prima de la cual se extrae y, es por esta razón que en la industria no se encuentra extraída pura proveniente de algún material orgánico derivado de la planta de café. Como anteriormente se ha enfatizado en este trabajo, la pulpa de café es un residuo del tratamiento del grano de este, que no es aprovechado y que llega a contaminar suelos y fuentes hídricas por los líquidos lixiviados que esta puede liberar; es por esto que, se pensó como una alternativa para el tratamiento de aguas residuales contaminadas con metales pesados, teniendo en cuenta que en su estructura vegetal se encuentran los materiales lignocelulósicos que tienen características químicas que permiten la remoción de estos contaminantes.

En la literatura se encuentran varios tipos de extracción de lignina que se diferencian por el uso de reactivos, cantidades y equipos. Entre estos métodos se encuentra el Klason o soda pulping, desarrollado anteriormente en esta investigación, el cual fue modificado y adaptado según los recursos dados por el laboratorio de química de la UPN. Este método se desarrolla teóricamente con un reactor que mantiene las

condiciones de presión y temperatura necesarias para que la extracción sea eficaz, sin embargo, para la extracción que se realizó en esta investigación no se contó con este tipo de equipo, por lo que, fue reemplazado por lavados y extracciones por reflujo, así mismo, si bien se encontró la metodología completa para la extracción, esta no contenía datos exactos de cantidades y valores de pH, tiempo, entre otros, y debido a esto se realizó una estandarización propia que fue moldeada al proceso de investigación y experimentación realizada.

Si bien la contaminación hídrica es un problema presente en la actualidad, por el alto consumo de productos industriales que no son reutilizables y son desechados, no se presentan grandes alternativas para la descontaminación química de estas fuentes esenciales de vida; es así, como se encontró la necesidad de contextualizar a los estudiantes para sensibilizarlos ante la importancia de encontrar pequeñas soluciones desde la química y desde la formación de docentes en esta área.

## **9.2 Fase 2. Prueba diagnóstica.**

Teniendo en cuenta esto, se realizó un instrumento de preguntas cerradas para realizar la evaluación de competencias investigativas (véase Anexo 1) el cuál fue aplicado a 23 estudiantes de la asignatura Sistemas Orgánicos II (V3) ofertado por el programa de Licenciatura en Química de la UPN, el cuál permitía hacer una evaluación de ocho (8) competencias distintas: cognitivas, formulación de preguntas, observacionales, procedimentales, analíticas, comunicativas, tecnológicas e interpersonales, cada una de ellas con cinco (5) niveles de dominio, para los cuales se asignó un rango de color (véase tabla 13).

Teniendo en cuenta esto se procede a realizar la clasificación de las competencias investigativas de los estudiantes según el nivel de percepción que cada uno consideraba en el que se encontraba (véase tabla 14), teniendo en cuenta el dominio que cada estudiante percibió, se asignó el color para cada nivel según las convenciones dadas en la tabla 13, recordando que cada competencia tiene un color y que a mayor intensidad mayor es el nivel. Es así como se obtuvieron los resultados que dan evidencia de las diferentes competencias investigativas que los estudiantes creían poseer en relación de cada uno de los distintos apartados, cabe resaltar que dicho instrumento fue contestado por cada uno antes de iniciar la intervención, teniendo en cuenta que el instrumento utilizado para conocer el desarrollo de estas fue una adaptación de Castillo (2011).

Tabla 13. Competencias y niveles de dominio

COMPETENCIA	NIVEL	COMPETENCIA	NIVEL
COGNITIVA	N1	ANALÍTICAS	N1
	N2		N2
	N3		N3
	N4		N4
	N5		N5
FORMULACIÓN DE PREGUNTAS	N1	COMUNICATIVAS	N1
	N2		N2
	N3		N3
	N4		N4
	N5		N5
OBSERVACIONALES	N1	TECNOLÓGICAS	N1
	N2		N2
	N3		N3
	N4		N4
	N5		N5
PROCEDIMENTALES	N1	INTERPERSONALES	N1
	N2		N2
	N3		N3
	N4		N4
	N5		N5

Fuente: elaboración propia

Se presentan diagramas tipo torta con la distribución porcentual en relación con la categorización hecha por los estudiantes, estos diagramas fueron realizados por el programa ofrecido por Microsoft Excel y, es por ello que, las tortas cuentan con una aproximación porcentual en cada uno de los casos.

Tabla 14. Percepción de niveles de dominio para cada competencia dada por los estudiantes.

ID	COMPETENCIAS COGNITIVAS	COMPETENCIAS DE FORMULACIÓN DE PREGUNTAS	COMPETENCIAS OBSERVACIONALES	COMPETENCIAS PROCEDIMENTALES	COMPETENCIAS ANALÍTICAS	COMPETENCIAS COMUNICATIVAS	COMPETENCIAS TECNOLÓGICAS	COMPETENCIAS INTERPERSONALES
E1	4	4	4	4	3	3	4	4
E2	4	4	4	4	3	4	3	3
E3	4	3	3	5	3	4	4	2
E4	3	4	4	3	4	4	3	4
E5	4	3	3	3	4	4	3	2
E6	2	2	3	2	1	2	1	2
E7	1	2	2	2	1	1	1	2
E8	3	3	3	4	2	4	3	2
E9	4	5	3	4	2	4	4	4
E10	1	3	4	3	2	3	3	3
E11	1	2	4	2	1	2	2	2
E12	4	5	4	4	4	4	4	4
E13	2	3	4	3	3	3	4	2
E14	2	3	3	4	4	3	4	4
E15	5	5	5	5	5	4	4	1
E16	4	5	4	4	3	4	2	2
E17	4	3	3	3	3	3	3	4
E18	3	3	2	3	3	2	2	2
E19	2	5	4	3	2	4	3	2
E20	4	1	3	3	4	1	3	2
E21	4	4	5	4	5	5	3	3
E22	1	5	1	2	3	4	2	1
E23	2	2	3	3	2	2	2	4

Fuente: elaboración propia

Las competencias investigativas desarrolladas y evaluadas durante la intervención fueron interpretadas bajo unas rúbricas que cuentan con cada una de las competencias mencionadas anteriormente y con cada uno de los cinco niveles de dominio; los niveles están categorizados en una escala de 1 a 5 donde el nivel 1

indica que, la competencia no se domina en relación con las características que esta tiene. En el nivel 2 se identifica un dominio básico de la competencia, es decir, que el estudiante en esta logra identificar y le da sentido a los resultados obtenidos en cualquier proceso de investigación desde cada competencia; cuando el nivel de profundización no es alto, pero se domina la competencia con mayor apropiación, se clasifica dentro del nivel 3, esto quiere decir que el estudiante recoge información y empieza a analizar a través de la sistematización ; para encontrarse en el nivel de dominio 4, el estudiante requiere comprender a profundidad, analizar, tener la capacidad de criticar y comparar resultados obtenidos en un proceso de investigación y, por último, el nivel 5 de dominio hace referencia a que el estudiante, maneja cada una de las características correspondientes a los niveles de dominio 2,3 y 4, pero que además lleva la investigación a un nivel de análisis y comprensión más alto.

### Competencia Cognitiva

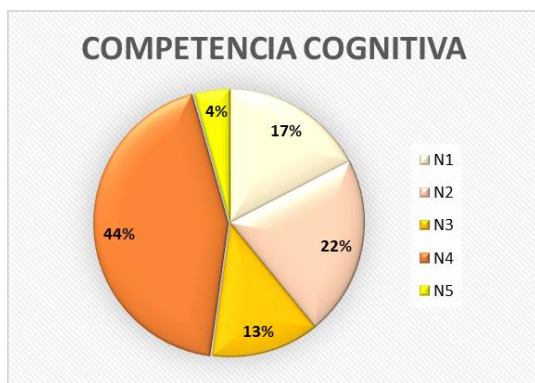


Diagrama 9. Percepción de competencia cognitiva

El diagrama 9 demuestra que 10 (44%) estudiantes percibieron que se encuentran en el cuarto nivel de dominio, el cual hace referencia a un nivel de dominio en el que se generan nuevos conocimientos desde la observación y la reflexión, así como también de la reconstrucción de los mismos; 5 (22%) estudiantes se encontraban en el segundo nivel de dominio, es decir, que tienen la capacidad para indagar y formular problemas a partir de la observación y de las consecuencias

que estos impactan a la sociedad; por otro lado 4 (17%) estudiantes no tienen la capacidad para la estructuración de los procesos cognoscitivos que conllevan a la construcción de habilidades de pensamiento, correspondiente al nivel de dominio 1; 3 (13%) estudiantes encontraron lo que no es perceptible y, a partir de ello formulan nuevos hechos y preguntas, lo que hace referencia a un nivel de dominio tres y, por último un estudiante (4%) percibió un nivel de dominio cinco, el cual habla de plasmar ideas coherentemente en dónde los análisis permiten dar solución a un problema en específico.

## Competencia de formulación de preguntas

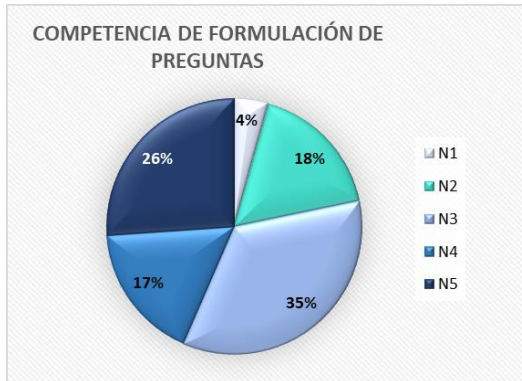


Diagrama 10. Percepción de competencia de formulación de preguntas

Teniendo en cuenta lo plasmado en el diagrama 10, se hace evidencia que el 35% de los estudiantes, es decir 8 de ellos, se percibieron en un nivel de dominio 3, a lo que hace referencia al planteamiento de interrogantes que se relacionan a la formulación de un problema; 6 estudiantes, que son el 26% se encontraron directamente relacionados con un nivel de dominio 5, en el que se hace uso de diversas técnicas para la búsqueda de información a partir de instrumentos; 4 estudiantes (18%)

correspondientes al segundo nivel de dominio, en el que se plantean preguntas sencillas para dar solución a un problema de investigación; 4 estudiantes (17%) al nivel cuatro, en el que se encuentra algún método para encontrar relaciones entre los fenómenos y las preguntas que plantea, y un estudiante (4%) se percibió y se relacionó con el primer nivel de dominio que hace referencia a conductas nulas en relación con la habilidad de plantear preguntas tanto para una investigación cuantitativa como para una cualitativa.

## Competencia observacional



Diagrama 11. Percepción de competencia observacional

Para esta competencia investigativa se evidencia que la mayoría de los estudiantes se percibieron en los niveles de dominio tres y cuatro, 39%, que hace referencia a 9 estudiantes en cada uno de los niveles. El primero de ellos habla de la sistematización de las observaciones registradas y el segundo a la habilidad de interpretación de dichas observaciones; en cuanto a los niveles de dominio dos y cinco, 9% y dos estudiantes en cada uno, se percibe una agudización de la observación para tener

percepciones selectivas para el primer nivel y una habilidad para determinar el grado de observación dependiendo del campo de acción en el que se desarrolle la situación investigada, por último un estudiante (4%) distingue que no tiene la capacidad de agudizar la observación, registrar, sintetizar e interpretar datos o

casos obtenidos en un proceso de investigación, lo que refiere directamente a un nivel uno de dominio. Toda esta distribución porcentual se puede observar en el diagrama 11.

### Competencia procedimental

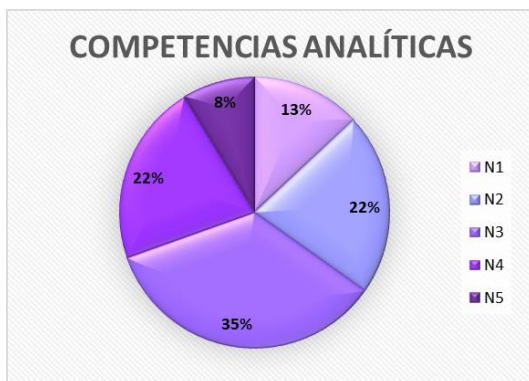


Diagrama 12. Percepción de competencia procedimental

Las competencias procedimentales hacen referencia a la capacidad de poner en acción las actividades y procesos pertinentes y eficientes para la mejora y finalización de un proceso investigativo, es por lo que, a partir del diagrama 12, se hace notorio que ningún estudiante percibe que no cumpla con este tipo de competencia, así como también un 38% de ellos, 9 estudiantes, se direccionaron hacia un nivel tres de dominio, en el que el estudiante realiza diversas actividades para la recolección de

información y utilizarla para el estudio de fenómenos investigativos, así mismo 8 estudiantes (35%) se categorizaron en un cuarto nivel de dominio que en el que se confronta la información recolectada y reflexiona frente a ello, especialmente a lo que concierne a la experimentación, por otro lado 4 estudiantes, el 17%, se encontraron en un dominio de nivel dos, en el que se establecen pasos para encontrar una solución a un problema de investigación y, por último dos estudiantes, que son el 9% de la población estudiada presentaron un dominio de nivel cinco, en donde se habla de la observación de alternativas para mejorar un proceso investigativo y a partir de esto sistematizarlo.

### Competencia analítica



Analizando los datos obtenidos en el diagrama 13, se logra evidenciar que un 35% de los estudiantes, que hace referencia a 8 de ellos, se categorizaron en un nivel tres de esta competencia, pues se habla del establecimiento de indicadores y categorías que se conectan directamente con los objetivos planteados en una investigación; un 22% de los estudiantes que hace



referencia a cinco estudiantes, se relacionaron con los niveles de competencia dos y cuatro, el primero de ellos, habla de darle sentido a los datos cualitativos y cuantitativos para la elaboración de categorías de significado a partir de la información recolectada en un trabajo de campo, mientras que, el nivel cuatro, habla de la comprensión a profundidad de estos mismos datos y que los relaciona con el contexto educativo en el que se encuentra inmerso. El 13% (3) de los estudiantes perciben que no tienen la habilidad para darle un sentido a los datos cualitativos y cuantitativos para la elaboración de categorías de significado y el contexto en el que se encuentra inmerso, por último, dos estudiantes (8%) percibieron que identifican los elementos de un contexto investigativo, dándole un buen sentido a los datos y la comprensión a profundidad de estos, lo que corresponde a un nivel de dominio cinco.

### Competencia comunicativa



Diagrama 14. Percepción de competencia comunicativa

Estas competencias hacen referencia a las habilidades para dar a conocer los productos investigativos de una forma llamativa e interesante para la sociedad del conocimiento, así como de redactar informes con las características propias del mismo. Es por esto que, según el diagrama 14, se evidencia que 2 estudiantes (9%) no creyeron poseer este tipo de competencia, por el contrario el 48% de los estudiantes, 11 en total se categorizaron en un nivel de dominio cuatro, en el que se habla de la redacción de

informes con las características correspondientes de esto, así mismo, 5 estudiantes (22%) se percibieron con la capacidad de hacer productos atractivos para la comunidad del conocimiento, lo que concuerda con un nivel tres de dominio; 4 estudiantes (17%) concuerdan en determinar los procesos para dar a conocer un producto investigativo (nivel dos de dominio) y, 1 estudiante se percibió y evidenció que cumple con un nivel de dominio cinco, ya que ha participado de conferencista en eventos de difusión de trabajos investigativos.

## Competencia tecnológica

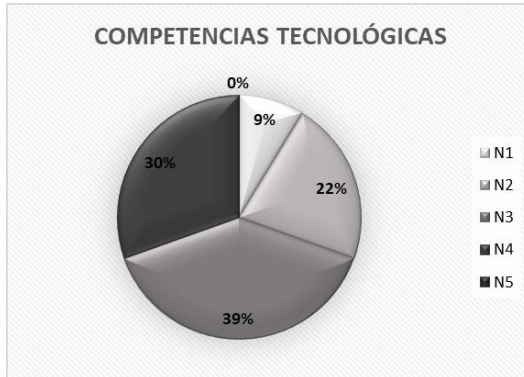


Diagrama 15. Percepción de competencia tecnológica

Según el diagrama 15, que hace referencia a la distribución porcentual de los estudiantes en relación con los niveles de dominio de las competencias tecnológicas, se evidencia que ningún estudiante se percibió en un nivel de dominio cinco, pero que sin embargo nueve de ellos (39%) se categorizaron en un nivel tres, dado a que este habla del manejo de diferentes herramientas para el procesamiento y manejo de datos, así mismo el 30% (7 estudiantes) creyeron que integraban las

especificidades de las herramientas tecnológicas para el manejo de estos mismos, proceso correspondiente a un nivel cuatro, continuando con ello, cinco estudiantes (22%) simplemente identificaron los diferentes tipos y herramientas que existen para el procesamiento de datos, es decir, que no creen llegar al punto de lograr manejar dichas herramientas y, por último un 9% que corresponde a dos estudiantes creyeron no tener la capacidad para seleccionar y manejar técnicas de procesamiento de datos, lo que corresponde a un nivel uno de dominio para esta competencia.

## Competencia interpersonal

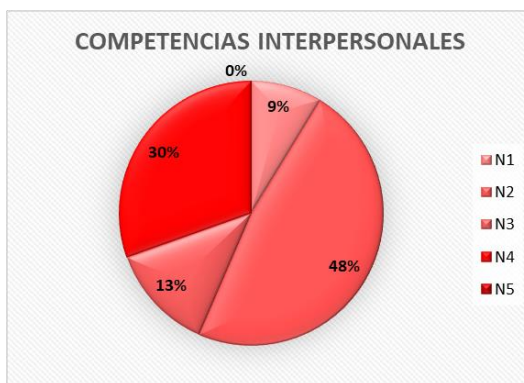


Diagrama 16. Percepción de competencia interpersonal

En este tipo de competencias se mide la agudeza que tiene una persona para realizar un proceso de investigación con otros, también si el individuo es competente para vivir y pensar en sociedad, es por lo que, según el diagrama 16, se identifica que dos de los estudiantes, que corresponde al 9% dijo no tener la capacidad para trabajar en equipo, pero por el contrario el 48% correspondiente a 11 estudiantes dice si tener esta capacidad, pero que no van más allá de simplemente del trabajo en grupo

(nivel dos de dominio), por otro lado, 3 estudiantes (13%) se categorizaron en el tercer nivel de dominio de esta competencia en la que se habla de la pertenencia a un grupo o línea de investigación percibiendo las necesidades de una población y

la resolución de problemas a partir de la recolección y análisis de datos, así mismo 7 estudiantes (30%) se percibieron en un nivel cuatro de dominio en que se crean lazos y redes con sociedades del conocimiento.

### **9.3 Fase 3**

En esta fase se procedió a realizar las intervenciones (véase fotografía 9), para ello se realizaron dos (2) sesiones de socialización con el fin de contextualizar a los estudiantes frente a la temática de material lignocelulósico, importancia, monómeros y caracterización de los mismos; café, extracción de lignina de pulpa de café y remoción de manganeso de aguas residuales.

Posterior a ello, se realizó una práctica de laboratorio “Caracterización de grupos funcionales” (véase anexo 3) que fue desarrollada en grupos de trabajo en el que se caracterizaron específicamente la glucosa como el monómero principal de la celulosa por pruebas específicas como la de Molish, Fehling y Benedict; algunos monómeros de la hemicelulosa con las pruebas de Bial y de la lignina con la caracterización de los fenoles con la prueba de cloruro férrico, compuestos presentes en la pulpa de café.

A continuación, se realiza el análisis correspondiente a los informes de laboratorio y sustentaciones de estos, presentados por 8 grupos en donde se encuentran inmersos los 23 estudiantes de la asignatura de Sistemas Orgánicos II (V3) y se evaluaron las competencias investigativas (véase anexo 2) este anexo fue una adaptación del anexo 1, para evaluar las competencias a partir de los RA y, se hicieron dos rúbricas basadas en el instrumento ya nombrado, en estas rúbricas se redactaron los RA con los cuales se dio cuenta de los datos obtenidos y expuestos a continuación, las rúbricas nombradas son el anexo 4 y 5.

Fotografía 9. Intervención con los estudiantes

Fuente: elaboración propia



Tabla 15. Niveles de competencias investigativas evaluados a partir de RA

GRUPOS	COMPETENCIAS COGNITIVAS	COMPETENCIAS DE FORMULACIÓN DE PREGUNTAS	COMPETENCIAS OBSERVACIONALES	COMPETENCIAS PROCEDIMENTALES	COMPETENCIAS ANALÍTICAS	COMPETENCIAS COMUNICATIVAS	COMPETENCIAS TECNOLÓGICAS	COMPETENCIAS INTERPERSONALES
1	5	5	2	5	3	4	5	3
2	3	3	3	4	3	3	3	3
3	3	4	3	5	4	4	4	4
4	4	3	3	4	3	4	3	4
5	3	4	3	4	3	3	3	4
6	3	3	3	3	3	4	3	4
7	3	3	3	3	3	3	3	3
8	2	3	4	5	4	3	3	3

Fuente: elaboración propia

## Competencia cognitiva

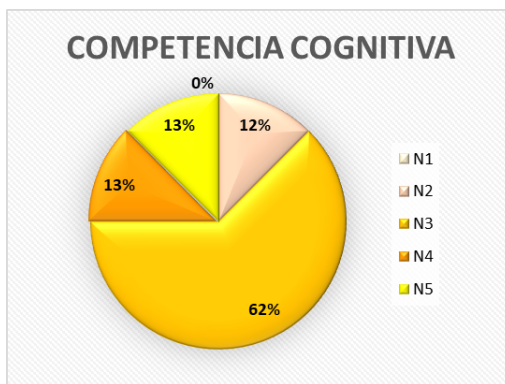


Diagrama 17. Evaluación de competencia cognitiva a partir de RA

Según el diagrama 17 se clasificaron los 8 grupos por niveles de 1 a 5 (siendo 1 el menor) para la competencia cognitiva en presentación de informe de laboratorio y sustentación de los resultados. Se pudo observar que ningún estudiante se encuentra en el nivel 1, es decir, una vez desarrollaron el trabajo práctico, el informe y la sustentación el 12% de los estudiantes que percibían estar en el primer nivel se encontraron en el nivel 2, por lo tanto incrementaron la capacidad para indagar y formular problemas a partir de lo que observaron. Por otro lado, inicialmente el 22% de los estudiantes notaron que se encontraban en un nivel 2 y una vez se desarrollaron las actividades correspondientes este porcentaje disminuyó, en consecuencia, el nivel 3 aumentó al 62%, es decir, en este nivel se encuentran estudiantes que en la prueba diagnóstica identificaban estar en los niveles 2, 3 y 4, de esta forma se puede afirmar que lograron formular nuevos hechos y preguntas que les permitió investigar e innovar. Teniendo en cuenta lo anterior, el porcentaje para el nivel 4 disminuyó y solo se encuentra el 13% de los estudiantes en este nivel, son ellos quienes analizaron, criticaron y refutaron otros puntos de vista; por último el nivel 5 aumentó en comparación a los resultados iniciales, es decir, una vez el 13% de los estudiantes realizaron las actividades lograron analizar y dar solución a un problema.

## Competencia de formulación de preguntas

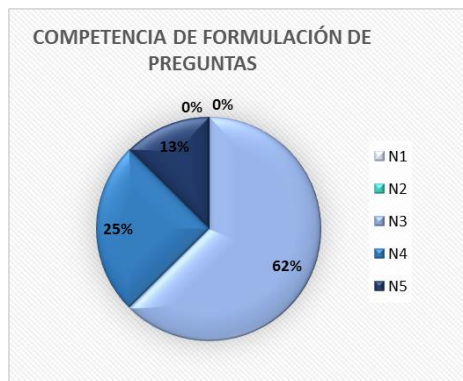


Diagrama 18. Evaluación de competencia de formulación de preguntas a partir de RA

Para esta competencia investigativa en la prueba diagnóstica el 22% de los estudiantes se clasificaron entre los niveles 1 y 2, sin embargo, una vez aplicadas las actividades en estos dos niveles no se encuentra ningún estudiante. Se contempla en el diagrama 18 que el nivel 3 incrementó a un 62%, por tanto, se encuentran inmersos en este nivel más de la mitad de los estudiantes y que se identificaron con los niveles 1, 2, 3 y parte del 4, para esta competencia; se puede afirmar que estos estudiantes plantearon interrogantes coherentes con los objetivos

generales y la formulación de la situación problema trabajada. Asimismo, el 25% de los estudiantes se encuentran en el nivel 4, en donde se logró desarrollar esta competencia en cuanto a que encontraron métodos relacionados con la situación trabajada y realizaron preguntas coherentes con la misma. Y finalmente el nivel 5, disminuyó en comparación con la percepción de los estudiantes y solo el 13% se encuentran en este nivel, lo que quiere decir que fueron quienes utilizaron diferentes instrumentos para recolectar y buscar la información correspondiente.

## Competencia observacional

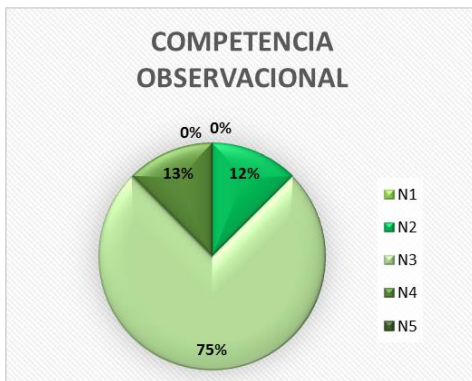


Diagrama 19. Evaluación de competencia observacional a partir de RA

Las competencias observacionales hacen referencia a tener la capacidad de agudizar la observación para que sean selectivas, registradas, escritas y puedan ser interpretadas.

Es importante destacar que en esta competencia ningún estudiante se encuentra después de desarrollar las actividades en los niveles 1 y 5. En comparación con la prueba diagnóstica el nivel 2 aumentó al 12% en los estudiantes lograron observar cuidadosamente los resultados y realizaron percepciones selectivas de los mismos. Por otra parte, el nivel 3 aumentó significativamente, de hecho, el 75% de los estudiantes que se encuentran en este nivel una vez ejecutadas las actividades, son aquellos que inicialmente se sintieron identificados con los niveles 3 y 4; este porcentaje de estudiantes registró sus

observaciones de manera sistemática. Para el nivel 4 en relación con lo anteriormente mencionado el 13% interpretaron, categorizaron y registraron sus observaciones teniendo en cuenta los objetivos planteados.

## Competencia procedimental

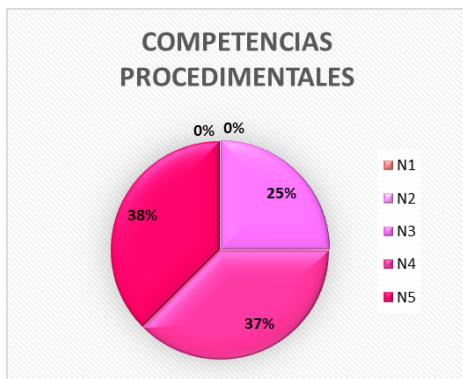


Diagrama 20. Evaluación de competencia procedimental a partir de RA

Analizando los datos obtenidos en el diagrama 20, se encuentra que los 8 grupos de trabajo se encuentran en los niveles 2, 3 y 4. En estas competencias se trabaja la capacidad para realizar, detectar, demostrar y poner en acción las actividades pertinentes, precisas, eficaces y eficientes para finalizar de la mejor manera la tarea investigativa. Los estudiantes que establecieron pasos para encontrar solución al problema planteado fue el 25% que en comparación con la prueba inicial donde algunos se clasificaron entre el nivel 2 y 3. En cuanto al 37% de los estudiantes son aquellos que recogieron información y la utilizaron efectivamente en el proceso investigativo. Para finalizar, el 38% de los estudiantes desarrollaron la competencia

procedimental hasta un nivel 4 que evidencia que compararon y reflexionaron lo que se determinó durante la experimentación y que, además, revisaron los procedimientos y teorías para reafirmar sus resultados.

## Competencia analítica

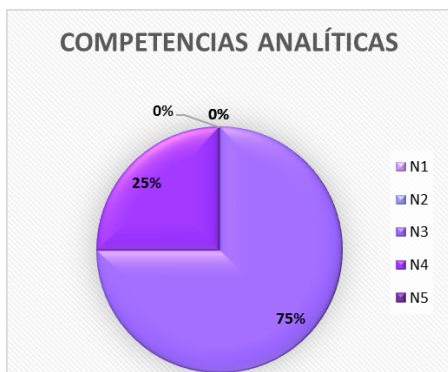


Diagrama 21. Evaluación de competencia analítica a partir de RA

Esta competencia está relacionada con las actividades desarrolladas desde los resultados, análisis y conclusiones presentados en el informe de laboratorio y, además, con el dominio del contenido que se evidenció en las exposiciones. Como se observa en el diagrama 21 una vez desarrolladas estas actividades se clasifican únicamente en los niveles 3 y 4. En la prueba diagnóstica desarrollada por ellos en donde la percepción que tenían de sus capacidades los llevó a clasificarse en un nivel fue muy variado, sin

embargo en esta etapa de desarrollo el 75% de los estudiantes estableció los indicadores que caracterizaban las bases de la investigación con los objetivos de la misma y por consiguiente, el 25% de la población, comprendió en profundidad a partir de datos y actividades contextualizados la investigación.

## Competencia comunicativa



Diagrama 22. Evaluación de competencia comunicativa a partir de RA

En esta competencia se tiene habilidad para dar a conocer un producto investigativo, se tiene capacidad para hacerlo llamativo, útil y se tiene capacidad para redactar textos e informes finales, es por esto que, se encuentra vinculado completamente con las actividades desarrolladas, pues estas habilidades y capacidades se evaluaron con respecto a la realización de los mismos y es de allí de donde se obtiene el diagrama 22. En primer lugar, los resultados de la primera prueba fueron variados y se clasificaron en todos los niveles sin excepción alguna. Sin embargo, los resultados finales muestran que el 50% se encuentra en nivel 3 y el 50% en el nivel 4. Es decir que, la mitad de los estudiantes crearon material atractivo y útil para la investigación y el conocimiento del grupo en general y, por otro lado, la mitad restante redactaron el informe final y compartieron sus resultados de forma clara, coherente y entendible.

embargo, los resultados finales muestran que el 50% se encuentra en nivel 3 y el 50% en el nivel 4. Es decir que, la mitad de los estudiantes crearon material atractivo y útil para la investigación y el conocimiento del grupo en general y, por otro lado, la mitad restante redactaron el informe final y compartieron sus resultados de forma clara, coherente y entendible.

## Competencia tecnológica



Diagrama 23. Evaluación de competencia tecnológica a partir de RA

En cuanto a las competencias tecnológicas ningún estudiante se encuentra en este punto del proceso en los niveles 1 y 2 así como lo muestra el diagrama 23. Entre tanto, en el nivel 3 se encuentra el 75% de los estudiantes que en comparación con la actividad inicial se puede afirmar que quienes se clasificaron en los niveles 1, 2 y 3 aproximadamente, manejaron diferentes herramientas que les permitió procesar los datos y mejorar su presentación de resultados. De forma



similar al desarrollo de otras competencias, los resultados de algunos niveles variaron en comparaciones con los primeros analizados en este trabajo, aproximadamente la misma población que se sintió identificada con el nivel 4 para esta competencia se divide en 2 y se clasifica finalmente el 12% para el nivel 4 y el 13% para el nivel 5. En conclusión, el 12% de los estudiantes integraron diferentes herramientas y sistemas para el manejo de datos y el porcentaje restante clasificado en el nivel 5, lograron proponer alternativas informáticas y tecnológicas para dar solución al problema planteado.

### Competencia interpersonal



Diagrama 24. Evaluación de competencia interpersonal a partir de RA

Finalmente, es importante tener en cuenta que durante todo el proceso se desarrolló la competencia interpersonal, que muestra la agudeza del investigador para realizar un trabajo colaborativo. En la prueba diagnóstica ningún estudiante se identificó con el nivel 5, pero los demás niveles estuvieron muy variados. Como se observa en el diagrama 24 una vez realizadas las actividades se muestra como resultado que los estudiantes se encuentran los niveles 3 y 4, y que respectivamente cada nivel corresponde al 50%. Esto quiere decir, que aquellas

personas que seleccionaron el nivel 1 y 2 inicialmente, lograron percibir luego del proceso los puntos más importantes de un problema, su estructura y sus necesidades para finalmente llegar a un nivel 3 en esta competencia. Con respecto al otro 50% de los estudiantes, fueron quienes crearon redes con las personas de su grupo de trabajo y de investigación y fortalecieron su proceso en conjunto.

## 10 CONCLUSIONES

- Se realizó una extracción de lignina de pulpa de café Castillo® por el método Klason o Soda pulping el cual consiste en una reacción con hidróxido de sodio y antraquinona del material lignocelulósico, los cuales permiten la ruptura de la lignina en relación con la hemicelulosa y celulosa presentes en la estructura de la pulpa de café; por cada muestra de café, que aproximadamente son de 5g se obtuvo en promedio de 0.062g de lignina, es decir, el 1.24%. Por otro lado, se realizó una caracterización de su densidad y masa, esto en relación con la lignina ya despolimerizada, para lo cual se obtuvo un valor de 0.98g/mL y 1.56g respectivamente. Así mismo se logra caracterizar por medio de las bandas y/o señales de espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier los grupos funcionales de la lignina y lignina despolimerizada.
- Se determina el porcentaje de remoción de manganeso de aguas residuales sintéticas, a partir de la floculación con lignina despolimerizada, para esto se toman distintos volúmenes en cada ensayo, que son 2.5, 5, 7.5 y 10mL, los cuales son analizados por AAS y se obtienen valores de 1.05%, 0.79%, 3.40% y 5.14% de remoción, valores que en comparación con los referentes teóricos de remoción de metales pesados con material orgánico presenta un porcentaje muy bajo. Las razones por las que se obtuvieron estos resultados de remoción son probablemente las siguientes: la primera, las condiciones de equipos no fueron las mejores, la segunda, el método fue estandarizado en el transcurso del proceso investigativo, ya que los referentes teóricos no eran claros en cuanto a las especificidades del proceso, y por último, se realizó el pretratamiento con solventes orgánicos no es ideal para la pulpa de café, ya que esto se encuentra estandarizado para la madera en las normas ASTM.
- En la fase diagnóstica los resultados obtenidos se enfocaron hacia la percepción que los estudiantes tenían en relación con las competencias investigativas que ellos creían tener en dicho momento, por lo que, se obtiene valores variados en cada una de las competencias evaluadas, en donde se encontró una relación común en la categorización propia entre los niveles de dominio 3 y 4 que corresponde a las habilidades y capacidades promedio para estudiantes que se encuentran cursando los primeros cursos de un ciclo de profundización en la formación de docentes en química; así como también varios identificaron que algunas de las competencias no las habían desarrollado hasta el momento de la aplicación, como por ejemplo en lo que corresponde a la competencia cognitiva, formulación de preguntas, observacional, analíticas, comunicativas, tecnológicas e interpersonales.

- Durante la parte final de la intervención y la evaluación de competencias a partir de los resultados de aprendizaje, los estudiantes con las actividades realizadas demostraron desarrollar las 8 competencias investigativas evaluadas en los diferentes niveles, es por esto que se afirma que gracias al proceso llevado a cabo por esta intervención, se logró un aumento en la capacidad de construcción de habilidades de pensamiento, en las habilidades para plantear preguntas y dar respuestas a las mismas por medio de una investigación cualitativa como la realizada; así mismo, se desarrolló la capacidad de observación y de selección de resultados coherentes con una investigación, la capacidad de realizar y poner en acción actividades que son pertinentes y eficaces para desarrollar de manera efectiva un trabajo investigativo.
- Se evidenció el desarrollo de las competencias analíticas en donde lograron darle sentido a los datos cualitativos que se obtuvieron y analizarlos de una manera profunda y acorde a lo esperado teóricamente. Se logró un avance significativo en el desarrollo de las competencias comunicativas, puesto que se evidenció que mejoraron sus habilidades en cuanto a entrega de un informe final, redacción y presentación de este, además de los recursos usados para presentar y comunicar sus resultados ante sus compañeros. Finalmente, se logra evaluar que el desarrollo de las habilidades que tienen los estudiantes para trabajar en equipo y relacionarse con sus compañeros, fue satisfactorio en comparación con lo que ellos percibieron inicialmente.
- Las competencias investigativas de los estudiantes de Sistemas Orgánicos II (V3) de la Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional fueron desarrolladas a través de sesiones de conceptualización sobre la temática del café, la extracción de lignina de la pulpa de este, la posible remoción de metales pesados de aguas residuales, el impacto ambiental que estos causan y por sobre todo la relación de la lignina como segundo biopolímero más abundante en la corteza terrestre y los carbohidratos presentes en la composición lignocelulósica de las plantas y en específico de la pulpa de café, es a partir de esto, como se llevó a los estudiantes al continuo desarrollo de las competencias a través de una práctica de laboratorio, la elaboración de un informe y sustentación del mismo, los cuales permiten el desarrollo de las ocho competencias descritas en esta investigación, las cuales y para hacer evidencia del verdadero desarrollo, se evaluaron a través de los resultados de aprendizaje, una metodología novedosa que da evidencia de lo que los estudiantes realmente saben, son y saben hacer.

## 11 RECOMENDACIONES

- Es importante tener en cuenta el porcentaje de remoción de metabolitos secundarios no sólo en general, sino desde la especificidad en relación con la polaridad de cada uno y el porcentaje que llega a remover, sin embargo, se recomienda no realizar el proceso de preparación de muestras libres de extraíbles, pues con estos solventes se corre el riesgo de perder y extraer algunos compuestos fenólicos con el arrastre que se realiza con estos.

Así mismo, es importante tener en cuenta que, para una mayor efectividad en los procesos experimentales, se ha de tener un equipo de laboratorio, pues las condiciones especiales que se deben tener como presión y temperatura influyen en gran mayoría dentro de los procesos realizados, así como también el uso de los equipos específicos descritos por las normas TAPPI y ASMT.

- Se considera importante realizar un proceso de extracción para la hemicelulosa y celulosa de estos compuestos lignocelulósicos, hacer el análisis de remoción de manganeso de aguas residuales sintéticas a partir de una solución stock de 100ppm y comparar la efectividad de cada uno de los biopolímeros en relación con la remoción, pues se evidenció que la lignina despolimerizada de esta investigación por sí sola no es eficiente para este tipo de procesos, pero que al trabajar como material lignocelulósico si se encuentran porcentajes óptimos de remoción.
- Se considera que la investigación disciplinar para la formación de docentes en química es importante y no se debe dejar a un lado del proceso de formación de los mismos, esto debido a que la construcción del conocimiento y de las habilidades y capacidades de este no sólo se basan en el desarrollo pedagógico y didáctico que estos tienen, sino que, debe ser fortalecido desde la experimentación y la práctica para la mejora del aprendizaje de fenómenos químicos que ayudan a la comprensión de la teoría y la práctica, la observación y la evidencia, pues es de esta manera se complementa el desarrollo de las competencias investigativas que parte desde el quehacer docente hacia los estudiantes.

## 12 REFERENTES BIBLIOGRÁFICOS

- Agencia Nacional de evaluación de la calidad y acreditación. (2013). Guía de apoyo para la redacción, puesta en práctica y evaluación de los resultados del aprendizaje. ANECA. <http://www.aneca.es/Documentos-y-publicaciones/Otras-guias-y-documentos-de-evaluacion/Guia-de-apoyo-para-la-redaccion-puesta-en-practica-y-evaluacion-de-los-RESULTADOS-DEL-APRENDIZAJE>.
- Allison, W., Dobson, W., Erikson, K., & Aschner, M. (2004). Manganese Neurotoxicity. Academy of Sciences. [https://libres.uncg.edu/ir/uncg/f/K\\_Erikson\\_ManganeseNeurotoxicity\\_2004.pdf](https://libres.uncg.edu/ir/uncg/f/K_Erikson_ManganeseNeurotoxicity_2004.pdf)
- Aponte, M. y Calle, J. (2020). Internacionalización del currículo a partir de resultados de aprendizaje. ISBN Obra independiente: 978-958-48-9410-6. Medellín, Colombia. <https://claudiaaponte.com.co/wp-content/uploads/2018/12/2020-CAponte-y-JMCalle-IdC-y-resultados-de-aprendizaje.pdf>
- Arcila, J., Farfán, F., Moreno, A., Salazar, L., & Hincapié, E. (2007). Sistemas de producción de café en Colombia. Cenicafé. [https://www.cenicafe.org/es/publications/sistemas\\_de\\_produccion.pdf](https://www.cenicafe.org/es/publications/sistemas_de_produccion.pdf)
- Arias, G., Contreras, H., Delgado, E., Pérez, J., & Trujillo, H. (2010). Vista de Espectroscopía ATR-FTIR de celulosa: aspecto instrumental y tratamiento matemático de espectros. e-Gnosis, 8. <http://www.e-gnosis.udg.mx/index.php/eg/article/view/103/86>
- Arias, J. (2020). Estrategia didáctica: desarrollo de habilidades de pensamiento en la enseñanza de fenoles a partir de la lignina. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12209/13140>.
- Arnal, J., Del Rincón, D., & Latorre, A. (1992). Naturaleza de la investigación educativa. En Investigación educativa. Fundamentos y metodologías (1.a ed., pp. 24-48). Labor S.A.
- Arroyo, Y., Bueno, A., Cardeña, R., Carrasco, M., Luízar, C (2008). OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y FUNCIONAL DE LAS FIBRAS DIETÉTICAS DEL NÍSPERO COMÚN (*Mespilus germanica*). Revista de la Sociedad Química del Perú, 74(4),269-281. ISSN: 1810-634X. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=371937611007>
- Avérous, L & Laurichesse, S (2014) Chemical modification of lignins: Towards biobased polymers. Progress in Polymer Science. 39 (7) 1266-1290. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2013.11.004>. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0079670013001421>
- Barbosa, J., Ortíz, G., & Salcedo, R. (s. f.). Universidad de Guanajuato. Manual de Prácticas de Bioquímica. <https://cutt.ly/QZWnQLs>

- Carvajal Flórez, E., & Marulanda Giraldo, L. (03 de 05 de 2020). *Uso de residuos de café como biosorbente para la remoción de metales pesados en aguas residuales*. Obtenido de Revista Ingenierías USB Med: <https://www.revistas.usb.edu.co/index.php/IngUSBmed/article/view/4477/3672>
- Castañeda, J., & Morales (s.f) FITOQUÍMICA. Manual de prácticas de laboratorio. Universidad Surcolombiana.
- Castillo Vallejo, S. (2011). Evaluación de competencias investigativas. XIII Conferencia Interamericana de educación matemática. Recuperado 2022, de [https://www.researchgate.net/profile/Sandra-Vallejo/publication/267710221\\_Evaluacion\\_de\\_competencias\\_investigativas/links/58fa4ba64585152edecec30f/Evaluacion-de-competencias-investigativas.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Sandra-Vallejo/publication/267710221_Evaluacion_de_competencias_investigativas/links/58fa4ba64585152edecec30f/Evaluacion-de-competencias-investigativas.pdf)
- Chávez-Sifontes, Marvin, & Domine, Marcelo E. (2013). LIGNINA, ESTRUCTURA Y APLICACIONES: MÉTODOS DE DESPOLIMERIZACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DE DERIVADOS AROMÁTICOS DE INTERÉS INDUSTRIAL. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 4(4), 15-46. [fecha de Consulta 4 de septiembre de 2021]. ISSN: Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=323629266003>
- Cortina, H., Moncada, M., & Herrera, J. (2012, diciembre). VARIEDAD CASTILLO® Preguntas frecuentes. Cenicafé. <https://www.cenicafe.org/es/publications/avt04261.pdf>
- Coy, C., Parra, J., Cuca, L. (2014) Caracterización química del aceite esencial e identificación preliminar de metabolitos secundarios en hojas de la especie *rputia heptaphylla* (rutaceae). <https://journal.poligran.edu.co/index.php/elementos/article/view/513>
- Cuya Curo, E. (2013). Asistencia Técnica dirigida en «Cosecha y postcosecha en el cultivo de café». Universidad Nacional Agraria La Molina-Agrobanco. <https://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/011-r-cafe.pdf>
- Espinoza, E., Rivera, A., & Tinoco, N. (2016). Formación de competencias investigativas en los estudiantes universitarios. *Atenas*, 1(33). <https://www.redalyc.org/journal/4780/478049736004/478049736004.pdf>
- Esquivel, R., Perez, E. (2018). Adecuación de metodologías para análisis de sodio y potasio por espectroscopía de absorción atómica, en sales de rehidratación oral. *Revista Tecnología en Marcha*, 31(2), 40-57.
- Ferré- Huget, N., Schuhmacher, M., Llobet, J., & Domingo, J. (2007). Metales pesados y salud. *MAPFRE Seguridad*, 108(50).

<https://app.mapfre.com/ccm/content/documentos/fundacion/prev-ma/revista-seguridad/n108-programa-hra-metales-pesados.pdf>

- Franco, M., & Carro-Pérez, M. (2014). Remoción de arsénico en agua mediante procesos de coagulación-floculación. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 30(2), 177-190.
- Gallegos, W., Vega, M., & Noriega, P. (2012). Espectroscopía de absorción atómica con llama y su aplicación para la determinación de plomo y control de productos cosméticos. *La Granja*, 15(1), 19-29.
- Gómez, R. (2003). Estudio preliminar de las concentraciones de mercurio, cadmio y cobre en eichhornia crassipes del complejo de humedales de María la baja, Bolívar.  
<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/55913/EICHHOMIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gómez Rengifo, V., Velásquez Jiménez, J., & Quintana Marín, G. (14 de 06 de 2013). *Lignina como absorbente de metales pesados*. Obtenido de Revista de Investigaciones Aplicadas:  
<https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/6881/LIGNINA%20COMO%20ADSORBENTE%20DE%20METALES%20PESADOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gómez, N (2015) Aprovechamiento del subproducto lignocelulósico raquis, procedente de la extracción de aceite de palma para la producción de bioetanol. Universidad de Antioquía. Obtenido de [https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/7367/1/GomezNatalia\\_2016\\_AprovechamientoSubproductoLignocelulosico.pdf](https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/7367/1/GomezNatalia_2016_AprovechamientoSubproductoLignocelulosico.pdf)
- Hernández, E. (2019, 9 abril). Manganese. Ciencia y Cultura. <https://www.revistac2.com/manganese/>
- Huertas, T. (2016) Unidad didáctica para la identificación cualitativa-experimental de carbohidratos; una estrategia de aula para la construcción de loncheras saludables. [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia] <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/58299/TatianaAlejandraHuertasN.2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ladino, Y., Torres, L (2016) LAS SECUENCIAS DE ACTIVIDADES EN EL DESARROLLO DE COMPETENCIAS CIENTIFICAS INVESTIGATIVAS A TRAVES DEL MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS ORGANICOS. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12209/15452>.

- Lagunes, E., & Zavaleta, E. (2016). Función de la lignina en la interacción planta-nematodos endoparásitos sedentarios. *Scielo*, 34(1).  
<https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.1506-7>
- Mejía, C., (2021). EVALUACIÓN DE LIGNINA COMO PRECURSOR PARA EL DESARROLLO DE ELECTRODOS DE SUPERCONDENSADORES [Trabajo de grado, Universidad Pontificia Bolivariana]  
<https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/8466/Evaluaci%C3%B3n%20de%20lignina.pdf?sequence=1>
- Mendoza Macías, A. (2016, noviembre). FRAGMENTACIÓN DE LA LIGNINA DEL CAFÉ (COFFEA ARABICA) PARA LA OBTENCIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS.  
<http://200.188.131.162:8080/jspui/bitstream/123456789/142/1/TESIS%20MCIQ%20ANGELICA%20MENDOZA.pdf>
- Ministerio de Educación Nacional [MEN]. (2020) Acuerdo 02 de 2020.  
[https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-393564\\_recurso\\_1.pdf](https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-393564_recurso_1.pdf)
- Ministerio de Educación Nacional [MEN]. (2019) Decreto 1330 de 2019.  
[https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-387348\\_archivo\\_pdf.pdf](https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-387348_archivo_pdf.pdf)
- Muñoz, J. (2007, julio). Biosorción de plomo (II) por cáscara de naranja “citrus cinensis” pretratada. <https://core.ac.uk/download/pdf/323353409.pdf>
- Muñoz-Restrepo, A. L. & Villa-Saavedra, A. (2020). Cartilla paso a paso de los resultados de aprendizaje. Ediciones Universidad Cooperativa de Colombia. DOI: <https://dx.doi.org/10.16925/wpgp.03>  
[https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/28265/3/2020\\_GrPr\\_Cartilla%20paso%20a%20paso\\_Anabela%20y%20Munoz.pdf](https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/28265/3/2020_GrPr_Cartilla%20paso%20a%20paso_Anabela%20y%20Munoz.pdf)
- Pérez, M. (2012). Fortalecimiento de las competencias investigativas en el contexto de la educación superior en Colombia. *Revista de investigaciones UNAD*, 11(1).  
<https://academia.unad.edu.co/images/investigacion/hemeroteca/revistainvestigaciones/volumen11num1%202012/1.%20Fortalecimiento%20de%20las%20competencias%20investigativas%20en%20el%20contexto%20de%20la%20educacion%20superior%20en%20Colombia.pdf>
- Piqué, T.M., & Vázquez, A. (2012). Uso de espectroscopía Infrarroja con Transformada de Fourier (FTIR) en el estudio de la hidratación de cemento, concreto y cemento. *Investigación y desarrollo*, 3(2), 62-71.
- Prøitz, T. (mayo de 2010). Learning outcomes: What are they? Who defines them? When and where are they defined? *Educational Assessment Evaluation and Accountability*, 119-137. DOI: 10.1007/s11092-010-9097-8.  
[https://www.researchgate.net/publication/226454599\\_Learning\\_outcomes\\_](https://www.researchgate.net/publication/226454599_Learning_outcomes_)



What\_are\_they\_Who\_defines\_them\_When\_and\_where\_are\_they\_defined/citations

- Ramírez, R., & Azcona, M. I. (2017). Efectos tóxicos del manganeso. *Revista de Especialidades Médico-Quirúrgicas*, 71(5).  
<https://www.medigraphic.com/pdfs/quirurgicas/rmq-2017/rmq172d.pdf>
- Ramírez Franco, J. H., & Enríquez Enríquez, M. K. (2015). Remoción de plomo (II) usando lignina obtenida a partir del procesamiento del pseudotallo de plátano. *Acta Agronómica*, 64(3), 209 - 213.  
<https://doi.org/10.15446/acag.v64n3.43488>
- Sabatier, J., Peniche, C., & Fernández, N. (1993). Soda Pulping of Bagesse: Delignification Phases and kinetics. *International Journal of the Biology, chemistry, Physics and Tecnology of wood*, 47(4).  
[https://www.researchgate.net/publication/249924314\\_Soda\\_Pulping\\_of\\_Bagasse\\_Delignification\\_Phases\\_and\\_Kinetics](https://www.researchgate.net/publication/249924314_Soda_Pulping_of_Bagasse_Delignification_Phases_and_Kinetics)
- Sánchez, J. A. & Gómez, D. L. (2016). Diseño e implementación de un proyecto de investigación en el aula sobre la fitorremediación de CR (VI) como una estrategia para el desarrollo de competencias científicas investigativas. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12209/3928>.
- Tejada Tovar, C., Villabona Ortiz, Á., & Garcés Jaraba, L. (10 de 06 de 2014). *Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico*. Obtenido de Tecnológicas:  
[https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwivr9u34Z3zAhVZQjABHR11AFsQFnoECAUQAQ&url=https%3A%2F%2Fdialnet.unirioja.es%2Fdescarga%2Farticulo%2F5062883.pdf&usq=A0vVaw1V5ChBin\\_hXwydueWeTnR0](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwivr9u34Z3zAhVZQjABHR11AFsQFnoECAUQAQ&url=https%3A%2F%2Fdialnet.unirioja.es%2Fdescarga%2Farticulo%2F5062883.pdf&usq=A0vVaw1V5ChBin_hXwydueWeTnR0)
- Torres, R., Montero, G., Beleño, M., Toscano, L., & Pérez, L. (2015). Lignina obtenida de residuos agrícolas como biocombustible de tercera generación. *Ciencia y Tecnología*, 15, 151–164.  
[https://www.palermo.edu/ingenieria/pdf2015/15/CyT\\_15\\_11.pdf](https://www.palermo.edu/ingenieria/pdf2015/15/CyT_15_11.pdf)
- Unidad curricular de postgrado [UCP] (2016, abril). Cómo redactar resultados de aprendizaje. Universidad de la frontera.  
<http://gestionpostgrado.ufro.cl/images/documentos/Como-redactar-Resultados-de-Aprendizaje-2018.pdf>
- Universidad Pedagógica Nacional [UPN] (julio de 2021) Mesa crítica de resultados de aprendizaje. Recuperado de: [http://vac.pedagogica.edu.co/wp-content/uploads/2021/08/guia\\_conceptual\\_y\\_ruta\\_trabajo\\_UPN.pdf](http://vac.pedagogica.edu.co/wp-content/uploads/2021/08/guia_conceptual_y_ruta_trabajo_UPN.pdf)

- Verduzco Flores, D., Leyva Inzunza, Z., & Torres García, E. (10 de 2020). *Obtención de compuestos de base lignina a partir de biomasa y su aplicación para la remoción de metales pesados en agua*. Obtenido de Revista Latinoamericana el Ambiente y las ciencias: <https://rlac.buap.mx/sites/default/files/11%20%2828%29-90.pdf>
- Villanueva, K., & Requena, L. (2007). Estudio toxicológico de los niveles de concentración de cadmio, manganeso y plomo, en sangre y/u orina en personas expuestas en las Avs. Abancay y Alfonso Ugarte de la ciudad de Lima. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. [https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/11110/Requena\\_cl.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/11110/Requena_cl.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

## 13 ANEXOS

### 13.1 Anexo 1

Anexo 1

<b>UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA</b>									
<b>LICENCIATURA EN QUÍMICA</b>									
<b>TRABAJO DE GRADO: DESARROLLO DE COMPETENCIAS INVESTIGATIVAS A PARTIR DE LA EXTRACCIÓN DE LIGNINA EN PULPA DE CAFÉ PARA LA REMOCIÓN DE MANGANESO EN AGUAS RESIDUALES</b>									
<b>ANYI YULIE LAMPREA GARCÍA KAREN MARIANA MORENO CHAVARRO</b>									
<b>EVALUACIÓN DE COMPETENCIAS INVESTIGATIVAS<sup>1</sup></b>									
<p>A continuación, se encuentran el conjunto de competencias investigativas que conforman el perfil de un INVESTIGADOR. Usted deberá indicar cuál es el Nivel de Dominio para cada uno de los ítems. Para esto lea detenidamente la definición de la competencia y después lea la descripción de cada uno de los niveles de dominio, que se encuentran en una escala de 1 a 5 y seleccione aquel que más se adecua a las conductas que usted posee. Para indicar el nivel seleccionado marque con una "x" al lado del número de la escala que lo representa.</p>									
<b>COMPETENCIAS COGNITIVAS</b> Capacidad para la estructuración y dominio propio de cada uno de los procesos conoscitivos e intelectuales que lleva a la construcción de habilidades de pensamiento y a su vez a diversas alternativas investigativas.									
1		2		3		4		5	
No domino las conductas relacionadas con esta competencia.		Tengo la capacidad para indagar y formular problemas a partir de lo que observo y del impacto que causa dicho problema en la sociedad. (Observación)		Encuentro lo que no es perceptible para todas las personas, además de observar, formulo nuevos hechos y preguntas que me permiten investigar e innovar. (Descubrimiento)		Genero nuevos conocimientos desde las observaciones y reflexiones donde analizo, critico y refuto otros puntos de vista, reconstruyo y resignifico mis conocimientos científicos. (Interpretación crítica)		Plasmo un hecho coherente y acertado, en el cual mis análisis científicos permiten dar solución a algún problema. (Desarrollo y creación de teorías)	
<b>COMPETENCIAS DE FORMULACIÓN DE PREGUNTAS</b> Habilidad para plantear preguntas tanto en la lógica del descubrimiento (investigación cualitativa) como en la lógica de verificación (investigación cuantitativa) por lo que se hace un énfasis en la secuencia para buscar información mediante diversos instrumentos que existen, como encuestas, entrevistas, cuestionarios, etc.									

<sup>1</sup> Tomado y adaptado de Castillo Vallejo, S. (2011). Evaluación de competencias investigativas. *XIII Conferencia Interamericana de educación matemática*. Recuperado 2022, de [https://www.researchgate.net/profile/Sandra-Vallejo/publication/267710221\\_Evaluacion\\_de\\_competencias\\_investigativas/links/58fa4ba64585152edecec30f/Evaluacion-de-competencias-investigativas.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Sandra-Vallejo/publication/267710221_Evaluacion_de_competencias_investigativas/links/58fa4ba64585152edecec30f/Evaluacion-de-competencias-investigativas.pdf)

1	2	3	4	5
No domino las conductas relacionadas con esta competencia.	Planteo preguntas sencillas para dar soluciones al problema de investigación.	Planteo interrogantes que concuerdan con las preguntas generales y la formulación del problema.	Encuentro un método que halla las relaciones significativas entre los fenómenos y para tal fin, plantea una taxonomía de preguntas.	Utilizo diferentes técnicas para buscar información mediante diferentes instrumentos, encuestas, entrevistas y otros.

### COMPETENCIAS OBSERVACIONALES

Capacidad de agudizar la observación para que las percepciones sean selectivas, al registrar y escribir ya se da un proceso de interpretación.

1	2	3	4	5
No domino las conductas relacionadas con esta competencia.	Agudizo la observación para que mis percepciones sean selectivas.	Registro mis observaciones de manera sistemática a través de instrumentos de observación.	Poseo habilidad para interpretar los registros de las observaciones que hago de tal manera que me permita categorizar y establecer indicadores.	Tengo habilidad para determinar y elegir el grado y el tipo de observación dependiendo de su presencia y participación en el campo de acción y la situación investigada.

### COMPETENCIAS PROCEDIMENTALES

Capacidad de realizar, detectar, demostrar y poner en acción las funciones y actividades pertinentes, precisas, eficaces y eficientes para finalizar de la mejor manera la tarea investigativa. Además, es la capacidad del uso de las etapas pertinentes para realizar el proceso investigativo desde el diseño, pasando por la experimentación, comprobación y sistematización.

1	2	3	4	5
No domino las conductas relacionadas con esta competencia.	Establezco los pasos a seguir para encontrar solución al problema planteado en la investigación.	Realizo diversas actividades que me permiten recoger información y utilizarla con efectividad en los diversos fenómenos investigativos.	Confronto lo hallado y lo reflexionado de diversas maneras, específicamente desde la experimentación, volviendo a revisar las actividades para reafirmar los resultados.	Observo alternativas para mejorar el proceso investigativo de tal manera que logro sistematizar el proceso.

### COMPETENCIAS ANALÍTICAS

Habilidad para darle sentido a los datos tanto cualitativos como cuantitativos para elaborar categorías de significado a partir de la información recolectada durante el trabajo de campo. Las competencias se orientan hacia la comprensión en profundidad, a partir de datos procedentes de escenarios, actores y actividades en contextos educativos donde está inmerso el investigador. A su vez incluye la identificación de los elementos del dominio cultural y la determinación del foco etnográfico de la investigación.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

No domino las conductas relacionadas con esta competencia.	Le doy sentido a los datos tanto cualitativos como cuantitativos para elaborar categorías de significado a partir de la información recolectada durante el trabajo de campo.	Establezco los indicadores que caracterizan las categorías establecidas con base en los objetivos de la investigación.	Comprendo en profundidad, a partir de datos procedentes de escenarios, actores y actividades en contextos educativos donde estoy inmerso.	Identifico los elementos del dominio cultural y la determinación del foco etnográfico de la investigación.
--	--	--	---	--

### COMPETENCIAS COMUNICATIVAS

Habilidades dar a conocer los productos investigativos y la capacidad para hacerlos llamativos y útiles a la sociedad del conocimiento. Así mismo, es la capacidad para la redacción de textos y el informe final del trabajo de investigación con las características propias de ésta, ya sea cualitativa o cuantitativa, de tal manera que la redacción tenga orden, coherencia, propiedad y estilo.

1	2	3	4	5
No domino las conductas relacionadas con esta competencia.	Determino los procesos para dar a conocer los productos investigativos.	Tengo la capacidad para hacer los productos atractivos y útiles a la sociedad del conocimiento.	Redacto textos y el informe final de trabajo de investigación con las características propias de ésta.	Participo como conferencista o como coordinador de eventos científicos donde se divulgue el trabajo investigativo de mi línea de investigación.

### COMPETENCIAS TECNOLÓGICAS

Capacidad para seleccionar y manejar técnicas de recolección de datos mediante el uso de software computacional y educativo para el análisis de datos y presentación de resultados.

1	2	3	4	5
No domino las conductas relacionadas con esta competencia.	Identifico los diferentes tipos de equipos y herramientas existentes.	Manejo una o dos de las diferentes herramientas que permiten el manejo de procesamiento o de datos (paquetes informáticos)	Integro las especificidades de las diferentes herramientas y sistemas vigentes para el manejo y procesamiento de datos.	Emito juicios de valor para proponer alternativas informáticas que den solución a los problemas existentes que se derivan del procesamiento de datos a través de herramientas tecnológicas.

### COMPETENCIAS INTERPERSONALES

Agudeza del investigador para realizar investigación con otros y con lo que la sociedad demanda y necesita. También se refiere a que el individuo es competente para vivir y pensar en sociedad.

1	2	3	4	5
No tengo la capacidad para trabajar en equipo.	Tengo la capacidad para trabajar en equipo.	Pertenezco a un grupo o línea de investigación; percibo los puntos más importantes de un	Creo lazos y redes con sociedades de conocimiento para fortalecer los procesos de investigación.	Genero grupos de interés y discusión con temas particulares dando base a las líneas de investigación. Así mismo, coordino foros, mesas de trabajo y simposios donde se dé

		problema, de una estructura social y sus necesidades, interpreto y recojo lo importante.		a conocer los trabajos investigativos desarrollados con sus pares.
--	--	--	--	--

## 13.2 Anexo 2

Anexo 2

<b>UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL</b> <b>FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA</b>  <b>LICENCIATURA EN QUÍMICA</b>  <b>TRABAJO DE GRADO: DESARROLLO DE COMPETENCIAS INVESTIGATIVAS A PARTIR DE LA EXTRACCIÓN DE LIGNINA EN PULPA DE CAFÉ PARA LA REMOCIÓN DE MANGANESO EN AGUAS RESIDUALES</b>  <b>ANYI YULIE LAMPREA GARCÍA</b> <b>KAREN MARIANA MORENO CHAVARRO</b>									
<b>EVALUACIÓN DE COMPETENCIAS INVESTIGATIVAS</b>									
<p>A continuación, se encuentran el conjunto de resultados de aprendizaje que evaluarán las competencias investigativas que conforman el perfil de un INVESTIGADOR. Para esto se presentan diversos niveles de dominio, que se encuentran en una escala de 1 a 5 los cuales corresponden a los niveles relacionados con las competencias desarrolladas en el curso de Sistemas Orgánicos II (V3).</p>									
<b>COMPETENCIAS COGNITIVAS</b>									
Capacidad para la estructuración y dominio propio de cada uno de los procesos conoscitivos e intelectuales que lleva a la construcción de habilidades de pensamiento y a su vez a diversas alternativas investigativas.									
<b>1</b>		<b>2</b>		<b>3</b>		<b>4</b>		<b>5</b>	
No domina las conductas relacionadas con esta competencia.		Tiene la capacidad para indagar y formular problemas a partir de lo que observa.		Formula nuevos hechos y preguntas que le permiten investigar e innovar.		Analiza, critica y refuta otros puntos de vista.		Analiza científicamente y da solución a algún problema.	
<b>COMPETENCIAS DE FORMULACIÓN DE PREGUNTAS</b>									
Habilidad para plantear preguntas tanto en la lógica del descubrimiento (investigación cualitativa) como en la lógica de verificación (investigación cuantitativa) por lo que se hace un énfasis en la secuencia para buscar información mediante diversos instrumentos que existen, como encuestas, entrevistas, cuestionarios, etc.									
<b>1</b>		<b>2</b>		<b>3</b>		<b>4</b>		<b>5</b>	
No domina las conductas relacionadas con esta competencia.		Formula preguntas sencillas para dar soluciones al problema de investigación.		Plantea interrogantes que son coherentes con las preguntas generales y la formulación del problema.		Encuentra un método que relaciona los fenómenos y plantea una taxonomía de preguntas.		Utiliza diferentes instrumentos, encuestas, entrevistas, entre otros para buscar información.	
<b>COMPETENCIAS OBSERVACIONALES</b>									
Capacidad de agudizar la observación para que las percepciones sean selectivas, al registrar y escribir ya se da un proceso de interpretación.									
<b>1</b>		<b>2</b>		<b>3</b>		<b>4</b>		<b>5</b>	

No domina las conductas relacionadas con esta competencia.	Observa cuidadosamente para tener percepciones selectivas.	Registra sus observaciones de manera sistemática.	Interpreta y categoriza los registros de las observaciones a partir de indicadores.	Determina y elige el grado y el tipo de observación dependiendo del contexto de acción.
--	--	---	---	---

### COMPETENCIAS PROCEDIMENTALES

Capacidad de realizar, detectar, demostrar y poner en acción las funciones y actividades pertinentes, precisas, eficaces y eficientes para finalizar de la mejor manera la tarea investigativa. Además, es la capacidad del uso de las etapas pertinentes para realizar el proceso investigativo desde el diseño, pasando por la experimentación, comprobación y sistematización.

1	2	3	4	5
No domina las conductas relacionadas con esta competencia.	Establece pasos para encontrar solución al problema planteado en la investigación.	Recoge información y la utiliza con efectividad en los diversos fenómenos investigativos.	Compara y reflexiona lo hallado desde la experimentación y revisa las actividades para reafirmar los resultados.	Sintetiza el proceso investigativo hallando alternativas para mejorar.

### COMPETENCIAS ANALÍTICAS

Habilidad para darle sentido a los datos tanto cualitativos como cuantitativos para elaborar categorías de significado a partir de la información recolectada durante el trabajo de campo. Las competencias se orientan hacia la comprensión en profundidad, a partir de datos procedentes de escenarios, actores y actividades en contextos educativos donde está inmerso el investigador. A su vez incluye la identificación de los elementos del dominio cultural y la determinación del foco etnográfico de la investigación.

1	2	3	4	5
No domina las conductas relacionadas con esta competencia.	Elabora categorías de significado a partir de la información recolectada durante el trabajo de campo.	Establece los indicadores que caracterizan las categorías establecidas con base en los objetivos de la investigación.	Comprende en profundidad, a partir de datos, actores y actividades en contextos educativos donde se encuentra inmerso.	Identifica los elementos culturales y etnográficos de la investigación.

### COMPETENCIAS COMUNICATIVAS

Habilidades dar a conocer los productos investigativos y la capacidad para hacerlos llamativos y útiles a la sociedad del conocimiento. Así mismo, es la capacidad para la redacción de textos y el informe final del trabajo de investigación con las características propias de ésta, ya sea cualitativa o cuantitativa, de tal manera que la redacción tenga orden, coherencia, propiedad y estilo.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---



No domina las conductas relacionadas con esta competencia.	Determina procesos que dan a conocer los productos investigativos.	Tiene la capacidad para hacer los productos atractivos y útiles a la sociedad del conocimiento.	Redacta textos y el informe final de trabajo de investigación con las características propias de ésta.	Participa como conferencista o como coordinador de eventos científicos de divulgación de trabajos investigativos.
<b>COMPETENCIAS TECNOLÓGICAS</b>				
Capacidad para seleccionar y manejar técnicas de recolección de datos mediante el uso de software computacional y educativo para el análisis de datos y presentación de resultados.				
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
No domina las conductas relacionadas con esta competencia.	Identifica los diferentes tipos de equipos y herramientas existentes.	Maneja diferentes herramientas que permiten el procesamiento de datos.	Integra las especificidades de las diferentes herramientas y sistemas para el manejo de datos.	Emite juicios de valor para proponer alternativas informáticas que den solución a los problemas.
<b>COMPETENCIAS INTERPERSONALES</b>				
Agudeza del investigador para realizar investigación con otros y con lo que la sociedad demanda y necesita. También se refiere a que el individuo es competente para vivir y pensar en sociedad.				
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
No tiene la capacidad para trabajar en equipo.	Tiene la capacidad para trabajar en equipo.	Percibe los puntos más importantes de un problema, su estructura social y sus necesidades.	Crea redes con sociedades de conocimiento que fortalecen los procesos de investigación.	Genera y coordina grupos de interés y discusión con temas particulares dando base a las líneas de investigación.

### 13.3 Anexo 3

Anexo 3

#### CARACTERIZACIÓN DE GRUPOS FUNCIONALES SISTEMAS ORGÁNICOS II

Karen Mariana Moreno - Anyi Lamprea García  
Dora Luz Gómez  
6 de mayo de 2022

El presente instrumento hace parte del trabajo de grado adscrito a la línea de investigación “Incorporación de la educación ambiental al currículo de ciencias” dirigido por la profesora Dora Luz Gómez. Este instrumento tiene como finalidad obtener información frente a las competencias investigativas que poseen los estudiantes por medio del desarrollo de la práctica de laboratorio “Caracterización de grupos funcionales”.

**Objetivo de la práctica:** Caracterizar a partir de los grupos funcionales, el material lignocelulósico que se puede encontrar en la pulpa de café (Castillo®).

#### Materiales y Reactivos

Materiales y equipos	Reactivos	
Tubos de ensayo con gradilla	Algodón	Resorcinol
Microespátula	Reactivo Molish	Ácido Benzoico
Beaker	Reactivos Fehling Ay B	Almidón
Pipetas graduadas	Reactivo Benedict	Sacarosa
Pipeta pasteur	Reactivo Bial	Manosa
Pipeteadores	Cloruro Férrico	Celulosa
Agitador de vidrio	Glucosa	Fucosa
Escobillas	Ribosa	Pulpa de Café (Castillo®)
Frasco lavador	Xilosa	
Plancha de calentamiento	Fenol	

#### Procedimiento

- Inicie el procedimiento lavando y secando todo el material, procure que todo se encuentre bien purgado con agua destilada.
- No utilice una misma pipeta con diversos reactivos, recuerde que si lo hace los puede contaminar.

## **CARACTERIZACIÓN DE AZÚCARES**

### ***Prueba de Molish***

1. Prepare 3 tubos de ensayo
2. En un vaso de precipitado diluya un poco de glucosa en agua.
3. Añadir a cada tubo respectivamente 2 ml de: glucosa, y almidón.
4. Añadir algodón al tercer tubo. Para preparar el algodón tomar muy poco y agregarle agua destilada en un beaker, calentar, dejar enfriar y luego, pasar al tubo de ensayo.
5. Añadir a cada tubo cinco gotas de la solución de reactivo de Molish. Agitar la mezcla
6. Añadir a cada tubo 2 ml de ácido sulfúrico concentrado, dejándolo resbalar por las paredes, no agregue directamente, usar guantes y trabajar en la campana de extracción.
7. Observar y anotar la aparición de color (tipo de color, intensidad y tiempo de aparición) para cada uno de los compuestos.
8. Color, precipitado o anillo oscuro es positivo.

### ***Prueba de Fehling***

1. En un vaso de precipitado diluya un poco de sacarosa en agua, realice el mismo procedimiento para los reactivos sólidos
2. Prepare 4 tubos de ensayo
3. Añadir a cada tubo 1ml del reactivo de Fehling A y 1ml de reactivo Fehling B y mezclar bien agitando el tubo.
4. Calentar a baño María en ebullición durante 1 minuto.
5. Agregue en cada tubo 1mL de sacarosa, celulosa, café hidrolizado y glucosa respectivamente.
6. Ponga los tubos en baño María, para el café debe esperar aproximadamente 10 minutos.
7. Observar y anotar la aparición de color (tipo de color, intensidad y tiempo de aparición) para cada uno de los compuestos.
8. Un cambio de color anaranjado es positivo

### ***Prueba de Benedict***

1. Prepare 5 tubos de ensayo
2. Añadir a cada tubo 2 ml de: glucosa, sacarosa, café hidrolizado, celulosa y almidón respectivamente. (tenga en cuenta que debe diluir los reactivos sólidos en agua)
3. Añadir a cada tubo 2ml del reactivo de Benedict. Agitar la mezcla.
4. Ponga los tubos en baño María, para el café debe esperar aproximadamente 10 minutos.
5. Observar y anotar la aparición de color (tipo de color, intensidad y tiempo de aparición) para cada uno de los compuestos.

6. Color o precipitado rojizo, verde o amarillo es positivo.

## **CARACTERIZACIÓN DE MONÓMEROS DE HEMICELULOSA**

### ***Prueba de Bial***

1. Prepare 4 tubos de ensayo
2. Añadir a cada tubo 2ml del reactivo de Bial
3. Añadir a cada tubo directamente con la punta de la microespátula: ribosa, manosa, xilosa y fucosa respectivamente. Agite la mezcla
4. Ponga los tubos en baño María.
5. Observar y anotar la aparición de color (tipo de color, intensidad y tiempo de aparición) para cada uno de los compuestos.
6. Color o precipitado verde oscuro es positivo

## **CARACTERIZACIÓN DE FENOLES- MONOLIGNOLES**

### ***Prueba de FeCl<sub>3</sub>***

1. Prepare 3 tubos de ensayo
2. Añadir a cada tubo con la punta de la espátula: fenol, Ácido benzoico y resorcinol respectivamente.
3. Añadir a cada tubo 2ml de agua y agitar.
4. Añadir a cada tubo 2 gotas de reactivo de FeCl<sub>3</sub>
5. Observar y anotar la aparición de color (tipo de color, intensidad y tiempo de aparición) para cada uno de los compuestos.
6. Color oscuro es positivo.

---

**NOTA:** De antemano agradecemos su colaboración; para dar cierre al laboratorio correspondiente a la “Caracterización de grupos funcionales” respectivo a la tesis “Desarrollo de competencias investigabas a partir de la extracción de lignina en pulpa de café para la remoción de manganeso en aguas residuales” se debe presentar un informe de laboratorio tipo artículo científico y una pequeña presentación de resultados y análisis por grupo de trabajo. En este informe se deberá exponer el por qué este material lignocelulósico es importante y, cuál de los compuestos (lignocelulósicos) utilizaría para la remoción de metales pesados en aguas residuales.

1. El artículo debe tener principalmente los siguientes ítems:
  - Resumen
  - Introducción

- Materiales, reactivos y equipos
- Metodología tipo diagrama de flujo
- Resultados con muestras fotográficas
- Análisis
- Conclusiones
- Bibliografía (No se admite Wikipedia, rincón del vago, entre otras)

El artículo no debe exceder las 10 páginas, se debe realizar con normas APA.

2. Presentación de Resultados, análisis y conclusiones: Se debe realizar una presentación digital donde demuestre los resultados por grupo. Para sustentar se dispone de 5 minutos máximo por grupo, las docentes en formación decidirán el orden de los expositores en cada grupo durante la sustentación.
3. El artículo y la presentación debe enviarse a los correos de las docentes en formación con copia a la profesora Dora Luz Gómez el día 15 de mayo del 2022 hasta las 23:59pm. La sustentación se realizará el día 16 de mayo de 2022 durante la clase de Sistemas orgánicos II.
  - ✓ Correos

[Dqu\\_aylampreag695@pedagogica.edu.co](mailto:Dqu_aylampreag695@pedagogica.edu.co)

[kmmorenoc@upn.edu.co](mailto:kmmorenoc@upn.edu.co)

[dgomez@pedagogica.edu.co](mailto:dgomez@pedagogica.edu.co)

## 13.4 Anexo 4

Anexo 4

### RÚBRICA DE EVALUACIÓN

Informe de laboratorio “**Identificación de grupos funcionales**” en relación con el trabajo de grado titulado: **EXTRACCIÓN DE LIGNINA EN PULPA DE CAFÉ PARA LA REMOCIÓN DE MANGANESO EN AGUAS RESIDUALES COMO CONTEXTO PARA EL DESARROLLO DE COMPETENCIAS INVESTIGATIVAS A PARTIR DE LA IDENTIFICACIÓN DE CARBOHIDRATOS.**

Grupo:

Criterio	Niveles de ejecución				
	1	2	3	4	5
<b>Presentación</b> (Competencia comunicativa)	El informe no cumple con el formato establecido para la presentación de un informe de laboratorio.	El informe cuenta con una estructura incompleta y no se tiene coherencia en la presentación de resultados y análisis.	Presenta el formato establecido, organizado y llamativo para el lector.	Presenta y redacta un texto con el formato correspondiente para un informe de laboratorio con las características propias del mismo.	Divulga su trabajo investigativo, con una presentación pulcra y correspondiente para una buena sustentación de mismo.
<b>Resumen e introducción</b> (Competencia comunicativa)	No presenta un resumen e introducción claros, además del nulo uso de citas bibliográficas.	Presenta un resumen e introducción poco coherente con lo que plantea en el cuerpo del informe de laboratorio.	Presenta el formato establecido, organizado y llamativo para el lector.	Presenta un resumen adecuado y relaciona aspectos teóricos en la introducción.	Describe el resumen e introducción de una forma coherente en donde hace uso de referencias bibliográficas.
<b>Materiales, equipos y reactivos</b> (Competencia comunicativa)	No presenta materiales, equipos ni reactivos utilizados.	Presenta los materiales, equipos y reactivos, pero no tienen un orden claro.	Organiza adecuadamente los materiales, equipos y reactivos a utilizar en la práctica.	Los materiales, equipos y reactivos, son coherentes con los utilizados en la práctica de laboratorio.	Presenta de manera organizada y sistemática los materiales, equipos y reactivos.
<b>Metodología</b> (Competencia procedimental)	No presenta diagramas de flujo.	Establece los pasos para los diversos procedimientos a realizar en la práctica de laboratorio.	Hace uso de diagramas de flujo para dar a conocer el procedimiento para identificación de fenómenos investigativos.	Revisa que el procedimiento es correspondiente a las diferentes pruebas experimentales a realizar.	Sintetiza en diagramas de flujo de una forma coherente el procedimiento realizado en una práctica de laboratorio.
<b>Resultados y análisis</b> (Competencia observacional y analítica)	No se describen en forma detallada los resultados que se obtuvieron, y a	Observa y elabora categorías a partir de las observaciones y percepciones	Redacta y sistematiza los resultados obtenidos, presenta apoyo	Comprende en profundidad, a partir de datos e interpreta a partir de	Profundiza el grado de observación y aplicación de los resultados

	estos les falta las reacciones químicas. Las ideas presentadas en el análisis no son importantes,	obtenidas durante el trabajo de práctica de laboratorio.	fotográfico y una discusión fuerte en relación con el proceso experimental.	indicadores los resultados observados en la práctica de laboratorio.	obtenidos, presentando de esta manera reacciones químicas.
<b>Conclusiones</b> (Competencia analítica)	La conclusión es confusa y no tiene relación con los resultados y las preguntas planteadas para el desarrollo del informe.	Presenta conclusiones que se relacionan con los resultados obtenidos, pero son muy extensas y no cierran ideas claras.	Establece conclusiones relacionadas con la finalidad de la práctica de laboratorio teniendo en cuenta las características de las metodologías utilizadas.	Las conclusiones son concisas y adecuadas, además se responde a las preguntas planteadas para el desarrollo del informe a partir de los datos obtenidos y observados en el laboratorio.	Relaciona los resultados obtenidos con las problemáticas y sintetiza las observaciones características para cada uno de los ensayos realizados.
<b>Referencias bibliográficas</b> (Competencia comunicativa)	No se evidencia las referencias dentro del texto y no cumplen con las normas APA, las referencias no se presentan ordenadamente.	Se detectan fragmentos de texto que no tienen referencia o no cumplen totalmente con las normas APA. Poseen un formato uniforme, pero le falta orden,	Organiza las referencias bibliográficas de manera coherente en el texto, pero no cumple en su totalidad con las normas APA.	Se emplean correctamente las referencias según normas APA en las distintas secciones del informe que lo requieren.	Sistematiza y referencia de forma adecuada las citas bibliográficas dando relevancia a los derechos de autor.

## 13.5 Anexo 5

Anexo 5

### RÚBRICA DE EVALUACIÓN

Sustentación laboratorio “Identificación de grupos funcionales” en relación con el trabajo de grado titulado: **EXTRACCIÓN DE LIGNINA EN PULPA DE CAFÉ PARA LA REMOCIÓN DE MANGANESO EN AGUAS RESIDUALES COMO CONTEXTO PARA EL DESARROLLO DE COMPETENCIAS INVESTIGATIVAS A PARTIR DE LA IDENTIFICACIÓN DE CARBOHIDRATOS.**

Grupo:

Criterio	Niveles de ejecución				
	1	2	3	4	5
<b>Dominio del contenido</b> (Competencia procedimentales, analíticas y formulación de preguntas)	Los estudiantes no tienen clara la temática a abordar, no se evidencia el dominio del tema ni la investigación realizada.	Los estudiantes realizan una explicación, identificación del tema muy básica y el dominio es adecuado pero deficiente, sin embargo, logran responder superficialmente las preguntas realizadas.	Los estudiantes abordan el tema organizadamente categorizando la información recolectada y relacionándola con el tema abordado, además siguen un orden específico	Los estudiantes comprenden el tema, se evidencia la ampliación realizada en la investigación, además, responden correctamente a las preguntas realizadas.	Los estudiantes demuestran un conocimiento y comprensión completa sobre el tema, cuenta con información pertinente, se evidencia la profundización en la investigación y logran responder las preguntas realizadas
<b>Comunicación efectiva y actitud en la presentación.</b> (Competencia cognitiva y comunicativa)	La presentación no es clara y no se comprende bien lo que están exponiendo, no presentan contacto visual con los demás compañeros y leen todo el tiempo las notas	Se entiende lo que se expone, sin embargo, no es muy llamativa la exposición, leen la mayoría del tiempo y solo un estudiante responde las preguntas.	La presentación es clara y llamativa, se apoyan de sus notas y más de dos estudiantes responden a las preguntas formuladas.	Se evidencia el manejo del tema, la exposición es llamativa y organizada.	El lenguaje es claro y preciso, presentan una buena articulación y pronunciación, captan la atención y contacto visual de los demás compañeros, el grupo responde a las preguntas planteadas.



<p><b>Medios y recursos visual.</b> (Competencia tecnológica)</p>	<p>No utilizan material de apoyo o se encuentra incompleto y desorganizado.</p>	<p>Utilizan material de apoyo, sin embargo, se encuentra incompleto y poco llamativo.</p>	<p>El material de apoyo es aceptable, utiliza pocos gráficos, utiliza más de 10 líneas en las diapositivas, la tipografía no se entiende y presenta fallas ortográficas.</p>	<p>El material es adecuado, presentan gráficos, utiliza más de 6 líneas de texto, la tipografía es adecuada, presenta ortografía regular, orden y uso de colores.</p>	<p>El material de apoyo es interesante y atractivo, apoya la presentación, no tiene más allá de 6 líneas de texto en las diapositivas, presenta buena ortografía, orden y uso de colores. La información presentada es concorde a los resultados</p>
<p><b>Trabajo colaborativo.</b> (Competencia interpersonal)</p>	<p>No se evidencia un trabajo colaborativo, los integrantes son individualistas y no todos participan en la sustentación.</p>	<p>El trabajo colaborativo es deficiente, la presentación es desorganizada y solo algunos participan en la sustentación</p>	<p>Se presenta cierta planificación, sin embargo, se evidencia la improvisación y resaltan unos integrantes más que otros.</p>	<p>Todos los estudiantes conocen la presentación y desarrollo global, sin embargo, no todos aportan y abordan la totalidad de las temáticas.</p>	<p>El trabajo presenta planificación y trabajo en equipo. Todos los integrantes tienen el mismo protagonismo en la sustentación, presentando conocimiento de las temáticas abordadas.</p>

## 13.6 Anexo 6

Anexo 6

### Certificación pulpa de café Castillo®



#### ESTRUCTURA DE FINCA Comité Departamental de Cafeteros de CUNDINAMARCA

<b>Departamento:</b>	CUNDINAMARCA	<b>Municipio:</b>	GUAYABAL DE SIQUIMA	<b>Vereda:</b>	TRINIDAD
<b>Cod. SICA:</b>	2532801508	<b>No. Arboles:</b>	2194	<b>Area Total:</b>	0.43
<b>Finca:</b>	SAN LUIS	<b>Tenencia:</b>		<b>Area Café:</b>	0.43
<b>Ecotopo:</b>		<b>Doc Caficultor:</b>		<b>Seccional:</b>	TABLAZO
<b>Caficultor:</b>		<b>Doc del Titular:</b>		<b>Distrito:</b>	ALBAN - GUAYABAL
<b>CTCI Delegada a:</b>		<b>Reside:</b>		<b>Ult. Actualizacion:</b>	2021-08-13

No. Lote	Nombre Lote	Area Lote	ASN	Coord. X	Coord. Y	Variedad	Labor	Fec. Labor	Forma	Dist. Planta	Dist. Surcos/DMS	Dens.	Plantas	Lumin.	Sombrio	Asocio	Tipo	Progr.
001		0.43	1399	955105.40	1034545.01	CASTILLO	RZ	13-07-2021	TRIANGULO	1.40	1.40	5.102	2.194	SOL	NINGUNO	NINGUNO		

Firma Caficultor

Nombres y Apellidos:

Este documento se entrega a solicitud del caficultor y no constituye prueba de derechos sobre bienes muebles o inmuebles, ni sirve como sustituto de los sistemas de catastro u oficina de registro. Las operaciones, contratos y derechos sobre las fincas se registrarán por las normas civiles correspondientes. Tampoco es un aval o certificación de la Federación a cualquier operación financiera, comercial o civil (incluido el ICR u otros incentivos)

Estado de validación:

User: 79943776

Fuente: SICA WEB 2022-08-19 08:24:13 pm

**ACTIVA**

Firma Extensionista

Nombres y Apellidos:

Cod. Sica: 2532801508

© FNC 2020 Prohibida su Reproducción