

Fortaleciendo raíces: residuos del café como motores de sostenibilidad en el municipio  
de Tibacuy – Cundinamarca

Karen Lizeth Páez Gómez

Karen Nathalia Zamudio Sánchez

Universidad Pedagógica Nacional  
Facultad de Ciencia y Tecnología  
Departamento de Química  
Bogotá D.C  
2024

Fortaleciendo raíces: residuos del café como motores de sostenibilidad en el municipio  
de Tibacuy – Cundinamarca

Karen Lizeth Páez Gómez

Karen Nathalia Zamudio Sánchez

Trabajo de grado para optar al título de:  
Licenciada en Química

Directora

Doctora Yolanda Ladino Ospina

Co – directora

Profesora Nubia Ladino Ospina

Universidad Pedagógica Nacional

Facultad de Ciencia y Tecnología

Departamento de Química

Bogotá D.C

2024

Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

---

Firma del presidente jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

Bogotá D.C., de mayo de 2024

## DEDICATORIA

A mi mamá Yeymy Gómez, a mi hermana Ana María Páez, a mis abuelos Ana Tulia Torres y José Rubiel Gómez, a mi enamorado Gildardo Gutiérrez y a mis mascotas Princesa, Kity, Pinina, Lucas, Ikary, Copito y Eros.

- *Karen Lizeth Páez Gómez*

A Jesús, a mi mamá Carmen, mi papá Wilson, a mi hermano Marlon, a mis tíos Jhon, Amanda, Patricia y Rocío y a mi gatito Aslan.

- *Karen Nathalia Zamudio Sánchez*

## AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro más sincero y especial agradecimiento a la Doctora Yolanda Ladino Ospina, por su disposición, apoyo incondicional, aportes fundamentales y paciencia en cada una de las etapas del proceso investigativo.

Agradecemos a la comunidad cafetera de la vereda San José del municipio de Tibacuy, quienes nos brindaron la oportunidad de entablar una amena implementación pedagógica de este proyecto de investigación, donde se compartieron saberes y se generaron nuevos conocimientos, su valiosa contribución enriqueció significativamente nuestro aprendizaje pedagógico.

Agradecemos inmensamente a la Universidad Pedagógica Nacional, por permitirnos no solo pertenecer a una institución educativa de alta calidad, sino brindarnos saberes, experiencias y amistades inigualables, como lo son Yuliana Bonilla y Johan Pinzón, quienes son parte esencial no solo de nuestro proceso académico, sino de nuestro crecimiento personal.

Agradecemos a los profesores del laboratorio, Andrés, Johan y Merci, por su incondicional apoyo en el procedimiento disciplinar de esta investigación.

Agradecimientos a todos los profesores que cultivaron en nosotras diversos conocimientos a lo largo de toda la etapa universitaria, especialmente al profesor Rodrigo Rodríguez, quien, con su inigualable forma de enseñar y apoyar, contribuyó al aprendizaje significativo en nosotras. De igual manera a las profesoras Sonia Torres y Nohora Marlen Arias por su atenta lectura y evaluación que con sus aportes precisos, comentarios constructivos nos permitieron reflexionar sobre nuestro trabajo desde diferentes perspectivas, valoramos profundamente su compromiso con la educación y el desarrollo de la investigación.

Agradecemos a Francisco Campuzano de la Universidad de Antioquia por permitirnos implementar su metodología y facilitarnos su documento investigativo antes de ser publicado, también, su disposición para atender las inquietudes generadas.

- *Karen Páez y Zamudio*

Agradezco esencialmente a mi mamá Yeymy Liliana Gómez, por ser el pilar esencial de mi vida, por su apoyo y amor incondicional, ya que gracias a ella, se hizo posible este sueño y específicamente, ser mi modelo a seguir y darme ejemplo de valentía, motivación, superación y esfuerzo.

A mi hermana Ana María Páez, por ser un apoyo y confidente inigualable siempre.

A mi abuelita Ana Tulia, por brindarme su apoyo y amor incondicional en cada etapa de mi vida y ser mi principal inspiración para ser educadora y específicamente darme motivación en esta investigación.

A mi abuelito José Rubiel, quien toda la vida me ha brindado su amor incomparable, su apoyo y motivación incondicional y hacerme saber que se siente muy orgulloso con cada uno de mis logros.

A mi enamorado Gildardo Gutiérrez, quien desde el inicio ha estado a mi lado, brindándome apoyo en esta investigación. En los momentos difíciles, gracias a tu amor y motivación, he encontrado valentía para continuar. Gracias por tu dedicación, paciencia, amor y estar ahí siempre para mí.

A mi padre, Jorge Rolando, que desde el cielo me ha guiado.

A mi amiga Karen Zamudio, con quien no solo forjamos una hermosa amistad, sino desarrollamos con mucho esfuerzo y dedicación este maravilloso proyecto.

A la Universidad, donde pude forjar mi pensamiento crítico, mi perspectiva social y mi conocimiento disciplinar y pedagógico, de igual manera me permitió conocer amistades maravillosas como Johan P, Yuliana B, Karen Z y Diego P.

Al profesor Juan Sánchez, ahora colega, quien, con su inigualable forma de enseñar la química, fue una de las personas que me inspiró a estudiar la hermosa carrera de Licenciatura en Química.

A mis mascotas, Princesa, Kity, Pinina, Lucas, Ikary, Copito y Eros, quienes me acompañaron cada noche en vela, donde al mirarlos me recargaban de amor.

- *Karen Lizeth Páez Gómez*

Agradezco principalmente a Jesús, por ser quien me sostiene y me sostuvo en esta etapa, por permitirme soñar sus sueños.

A mis abuelitos por ser mi pilar, un beso al cielo.

A mis papas y mi hermano, mi equipo incondicional, gracias por su apoyo y amor inagotable. Su confianza en mí ha sido inquebrantable y juntos celebramos este logro.

A mis tíos por su amor y apoyo en cada etapa.

A Juanito por hacerme reír y darme apoyo en momentos malos.

A mis mejores amigas Karen O. y América C. es inefable lo que siento, pero agradezco por amarme, apoyarme y estar ahí siempre. Su amistad ha enriquecido mi vida de una manera que nunca podría haber imaginado.

A Camilo Pizano por creer en mí desde el día uno y apoyarme siempre en este camino, hoy somos colegas.

A la Universidad por haberme dado además de conocimiento y experiencias, personas lindas y amigos, Yuli, Johan, Keidy, Manu y Karen.

A Karen Páez por ser mi partner in crime, compañera y amiga con quien construí no solo un proyecto sino una amistad. Por tu paciencia con mis ideas locas y tu capacidad para reírnos juntas en situaciones estresantes y amargantes.

A mi gatito Aslan David por acompañarme y darme mimos en tantas noches de desvelo.

Filipenses 3:13-14

“Hermanos, yo sé muy bien que todavía no he alcanzado la meta; pero he decidido no fijarme en lo que ya he recorrido, sino que ahora me concentro en lo que me falta por recorrer. Así que sigo adelante, hacia la meta, para llevarme el premio que Dios nos llama a recibir por medio de Jesucristo”

- *Karen Nathalia Zamudio Sánchez*

## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	15
CAPÍTULO 1 .....	16
1.1.    PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	16
1.2.    JUSTIFICACIÓN.....	17
1.3.    OBJETIVOS .....	19
1.3.1.    Objetivo general. ....	19
1.3.2.    Objetivos específicos. ....	19
CAPÍTULO 2 .....	20
2.1.    ANTECEDENTES.....	20
2.2.    MARCO SOCIAL .....	22
2.2.1.    Sostenibilidad – manejo de residuos. ....	22
2.2.2.    Representación social. ....	22
2.2.3.    Educación no formal.....	23
2.3.    MARCO AMBIENTAL Y SOSTENIBLE .....	25
2.3.1.    Coffea arabica y sus variedades. ....	25
2.3.2.    Cultivo del café en Colombia.....	26
2.3.3.    Cultivo del café en Tibacuy.....	27
2.3.4.    Residuos.....	28
2.3.5.    Buenas prácticas agrícolas .....	28
2.3.6.    Películas de celulosa.....	28
2.3.7.    Economía circular.....	29
CAPÍTULO 3 .....	30
3.1.    CARACTERIZACIÓN.....	30
3.1.1.    El lugar.....	30
3.1.2.    Los participantes.....	31
3.2.    FASES DE LA INVESTIGACIÓN.....	32
3.3.    METODOLOGÍA PEDAGÓGICA.....	33
3.4.    METODOLOGÍA DISCIPLINAR.....	34
3.4.1.    Determinación de Humedad.....	34
3.4.2.    Deslignificación del pergamino café. ....	35
3.4.3.    Solubilización y regeneración de celulosa. ....	36
3.4.4.    Películas mezcladas de RCNP/PVA/Glicerol.....	37

CAPÍTULO 4 .....	38
4.1. RESULTADOS .....	38
4.1.1. INTERVENCIÓN JUNTO A LA COMUNIDAD.....	38
4.1.1.1. Resultados del momento inicial. ....	38
4.1.1.2. Momento de contextualización. ....	38
4.1.1.3. Momento de profundización. ....	43
4.1.2. PELÍCULA DE NANOPARTÍCULAS DE CELULOSA .....	45
4.1.2.1. Determinación de Humedad.....	45
4.1.2.2. Lavado de las muestras con Etanol.....	47
4.1.2.3. Proceso de blanqueamiento de las muestras. ....	49
4.1.2.4. Tratamiento de Hipoclorito de Sodio.....	52
4.1.2.5. Solubilización de celulosa.....	55
4.1.2.6. Regeneración de nanopartículas de celulosa.....	57
4.1.2.7. Películas mezcladas de RCNPs /PVAA (Alcohol polivinílico)/glicerol	60
4.1.2.8. Espectroscopía infrarroja (IR).....	63
.....	63
4.1.2.9. Porcentaje de rendimiento.....	66
CAPÍTULO 5 .....	68
5.1. CONCLUSIONES.....	68
5.2. RECOMENDACIONES.....	69
BIBLIOGRAFÍA .....	70
ANEXOS .....	74

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Características generales de las variedades Coffea Arábica en Colombia .....	25
Tabla 2. Aspectos generales del cultivo de café en Cundinamarca .....	27
Tabla 3. Cápsulas taradas para determinación de humedad. ....	45
Tabla 4. Secado hasta peso constante de las muestras. ....	46
Tabla 5. Peso de las muestras secas. ....	46
Tabla 6. %Humedad de las muestras. ....	47
Tabla 7. Volumen de Etanol correspondiente a cada muestra. ....	47
Tabla 8. Peso de muestras tratada con etanol más cápsula .....	49
Tabla 9. Determinación de muestra para tratamiento de blanqueamiento.. ....	49

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa del municipio de Tibacuy – Cundinamarca .....	30
Figura 2. Diagrama de fases de la investigación. Fuente propia .....	32
Figura 3. Método termogravimétrico para determinación de humedad.....	34
Figura 4. Deslignificación y blanqueamiento del pergamino del café. Tomado y adaptado de Campuzano, F., Escobar, D., Torres, A. (2023) .....	35
Figura 5. Método modificado para la solubilización y regeneración de celulosa. Tomado y adaptado de Campuzano, F., Escobar, D., Torres, A. (2023).....	36
Figura 6. Fabricación de películas mezcladas de RCNP junto a un patrón de referencia. Tomado y adaptado de Campuzano, F., Escobar, D., Torres, A. (2023) .....	37
Figura 7. Diagrama de Venn en relación a los caficultores y la sostenibilidad. Fuente propia. ....	43
Figura 8. Determinación de parabenos en perfume natural de extracto cascarilla de café. Tomado de Noguera, N., Ramírez, L. (2024).....	48

## LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Infografía de invitación para la participación al proyecto. ....	743
Anexo 2. Cuestionario de reconocimiento .....	75
Anexo 3. Cuestionario de percepción .....	76
Anexo 4. Infografía Química del café .....	77
Anexo 5. Infografía obtención de nanopartículas de celulosa para la fabricación de películas mezcladas a partir de la cascarilla y pulpa del café. ....	78

## LISTA DE IMÁGENES

Imagen 1. Municipio de Tibacuy.....	31
Imagen 2. Finca San Antonio .....	31
Imagen 3. Participantes del proyecto cafetero. ....	38
Imagen 4. Proceso productivo del café. ....	40
Imagen 5. Explicación visual. ....	40
Imagen 6. Explicación pH.....	39
Imagen 7. Ayuda ofilmática.....	39
Ilustración 1. Frecuencia de sostenibilidad en el ámbito económico .....	40
Ilustración 2. Frecuencias de sostenibilidad en el ámbito social.....	40
Ilustración 3. Frecuencias de sostenibilidad en el ámbito ambiental. ....	41
Ilustración 4. Frecuencias de sostenibilidad en el ámbito cultural. ....	42
Imagen 8. Selección de la muestra. ....	45
Imagen 9. Secado de las muestras. ....	45
Imagen 10. Muestra de pulpa de café. ....	45
Imagen 11. Cápsulas con muestra. ....	45
Imagen 12. Muestras secas hasta peso constante. ....	46
Imagen 12. Lavado con etanol. ....	48
Imagen 13. Filtración de muestra 3. ....	48
Imagen 14. Obtención de extractos aromáticos.....	48
Imagen 15. Turbidez en extractos de muestras 1 y 3.....	48
Imagen 16. Blanqueamiento del pergamino de café (muestra 1).....	50
Imagen 17. Reacción de oxidación en muestra de pergamino y pulpa de café .....	50
Imagen 18. Blanqueamiento de la pulpa de café (Muestra 3).....	50
Imagen 19. Blanqueamiento N°2 muestra 2. ....	51
Imagen 20. Segundo blanqueamiento de muestras.....	51
Imagen 21. Filtración del sólido de pulpa de café (Muestra 4).....	51
Imagen 22. Filtración del sólido de pergamino de café (Muestra 1) .....	51
Imagen 23. Muestra 1 y 2 seca. ....	51
Imagen 24. Muestra 3 y 4 seca. ....	51
Imagen 25. Muetsras con tamaño de partícula 1 mm .....	52

Imagen 26. Tratamiento de NaClO 3,3% <i>pv</i> .....	53
Imagen 27. Sólidos restantes .....	53
Imagen 28. Suspensión de muestras. ....	54
Imagen 29. Obtención de pulpa de celulosa.....	55
Imagen 30. Pulpa de celulosa muestra 4.....	55
Imagen 31. Pulpa de celulosa muestra 1 .....	55
Imagen 32. Separación de celulosa no solubilizada. ....	57
Imagen 33. Solución de celulosa .....	57
Imagen 34. Solución de celulosa antes de la adición de solución regeneradora. ....	58
Imagen 35. Solución de celulosa después de la adición de solución regeneradora.....	58
Imagen 36. Suspensión muestra 4 después de la adición de la solución regeneradora ..	58
Imagen 37. Centrifugación de Suspensión RCNPs muestra 4 .....	60
Imagen 38. Suspensión de RCNPs muestra 4 .....	60
Imagen 39. Suspensión de RCNPs muestra 2 y 4 .....	60
Imagen 40. Vertimiento de la solución de control de película mezclada PVAA/Glicerol .....	61
Imagen 41. Soluciones para películas mezcladas de RCPNs/PVAA/Glicerol, muestras 2 y 4. ....	61
Imagen 43. Infografía de invitación.....	74
Imagen 44. Infografía Química del café. ....	77
Imagen 45. Presentación del procedimiento para la extracción de nanopartículas de celulosa y fabricación de películas a partir de la cascarilla y pulpa del café. ....	78

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Rango de edad entre los participantes. ....	31
Gráfico 2. Disminución progresiva de la conductividad. ....	55
Gráfico 3. Disminución progresiva de la conductividad posterior a la solución regeneradora.. ....	59

## INTRODUCCIÓN

Colombia ha sido por muchos años, uno de los principales países en la producción y exportación del café de alta calidad y rendimiento en taza, siendo la actividad caficultora, un factor importante para el país, debido a su gran impacto socioeconómico, ya que esta actividad agrícola representa el 22% del PIB de Colombia y es la fuente de ingresos de más de 550.000 familias en todo el territorio nacional.

Sin embargo, el proceso productivo del café da como resultado, la generación de diferentes residuos orgánicos, tales como el mucilago, pulpa y la cascarilla; los cuales, al no tener un buen manejo, llegan a producir afectaciones en suelos y fuentes hídricas debido a su descomposición.

Con esto, la transformación y aprovechamiento de los residuos del café son desafíos esenciales en la búsqueda de prácticas agrícolas sostenibles y la enseñanza de alternativas ambientales que permitan brindar otras opciones sostenibles para el desarrollo de nuevos productos, teniendo como materia prima, dichos residuos.

En el municipio de Tibacuy, Cundinamarca, en colaboración con un grupo de caficultores de la vereda San José, se llevó a cabo el desarrollo de un proyecto de investigación centrado en el aprovechamiento sustancial de los residuos del café, por lo que, el eje central, es impulsar la implementación de prácticas ambientalmente sostenibles y económicamente viables en la comunidad.

Esta investigación busca explorar la transformación de algunos residuos orgánicos, específicamente la cascarilla del café, por ejemplo, en productos cosméticos naturales como perfumes, o el desarrollo de películas de nanopartículas de celulosa, como futuro material cuyas características de resistencia permitan la transformación a bioplástico y/o fibras para tela textil. Por ello desde la enseñanza de las ciencias en un entorno no formal con un enfoque de representación social, cuyo objetivo es trabajar en estrecha colaboración con los caficultores y la comunidad local para promover prácticas agrícolas sostenibles, mediante el aprendizaje mutuo en referencia a los conocimientos de etnociencia que brinda la comunidad y a los conocimientos científicos expuestos por el equipo de investigación.

El trabajo de investigación se lleva a cabo con una metodología compuesta por tres fases estratégicas, las cuales son, reconocimiento, diagnóstico, desarrollo de alternativas, evaluación y difusión, todas estas, basadas en los conocimientos culturales de la población en referencia a los residuos, por lo cual, este proyecto se enfoca en comprender a fondo el contexto social, económico y ambiental de la producción del café en Tibacuy.

## CAPÍTULO 1

### 1.1.PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En relación a la extensión para Cundinamarca, el municipio de Tibacuy cuenta con el 20% del área destinada a la agricultura, donde el 49% está distribuida para cultivos permanentes, en este caso, dirigido a la producción del café (Alcaldía de Tibacuy, 2016).

Teniendo en cuenta que Tibacuy ha sido un municipio cafetero por muchos años, se evidencia que los caficultores han aprendido sus prácticas agrícolas de forma tradicional; es decir, el saber práctico ha sido transmitido durante décadas por sus familias, de generación en generación. Sin embargo, muchos caficultores manifiestan la falta de capacitaciones en la región por parte de entidades o de la federación enfocadas a la enseñanza de conocimientos, procesos y técnicas necesarias para una mejor comprensión entorno a los procesos nutricionales y químicos relacionados con el proceso productivo del café, desde el crecimiento de la planta, hasta la obtención del grano y en especial, sus características específicamente sensoriales para la obtención de un producto de calidad, así como el manejo de los residuos que quedan en el proceso, por lo que se evidencia una baja divulgación científica en la zona.

Cabe destacar que dichas acciones con relación a las prácticas agrícolas no han sido guiadas a procesos enfocados a la disposición y/o tratamiento final de los residuos orgánicos, ya que, como la comunidad lo manifiesta, la disposición final de la pulpa, el mucilago y la cascarilla, es en pacas para la producción de compostaje para las mismas plantas de café y demás cultivos presentes en las fincas. Sin embargo, del 100% de producto generado en todo el proceso productivo del café, solo el 5% es aprovechado, ya que equivale al grano comercial, por lo que el 95% son residuos, por ende, es una gran cantidad de materia orgánica la que es destinada a la producción neta de compostaje.

¿De qué manera la implementación de buenas prácticas agrícolas, permiten desarrollar alternativas sostenibles enfocadas en la transformación de los residuos orgánicos como la cascarilla y la pulpa, provenientes del proceso productivo del café, y se generan procesos ambientalmente sostenibles, en los caficultores del municipio de Tibacuy – Cundinamarca?

## 1.2.JUSTIFICACIÓN

Como futuros profesionales en el campo de la educación en particular en química, el quehacer como docente va más allá del trabajo en el aula de clase, ya que la investigación e innovación forman parte esencial de ese actuar. Es por ello que este trabajo se desarrolla en el escenario de una comunidad cafetera.

Tibacuy es un municipio del departamento de Cundinamarca, cuya actividad económica principal es el cultivo y cosecha de café, debido a sus condiciones ambientales como la temperatura y humedad, las cuales favorecen el crecimiento y desarrollo de plantas café de especie arábica en variedades como Colombia, Tabí y Castillo, sin embargo, muchas veces, el proceso productivo se ve afectado por las plagas como la broca, donde los caficultores deciden remover las plantas afectadas y así evitar el contagio del cultivo total.

Junto a esta situación biológica, se suma los altos costos en materia agrícola en particular, la compra de plaguicidas y fertilizantes, trayendo consigo problemas económicos al finalizar la cosecha; por lo que algunos caficultores han optado por buscar otras alternativas como el desarrollo de compostaje natural mediante los desechos de materia orgánica. Así mismo, han implementado ideas que potencialicen las ganancias económicas en los caficultores, como la venta de café orgánico, donde el pilar principal radica en la ausencia de agroquímicos en el proceso productivo del grano de café. Sin embargo, debido a los altos costos de producción individual, la falta de apoyo por parte de entidades gubernamentales y baja organización colectiva, no se culminan estos proyectos que podrían favorecer en gran medida a los caficultores. Lo anterior genera desmotivación y pérdida de atención en investigaciones agrícolas enfocadas en los procesos productivos de café a mediano y largo plazo.

Sumado a lo anterior, durante el cultivo y el proceso de cosecha del café se genera una cantidad significativa de residuos, donde según Rodríguez y Zambrano en 2010, menos del 5% de la biomasa generada en el proceso, se emplea para la obtención del grano necesario para la elaboración de la bebida, con esto, el 95% son residuos orgánicos como la cascarilla comprendida en el pergamino, el cisco y la pulpa, el mucilago y demás residuos que a menudo son empleados para el desarrollo de composta que junto a la lumbricultura, genera abono para todo tipo de plantas, sin embargo, este proceso tarda varios meses. La utilización de la cascarilla puede crear nuevas oportunidades, comerciales y económicas en la cadena de suministro del café, generando así un beneficio sostenible tanto para los caficultores, como para el ambiente.

Por ende, la propuesta de un proyecto donde se aprovechen los residuos generados en todo el proceso productivo del café, como es este caso la cascarilla comprendida en pergamino y pulpa, sirve como una herramienta educativa para concientizar y promover habilidades de investigación e innovación a los productores, consumidores y otros entes comunitarios, teniendo en cuenta la importancia de la gestión de residuos y los procesos de sostenibilidad en la industria cafetera, siendo así una propuesta potencial para generar beneficios económicos, ambientales y sociales significativos en relación a las oportunidades comerciales.

Al reducir los residuos, se busca crear oportunidades comerciales y fomentar la innovación sostenible, que contribuye de manera positiva tanto a la industria cafetera como al entorno en el que opera.

### 1.3.OBJETIVOS

#### 1.3.1. Objetivo general.

Contribuir al desarrollo de una alternativa sostenible para el manejo de los residuos de café en el municipio de Tibacuy – Cundinamarca, promoviendo la divulgación científica en áreas rurales desde una integración cultural con los caficultores de la zona.

#### 1.3.2. Objetivos específicos.

- Diagnosticar las practicas actuales de manejo de residuos de café en la comunidad caficultora de la vereda San José en Tibacuy – Cundinamarca, identificando problemas y oportunidades para su gestión y procesos sostenibles.
- Promover la divulgación científica en forma de educación no formal basada en un enfoque de representación social, en áreas rurales mediante la sensibilización y transformación de conocimientos sobre el aprovechamiento de residuos y la química aplicada al café.
- Desarrollar y evaluar alternativas viables y sostenibles de los residuos de café, incluyendo la elaboración de una película de nanopartículas de celulosa a partir de la cascarilla de café comprendida en pergamino (cisco) y pulpa.

## CAPÍTULO 2

### 2.1. ANTECEDENTES

Se realiza una revisión en diferentes bases bibliográficas, con el fin de obtener información en referencia a las investigaciones con relación a las alternativas al residuo del café. Esta búsqueda se basó en el uso de palabras claves como manejo de residuos, transformación, películas de celulosa, pergamino de café, aprovechamiento de subproductos. Los trabajos encontrados y seleccionados por el aporte al presente trabajo son:

- Armas, Cornejo y Murcia (2008) en su proyecto de grado “propuesta para el aprovechamiento de los subproductos del beneficiado del café como una alternativa para la diversificación de la actividad cafetalera y aporte de valor a la cadena productiva” exponen las crisis que ha sufrido el cultivo y comercialización del café en el Salvador, así como también establecen propuestas para el máximo aprovechamiento de los subproductos como pulpa, mucilago y cacota que se han visto por los caficultores como desechos. Dependiendo de la operación y el residuo como por ejemplo la pulpa del café, se pueden obtener distintos productos como alimento para animales, combustible, compost, biogás, alcohol. Como alternativas para la reutilización de la cacota se encuentran sustrato para el cultivo de hongos, combustible y suelo para granja de aves; como alternativa para la reutilización del mucilago se encuentra la extracción de pectinas, forrajes y recubrimientos.
- Guerra y Rueda (2021) en su proyecto de grado “Producción de una biopelícula a partir de las pectinas extraídas del mucilago del café” exponen como utilizar el mucilago para la creación de biopelículas es una alternativa para mitigar los daños causados por este residuo. Los autores propusieron crearlas a partir de una concentración de 4% p/v de pectina y 1% p/v de glicerol a partir de pectina cítrica, compuesta y de mucilago de café por medio de hidrólisis ácida, siguiendo la metodología propuesta por Jessica García, Mariana Valdespino y Luisa Márquez. Pudieron descartar la biopelícula de pectina de mucilago de café para la prueba de permeabilidad de vapor de agua ya que no cumplía con las condiciones.
- Rathinavelu y Graziosi (2005) en su artículo “Posibles usos alternativos de los residuos y subproductos del café” analizan varios usos opcionales como alimentar al ganado con pulpa de café, producir biogás a partir de aguas residuales del café, utilizar la cascarilla del café como combustible, cultivar hongos utilizando la pulpa de café como sustrato y obtener sustancias como pectinas, azúcares y compuestos antioxidantes de los subproductos del café. También menciona los beneficios para la salud de algunos de estos subproductos, como la presencia de propiedades de intercambio catiónico y antioxidantes en el café.
- Urquijo (2016) en su artículo “Identificación de impactos ambientales relacionados con el proceso de beneficio húmedo del café en la vereda de Tres esquinas – Huila – Colombia” se centra en los impactos ambientales del

procesamiento húmedo del café. El estudio encontró que los agricultores de la zona no le están dando un buen manejo a los residuos de sus procesos y que desconocen los impactos ambientales que están causando, como la contaminación del agua, erosión, contaminación del aire y desechos sólidos. Por lo tanto, la investigación invita a implementar estrategias para reducir el impacto ambiental del procesamiento del café en la zona ya que es una necesidad.

- Según Gonzales, D. (2021) en su trabajo de maestría “Actitudes hacia la naturaleza de la ciencia y la tecnología: el caso de la producción de bioetanol a partir del mucilago de café” establece que se pueden llegar a desarrollar actitudes en relación con la percepción y descripción de la ciencia y el uso de la tecnología en la resolución de problemas ambientales, mediante un contexto.
- Campuzano, Escobar y Torres (2023) en su publicación “Simple method for obtaining regenerated cellulose nanoparticles from delignified coffee parchment and their use in fabricating blended films” mencionan que el pergamino de café es un residuo con pocas investigaciones para su aprovechamiento, también, este residuo contiene entre el 40 y 49% de celulosa. En este artículo se obtuvieron nanopartículas de celulosa regeneradas a partir del pergamino de café deslignificado, donde el análisis IR demostró alta pureza de celulosa y se propuso la formación de películas al mezclarlas con PVA y glicerol.
- Avilés y Rodríguez (2021) en el artículo “The sustainability of waste management models in circular economies” mencionan que la economía circular surge como un modelo económico determinante para abordar el reto del desarrollo sostenible, pues, la lucha es convertir los residuos en recursos aprovechables que puedan ser reincorporados al sistema económico bajo una gestión adecuada, reduciendo así tanto la generación como el desperdicio de residuos.
- Sisti, Celli, Totaro y otros (2021) en el artículo “Monomers, materials and energy from coffee By-products: a review” destacan que en los últimos años ha surgido un interés especialmente en la industria alimentaria hacia la economía circular y la sostenibilidad, bajo un enfoque de reciclaje de desechos y residuos. Últimamente se ha extendido el uso de materiales de origen vegetal en envases, una fuente abundante de dichos materiales son los subproductos y desechos derivados del procesamiento del café. El objetivo de este estudio es determinar las razones por las cuales los residuos del café se pueden considerar una fuente valiosa en estrategias de reciclaje para la producción sostenible de productos químicos, materiales y combustibles.

## 2.2.MARCO SOCIAL

### 2.2.1. Sostenibilidad – manejo de residuos.

Según Zarta P. (2018). La sostenibilidad puede ser referida desde diferentes aspectos según el contexto. Es llamada sostenibilidad social cuando se desarrollan e implementan proyectos con relación al mantenimiento, el desarrollo y el avance de una comunidad se basan en objetivos comunes que permiten mejorar las condiciones de vida. En este contexto se pueden integrar componentes que promueven la sostenibilidad ambiental, la cual está determinada por desarrollar proyectos viables en relación al uso de los recursos naturales, siempre y cuando la explotación de los recursos se mantenga en las características de regeneración y crecimiento natural, de igual manera evaluar y precisar los impactos que dicha explotación generará en el ecosistema en relación a todas las etapas de su proceso de transformación.

### 2.2.2. Representación social.

Diferentes autores han abordado el concepto de la representación social, sin embargo, en este trabajo se adopta la siguiente definición: “La representación social es un fenómeno específico relacionado con una manera particular de comprender y comunicar, una manera que al mismo tiempo permite crear la realidad y el sentido común” (Moscovici, 2000).

Según Moscovici, la comprensión de conocimientos viene sujeta de un contexto social, en las sociedades tradicionales, se desarrolla una intervención que transforma el proceso de construcción de conocimientos comunes; el vocabulario y los principios, son indispensables para describir y explicar experiencias cotidianas provenientes de la memoria cultural, la sabiduría y el lenguaje comunitario, donde se tomaban elementos de la ciencia y la filosofía, se procesaban y reestructuraban dichos conocimientos y se devolvían a la sociedad convertidos en teorías científicas.

Ahora bien, en la sociedad contemporánea, el trabajo y los desarrollos científicos son los componentes que inventan y proponen conceptos, analogías y formas lógicas, que permiten a la comunidad comprender y actuar en distintos estadios de la cotidianidad. (Moscovici, 1979).

Comprendiendo que el ser humano es modelado por el entorno cognoscitivo, simbólico y por el lenguaje de la sociedad a la que pertenece, y que es necesario entender y valorar el conocimiento cultural, ¿Cómo el conocimiento científico es transformado en conocimiento cotidiano?

La representación social consiste en como los modelos y sistemas intelectuales desarrollados por la ciencia, son remodelados y transformados para la divulgación en la sociedad/cultura, por medio de las acciones e intercambios cotidianos entre sujetos y grupos sociales, dando paso a reflexiones colectivas.

Uno de los autores que ha proporcionado un buen número de elementos acerca de la metodología para el análisis de la representación social es Abric, J (2001) quien en su artículo “Metodología de recolección de las representaciones sociales”; establece que la representación social tiene un núcleo central en dos funciones:

1. Función generadora: creación y transformación del significado de los elementos constitutivos de la representación, tomando así, un valor y un sentido.
2. Función organizadora: determina los lazos que unen y estabilizan la representación.

Ante esto, el autor plantea que la comprensión del núcleo central es posible mediante la instrumentalización, donde se permita desarrollar una metodología cualitativo-interpretativa encaminada a la recolección de datos, permitiendo así, la comprensión del contexto y las practicas sociales de la comunidad; elementos conceptuales que permiten construir las actividades a ser desarrolladas con la comunidad.

### 2.2.3. Educación no formal.

La educación no formal es un tercer tipo de educación que Coombs y Ahmed definen como “toda actividad organizada, sistemática, educativa, realizada fuera del marco del sistema oficial, para facilitar determinadas clases de aprendizaje a subgrupos particulares de la población, tanto adultos como niños” (Coombs, P. Ahmed, M. 1974).

Para la UNESCO la educación no formal “es la que se ofrece con el objetivo de complementar, actualizar, suplir conocimientos y formar, en aspectos académicos o laborales sin sujeción al sistema de niveles y grados establecidos”. Lo que quiere decir que este tipo de educación es de libre elección y está a disposición de toda la población que quiera adquirir y/o fortalecer habilidades en un área específica.

En este sentido, se afirma que el aprendizaje no formal es deliberado, ya que las personas que participan en estas modalidades educativas lo hacen por motivación personal, y los programas se estructuran con el propósito de enriquecer, respaldar o potenciar el conocimiento adquirido de manera formal. (Melnick y Botez, 2014).

El Ministerio de Educación (2010) señala que entre las características que debe tener un programa de educación no formal, se encuentra:

- Estar altamente integrada con los fines y objetivos de la educación y a otros no educativos.
- Servir de complemento o reemplazo de la educación formal.
- Tener diferente organización, diversos patrocinadores y métodos de enseñanza heterogéneos.
- Ser de acceso voluntario.
- Tener una gran variedad de destinatarios: personas de todas las edades, sexos, grupos sociales, culturales.
- Poseer unos requisitos de ingreso.

- Ofrecer programas con duración y finalidad flexibles y adaptables a las necesidades del entorno y del sector. Es decir, la selección de temas está supeditada a las necesidades, intereses y aspiraciones del entorno social y cultural de los participantes y a las demandas del sector productivo y laboral.
- Tener profesores que intervengan como promotores, tutores y facilitadores del aprendizaje.
- Contar con docentes de diferente formación y procedencia.
- Capacitar a los participantes en la búsqueda de soluciones a sus problemas y, de ese modo, mejorar sus condiciones de vida.
- Responsabilizar a los participantes en su propio proceso de aprendizaje.
- Utilizar métodos de enseñanza flexibles que priorizan el autoaprendizaje y la autoevaluación.

La educación ambiental no formal se concibe como una iniciativa inclusiva que busca involucrar a la mayor población. Por lo tanto, existe una “necesidad de fortalecer y compartir la responsabilidad de educar para estilos de vida sustentables entre un amplio abanico de grupos sociales” (Tilbury, 2001). Por otra parte, Novo (2005) opina que esta educación dirige los conocimientos, valores y comportamientos hacia directrices vinculadas al consumo y la administración de recursos, con el objetivo de influir de manera positiva en la generación de enfoques novedosos para abordar la problemática ambiental. En conjunto, estas perspectivas subrayan la importancia de la educación ambiental no formal en la promoción de un cambio positivo y significativo en la relación de la sociedad con el medio ambiente.

Con esto, se determina que la educación no formal se encuentra ligada a la etnoeducación, puesto que, según la ley general de educación de 1994, hace referencia aquella que se ofrece a comunidades que poseen una cultura, lengua y tradiciones autóctonas; este tipo de educación se encuentra relacionada al ambiente, proceso productivo y proceso socio-cultural de la comunidad.

## 2.3.MARCO AMBIENTAL Y SOSTENIBLE

### 2.3.1. Coffea arabica y sus variedades.

Según Floréz, C. (2013) en su artículo “Estructura y funcionamiento de la planta de café”, indica que el café pertenece a la familia botánica *Rubiaceae* y de género *Coffea*, los cuales se caracterizan por su crecimiento en forma de árboles y arbustos tropicales. Se establecen 25 especies principales de plantas de café, todas ellas provenientes de África y algunas islas del océano Índico como Madagascar.

La *Coffea Arábica* es cultivada en su mayoría en Latinoamérica; tiene un tiempo de crecimiento desde la flor hasta la cereza de 9 meses, cuenta con raíces profundas, una altura de 1 a 2 m en su etapa madura, esta relación proporcional genera curvas de crecimiento de la planta de café, donde las propiedades fisicoquímicas del suelo permiten el buen desarrollo de todo el sistema fisiológico de la planta.

Cuenta con cuatro series de cromosomas, el fruto es ovalado el cual contiene en su interior dos semillas (granos de café), sin embargo, pueden desarrollar mutaciones, trayendo en su interior solo una semilla, denominado como grano caracol. (International coffee organization, 2011).

Tabla 1. Características generales de las variedades *Coffea Arábica* en Colombia

Variedades Coffea Arábica							
VARIEDAD	Típica	Borbón	Caturra	Colombia	Tabí	Castillo	
<b>ORIGEN</b>	Fueron las primeras semillas de café que se introdujeron a Latinoamérica en el año 1720, es una planta que en su etapa adulta es alta, posee ramas laterales con ángulo de inserción cercano a los 68°.	Fue introducida inicialmente en Brasil en el año 1860, es genéticamente uniforme, esto permitió el incentivo en el desarrollo de variedades mejoradas.	Es producto de una mutación de variedad Borbón y su diversidad genética es baja. Con esta variedad se inicia la caficultura intensiva en América.	De la variedad Caturra, se han realizado diferentes investigaciones para el desarrollo de estas variedades mejoradas emitidas por CENICAFÉ en Colombia.	Es una variedad compuesta por el cruzamiento de Caturra e híbrido de Timor CIFC 1343 CV2	Esta variedad se desarrolló mediante el cruce de variedad Típica, Borbón, Caturra e híbrido de Timor.	Procede del cruzamiento de líneas mejoradas de la variedad Caturra, mediante una estrategia genética multilínea. Cuenta con una diversidad genética alta.
<b>PORTE</b>	Alto	Alto	Bajo	Bajo	Alto	Alto	
<b>BROTE</b>	Color bronce	Color verde	Color verde	Color verde o bronce	Color verde y bronce	Color verde o bronce	

<b>FRUTO</b>	Color rojo y amarillento	Pequeño de color rojo o amarillento	Color rojo y de tamaño promedio	Color rojo de tamaño grande	Color rojo	Color rojo y tamaño grande
<b>SEMILLA</b>	Grande	Grande	Grande	Grande	Grande	Grande
<b>ENFERMEDAD</b> Roya del café y cerezas del café (CBD)	Susceptible	Susceptible	Susceptible	Resistente	Resistente	Resistente
<b>RENDIMIENTO</b>	Bajo	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto
<b>POTENCIAL DE CALIDAD EN TAZA</b>	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto (La mejor)	Alto

Tomada y adaptada de Flórez, C. Arias, J. Rendón, J. Duque, H. (2017) en su artículo “Guía para la caracterización de las variedades del café: claves para su identificación.

En el departamento de Cundinamarca se realiza el cultivo de la Variedad Castillo Santa Barbara, debido a que las condiciones ambientales favorecen el crecimiento y futura producción de esta variedad (Alvarado, G. Posada, H. Cortina, H. Duque, H. Baldion, J. Guzmán, M. 2016).

### 2.3.2. Cultivo del café en Colombia.

Colombia se ubica en el tercer puesto de mayores productores de café del mundo, después de Brasil y Vietnam. La caficultura representa para Colombia un sector de impacto tanto económico como social, su importancia radica en los empleos generados y las divisas. En el país el cultivo del café es el sustento de muchas familias tal como lo expresa la Federación Nacional de Cafeteros *“a lo largo de casi 3,000 kilómetros de valles interandinos, desde el extremo sur hasta el extremo norte de Colombia, viven las 540,000 familias caficultoras en las regiones cafeteras del país. La gran mayoría viven en pequeñas fincas o parcelas cuyos cultivos de café, en promedio, no superan las 2 hectáreas”* (Federación Nacional de cafeteros, 2021).

El café colombiano tiene una gran calidad ya que como lo resalta Rivadeneira (2018) el país cuenta con un suelo volcánico y un cultivo predominante en la sombra. En cuanto a producción y distribución de insumos agrícolas el sector cafetero se encuentra en el primer renglón de exportaciones del país, ya que exporta alrededor del 92% del total de café que se produce en Colombia (Cerquera y Pérez, 2020).

El Centro Nacional de Investigación del Café – Cenicafé, ubicado en Chinchiná – Caldas, realiza zonificaciones del área cafetera del país, estas zonificaciones reciben el nombre de “Ecotopos cafeteros” y se definen como una región agroecológica con límites geográficos y condiciones predominantes como clima, suelo y relieve para determinar si se tiene una respuesta biológica similar del cultivo del café. Según estudios llevados a cabo Cenicafé *“el cultivo de café representa el 24% del área total, el 32% está en bosque*

y montaña, el 33% en pastos y el 11% se reparte en explotaciones de otros renglones productivos: 1% en plátano, 1% en cacao, 1% en otros permanentes, 3% en caña y 5% en usos pecuarios” (Federación Nacional de cafeteros, 2007).

Tabla 2. Aspectos generales del cultivo de café en Cundinamarca

Caracterización del cultivo de café en Cundinamarca		
No. Municipios cafeteros	96	
Área de siembra	30.142 hectáreas	
No. Fincas cateras	32.027	
Tecnificación del cultivo	Joven	21.650 hectáreas
	Envejecido	6.800 hectáreas
	Café tradicional	1.692 hectáreas
Aptitud para el cultivo En aptitudes A1 y A2 se ubican los municipios de las rutas del Tequendama, Gualivá, Rionegro y Oriente (Gómez y otros, 2022)	Alta aptitud (A1)	282.007 hectáreas
	Media aptitud (A2)	142.026 hectáreas
	Baja aptitud (A3)	157.621 hectáreas

Tomada y adaptada de Ministerio de Agricultura y Desarrollo rural, (2020).

En el departamento de Cundinamarca, la producción de café se concentra principalmente en las laderas de la cordillera oriental, a altitudes que oscilan entre los 900 y los 2.200 metros sobre el nivel del mar. (Ministerio de Agricultura y Desarrollo rural, 2020).

### 2.3.3. Cultivo del café en Tibacuy.

Tibacuy es un municipio ubicado en el departamento de Cundinamarca, se encuentra en las coordenadas 4°21'04"N y 72°27'23" O. se sitúa a una altitud de 1.647 metros, su temperatura promedio es de 22 °C y presenta una precipitación media de 1.092 mm al año. La principal fuente de ingresos en Tibacuy proviene de actividades ganaderas y el cultivo del café, que en el año 2014 abarcaba 1.287 hectáreas con la variedad Castillo, representando el 87% del área total destinada a cultivos permanentes en el municipio (Alcaldía de Tibacuy, 2016).

En el plan de desarrollo municipal se resaltan las problemáticas ambientales:

- a. La deforestación en toda el área.
- b. La contaminación de los cauces del agua debido a los vertimientos de los alcantarillados y la descereza del café, pues esta, se encarga de contaminar con materia orgánica los cauces aledaños.
- c. El agotamiento del recurso hídrico.
- d. Mal manejo de las basuras (Alcaldía de Tibacuy, 2015)

Donde estos factores más la acción solar y del viento repercuten en la erosión del suelo, además, se estipula que el municipio no tiene un manejo adecuado de los residuos líquidos y sólidos. En Tibacuy el 80% del sector agropecuario es caficultor.

#### 2.3.4. Residuos.

En el proceso de la producción del café solo se aprovecha el 5% del peso del fruto fresco en la preparación de la bebida, el 95% restante está representado por residuos orgánicos como la pulpa, el mucilago, el cisco, las pasillas, la borra y los tallos de café.

Para la obtención de 1000 g de café cereza, los residuos obtenidos en relación a la pulpa son de 436 g, la cual representa el 44% del fruto seco y presenta contenido de azúcares reductores del 17% en base seca, este residuo representa el 43,6% del peso del fruto en base húmeda, cabe destacar que por 1 millón de sacos de 60 Kg de café almendra, se generan 162900 toneladas de pulpa fresca y el pergamino y cisco del café, el cual se produce en el proceso de trilla, este representa el 4,2% del fruto seco. (Rodríguez & Zambrano, 2010)

#### 2.3.5. Buenas prácticas agrícolas

Las buenas prácticas agrícolas (BPA) representan un conjunto de técnicas y procedimientos aplicados a la producción de frutas, hortalizas y otros cultivos, cuyo objetivo es garantizar la calidad e inocuidad del producto final, es decir, el que llega al consumidor. Estas prácticas se encuentran estrechamente ligadas al concepto de desarrollo sostenible, por lo cual, resulta imprescindible que la agricultura se desarrolle de manera respetuosa con el medio ambiente. La coyuntura actual exige un enfoque agrícola sostenible y ambientalmente responsable, para conservar la flora, fauna y el recurso hídrico resaltando que es crucial el manejo adecuado de residuos sólidos y líquidos garantizando su correcta disposición. Finalmente, en el desarrollo de la producción agrícola, la postcosecha se entiende como las actividades que se llevan a cabo desde el almacenamiento temporal de los productos en la unidad productiva hasta su transporte y comercialización, las BPA establecen que es fundamental implementar un programa de gestión de residuos con el fin de minimizar el impacto ambiental (Logihfrutic, 2017).

#### 2.3.6. Películas de celulosa.

El pergamino de café es un subproducto del procesamiento del café poco aprovechado, se ha explorado la revalorización de este para la obtención de celulosa regenerada y su aplicación en la fabricación de películas. Este residuo se ha utilizado principalmente para la producción de energía o como aditivo para la alimentación animal.

Estudios previos han demostrado que el pergamino de café contiene un porcentaje alto de celulosa. Por otro lado, la celulosa regenerada se ha aplicado a la fabricación de películas, fibras, hidrogeles y microesferas (Campuzano, Escobar y Torres, 2023), por lo que el

desarrollo e investigación en base a la transformación de estos residuos, permite brindar alternativas sostenibles a contaminantes actuales como plástico y textiles de un solo uso.

### 2.3.7. Economía circular

La economía circular surge como un modelo económico fundamental para afrontar el reto del desarrollo sostenible. La idea consiste en la transformación de los residuos en recursos que puedan reintegrarse al sistema económico mediante una gestión adecuada. Este modelo soluciona el problema de las cadenas de valor lineales que generan residuos proponiendo desarrollos sostenibles para procesos circulares. Se busca reducir tanto la generación como el desperdicio de residuos que tampoco se aprovechan de una manera eficiente. La economía circular establece y evalúa la circularidad de materiales a través de diferentes etapas de gestión de residuos como la prevención, reutilización y reciclaje, así como también le apunta a otra manera de revalorización de los residuos por medio de la innovación (Avilés y Rodríguez, 2021).

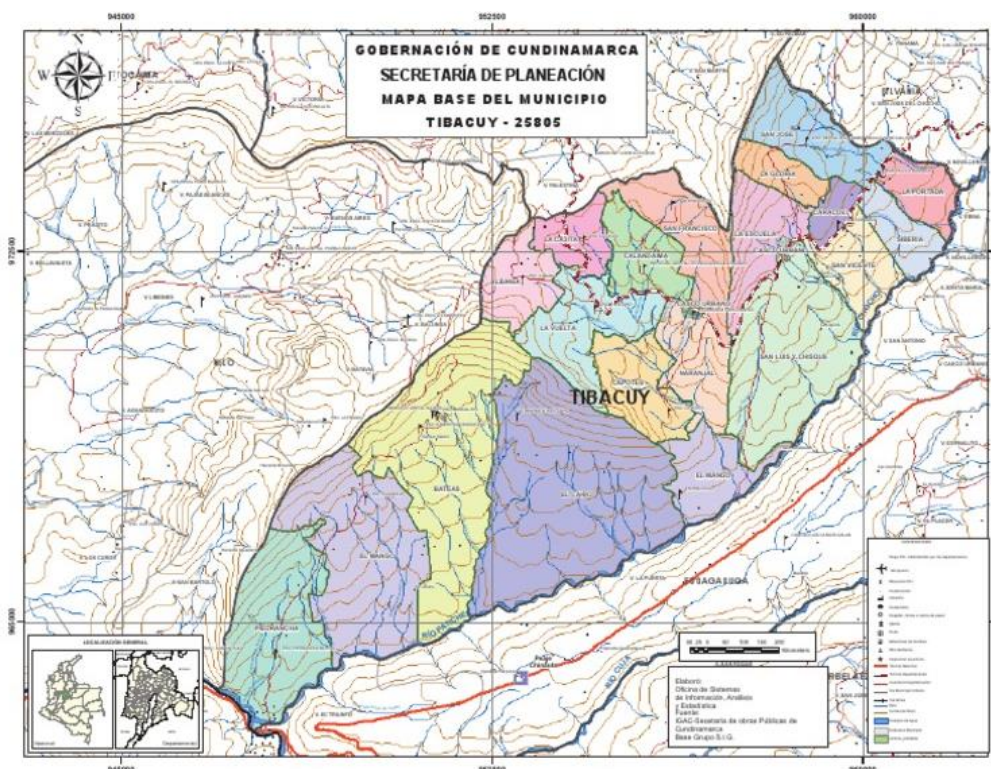
## CAPÍTULO 3

### 3.1. CARACTERIZACIÓN

#### 3.1.1. El lugar.

El municipio de Tibacuy se encuentra ubicado en el departamento de Cundinamarca, cuenta con 84,5 Km<sup>2</sup> de superficie, está compuesto por 21 veredas, entre ellas San José, que cuenta con 3940 habitantes según el censo del DANE en el 2018. Su altitud es de 1647 msnm, su temperatura media anual varía entre 22°C a 34°C, permitiendo así, el crecimiento óptimo de cultivos como el café, plátano, mora, tomate y habichuela, debido al tipo de suelo que presenta, el cual es en mayor porcentaje limoso. Cabe destacar que este municipio presenta 3 tipos de pisos térmicos (Cálido, medio, húmedo).

Figura 1. Mapa del municipio de Tibacuy – Cundinamarca



Tomado de: Prieto, F. (2020). Infraestructura de datos especiales Cundinamarca IDEC. Gobernación de Cundinamarca.

Con respecto al cultivo y producción del grano de café, Tibacuy cuenta con 30.142 hectáreas de cultivo de cafetos, correspondiente a 32.027 fincas cafeteras, donde el 71,8% corresponde a cultivos jóvenes, los cuales desarrollan su crecimiento en diferentes niveles de sombra, en su mayoría corresponden a *coffea arábica* variedad Colombia y Castillo, debido a su alto rendimiento y calidad en taza (Prieto, F. 2020)

### 3.1.2. Los participantes.

Para el desarrollo del proyecto, se convocó a la comunidad a un punto de encuentro en la Vereda San José, finca San Antonio. Allí, a través de una infografía informativa (Ver Anexo 1) que llevaba por nombre “*Fortaleciendo raíces: residuos del café como motores de sostenibilidad*”, se explicó el origen y el propósito de la idea de analizar alternativas sostenibles para la transformación de residuos como la pulpa y pergamino del café

En la reunión participaron 13 personas, de los cuales 9 tienen como actividad económica principal, la producción de café.

Participantes de sexo masculino cuyas edades varían entre 13 – 72 años; 4 participantes de sexo femenino de edades entre 20 a 68 años.

Cabe destacar que la cantidad de participantes varia en los resultados, puesto que varios de ellos, se retiraron por temas laborales en medio de la primera sesión.

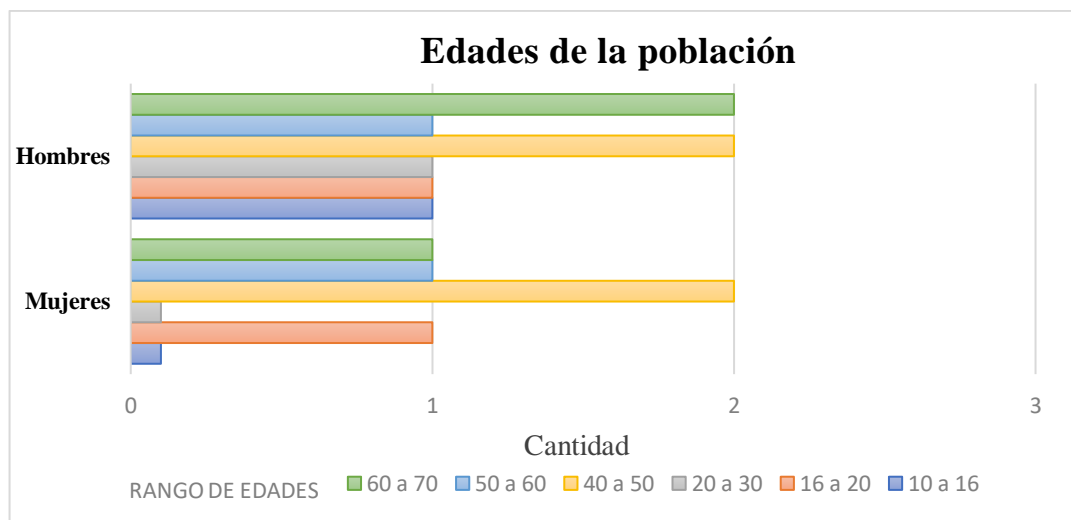


Gráfico 1. Rango de edad entre los participantes.



Imagen 1. Municipio de Tibacuy



Imagen 2. Finca San Antonio

### 3.2.FASES DE LA INVESTIGACIÓN

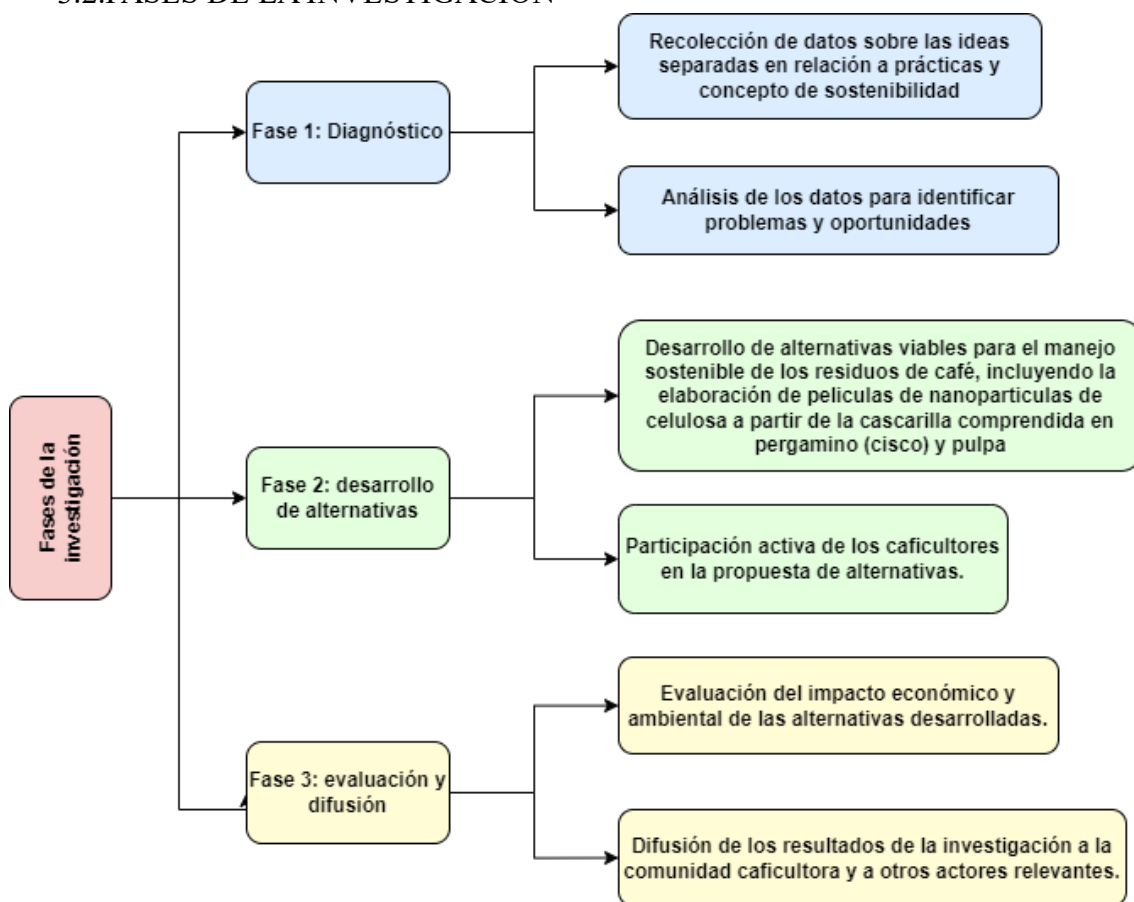


Figura 2. Diagrama de fases de la investigación. Fuente propia

Este diagrama muestra las tres fases principales de la metodología, las cuales son fundamentales para alcanzar los objetivos. La metodología es flexible y adaptable, se puede ajustar en función de las necesidades del proyecto.

Fase 1: Diagnóstico. Busca comprender las prácticas actuales de manejo de residuos de café y las perspectivas sobre sostenibilidad de los caficultores, para ello se realizaron encuestas, observaciones y discusiones en torno a ello.

Fase 2: Desarrollo de alternativas, en esta fase se incluye la elaboración de una película de nanopartículas de celulosa a partir de la cascarilla comprendida en pergamino (cisco) y pulpa de café siguiendo la metodología propuesta por Campuzano, Escobar y Torres (2023) y a partir de los residuos obtenidos en dicho tratamiento la elaboración de un perfume, esta fase es disciplinar.

Fase 3: Evaluación y difusión, por medio de recursos como infografías y diferentes charlas se buscaba difundir los resultados del proyecto de investigación a la comunidad caficultora y otros actores pertinentes, pues, la idea era preservar la adopción de prácticas sostenibles generando conciencia sobre la importancia del manejo del residuo.

### 3.3.METODOLOGÍA PEDAGÓGICA

El proyecto se basa en un enfoque de acción-investigación participativa (IAP) que combina elementos cualitativos y cuantitativos para lograr un entendimiento profundo de las prácticas actuales de los caficultores y para desarrollar soluciones innovadoras y sostenibles para la gestión de residuos del café. Esta metodología permite la colaboración estrecha entre investigadores y la comunidad caficultora para diagnosticar las prácticas existentes, desarrollar alternativas viables y evaluar su impacto económico y ambiental. La implementación de situaciones ambientalmente sostenibles abordó cuestiones ambientales desde una perspectiva cultural, incorporando elementos de la etnoeducación para comprender las cosmovisiones y prácticas tradicionales de los caficultores.

Técnicas de recopilación de datos:

- Cuestionarios (forms): se aplicaron dos cuestionarios previamente validados por una docente con magister en educación inclusiva e intercultural externo, para recopilar información sobre las prácticas actuales de manejo de residuos de café, las ideas sobre sostenibilidad y los conocimientos sobre química. Ver Anexo 2 y Anexo 4.
- Frecuencias: Mediante el software Excel, se realizó una tabulación en referencia a la conexión entre caficultores y el concepto de sostenibilidad en relación a las siguientes características: económico, social, ambiental y cultural; con el fin de establecer una frecuencia fue determinada por el Software OpenEvoc 1.0, donde se transformaron los resultados cualitativos en resultados estadísticos para la determinación en relación a las perspectivas que tienen los caficultores en base a los procesos de sostenibilidad y su cotidianidad.
- Observaciones participativas: se realizaron observaciones participativas en las fincas de los caficultores para documentar por medio de videos y material audiovisual, como documentales, entrevistas y fotografías, con el fin de comprender las prácticas actuales de los caficultores, sus experiencias y contexto.
- Charlas: Se realizó una charla dividida en 3 sesiones (dos jornadas en la mañana, una jornada tarde) sobre la química y la química del café (¿Cómo potencializar su producto final?), adentrando a los participantes en el desarrollo de la película de nanopartículas de celulosa y otros productos creados a partir de los residuos de ese proceso.

Recursos educativos:

- Material educativo: Se elaboraron materiales de divulgación científica (infografías – Anexo 5 y 6) para informar a los caficultores sobre prácticas sostenibles de manejo de residuos de café y la elaboración de la película de nanopartículas de celulosa.
- Talleres: se realizaron dos talleres para capacitar a los caficultores en la implementación de las prácticas sostenibles y en la elaboración de la película de nanopartículas de celulosa.

### 3.4. METODOLOGÍA DISCIPLINAR

La producción de nanopartículas de celulosa a partir de cascarilla (Cisco) y la pulpa del café se llevó a cabo según la metodología propuesta por Campuzano, Escobar y Torres, 2023 en su artículo “*Simple method for obtaining regenerated cellulose nanoparticles from delignified coffee parchment, and their use in fabricating blended films*”. Se tuvo en cuenta en el desarrollo de la metodología la selección de 2 tipos de muestras diferentes por duplicado recolectadas en el municipio de Tibacuy – Cundinamarca de coffee arábica variedad Colombia y Castillo. Debido a las condiciones experimentales, se realizaron adaptaciones a la metodología para el desarrollo de alternativas a procesos que requieren materiales específicos como lo es el, uso de membrana de celulosa para llevar a cabo el proceso de diálisis, establecida en el apartado planteado por Campuzano, Escobar y Torres de solubilización y regeneración de celulosa; por lo que se sugirió la modificación del método Soxhlet, cambiando el uso de n-Hexano por agua desionizada para realizar de manera experimental el intercambio iónico generado en el proceso de diálisis. Sin embargo, al llegar a este procedimiento, se determinó que lo más viable era realizar una adaptación, donde se llevaron a cabo lavados constantes con agua desionizada a 60°C y centrifugar para obtener una conductividad inferior a 50 µS/cm, puesto que la muestra final fue menor de 3 g.

#### 3.4.1. Determinación de Humedad.

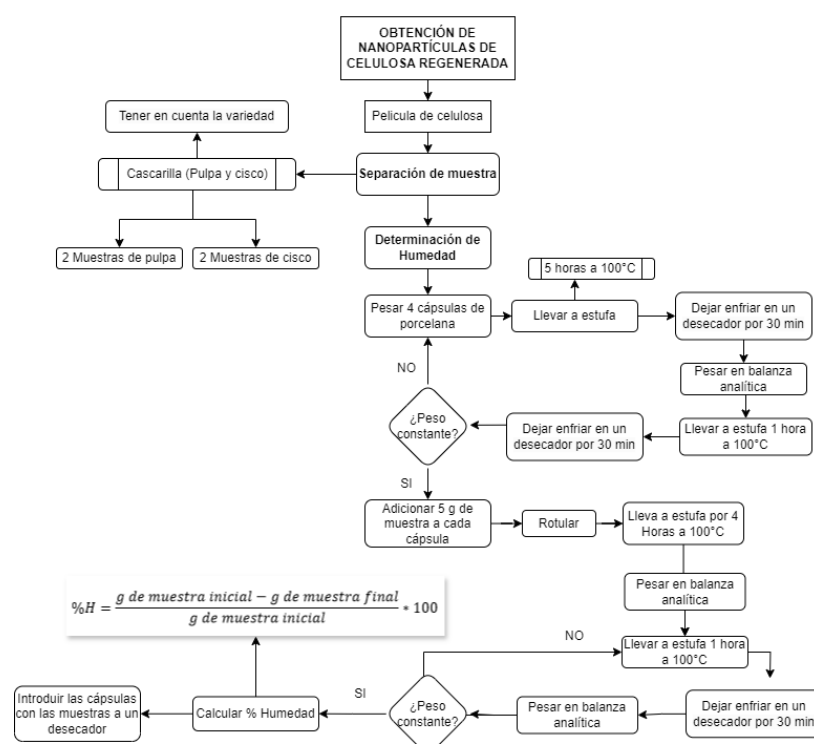


Figura 3. Método termogravimétrico para determinación de humedad.

### 3.4.2. Deslignificación del pergamino de café.

Este proceso se realizó para las muestras de pergamino de café (Cisco) y la pulpa de café.

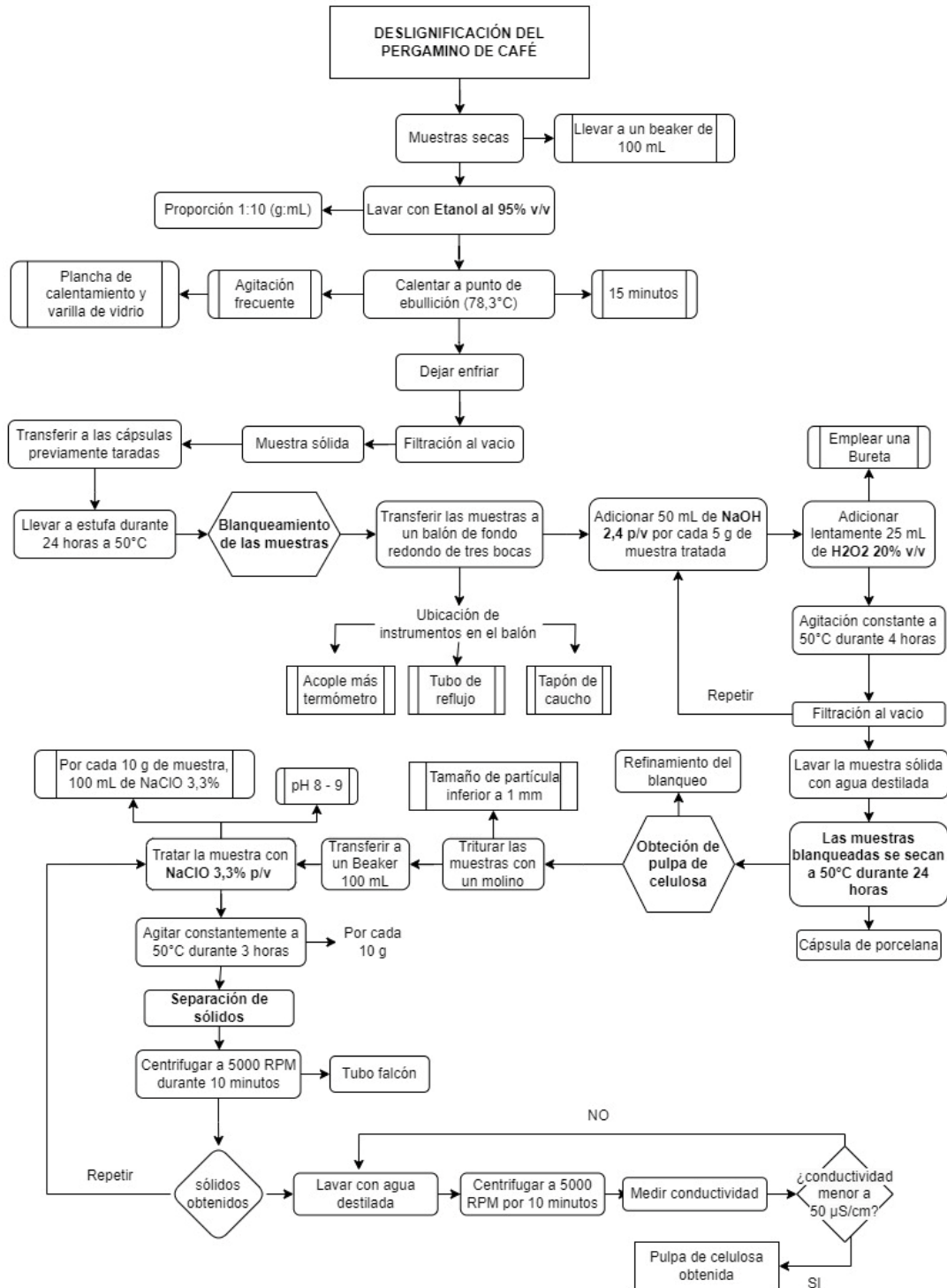


Figura 4. Deslignificación y blanqueamiento del pergamino del café. Tomado y adaptado de Campuzano, F., Escobar, D., Torres, A. (2023)

### 3.4.3. Solubilización y regeneración de celulosa.

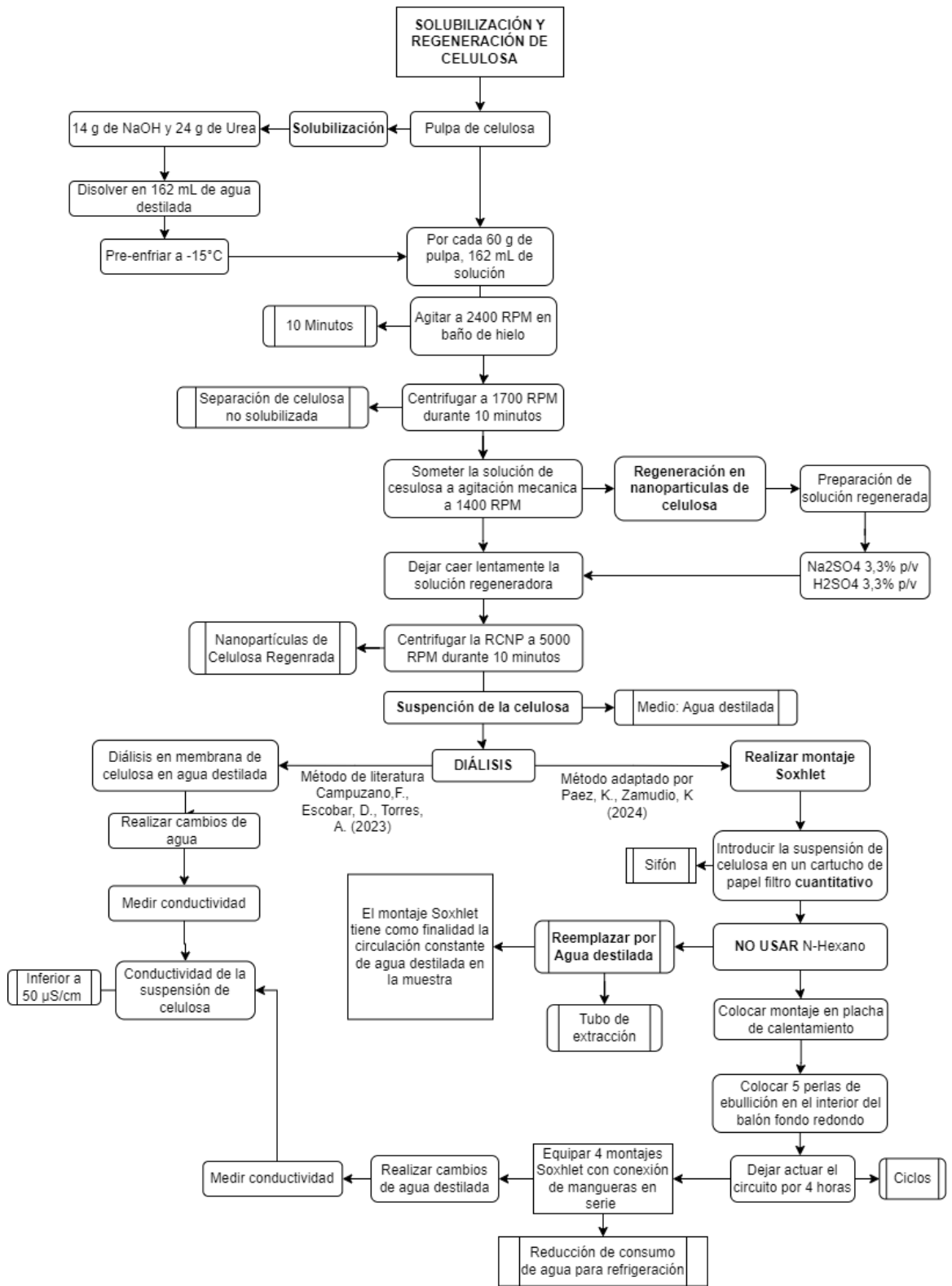


Figura 5. Método modificado para la solubilización y regeneración de celulosa. Tomado y adaptado de Campuzano, F., Escobar, D., Torres, A. (2023)

### 3.4.4. Películas mezcladas de RCNP/PVA/Glicerol

RCNP: Nanopartículas de Celulosa Regenerada

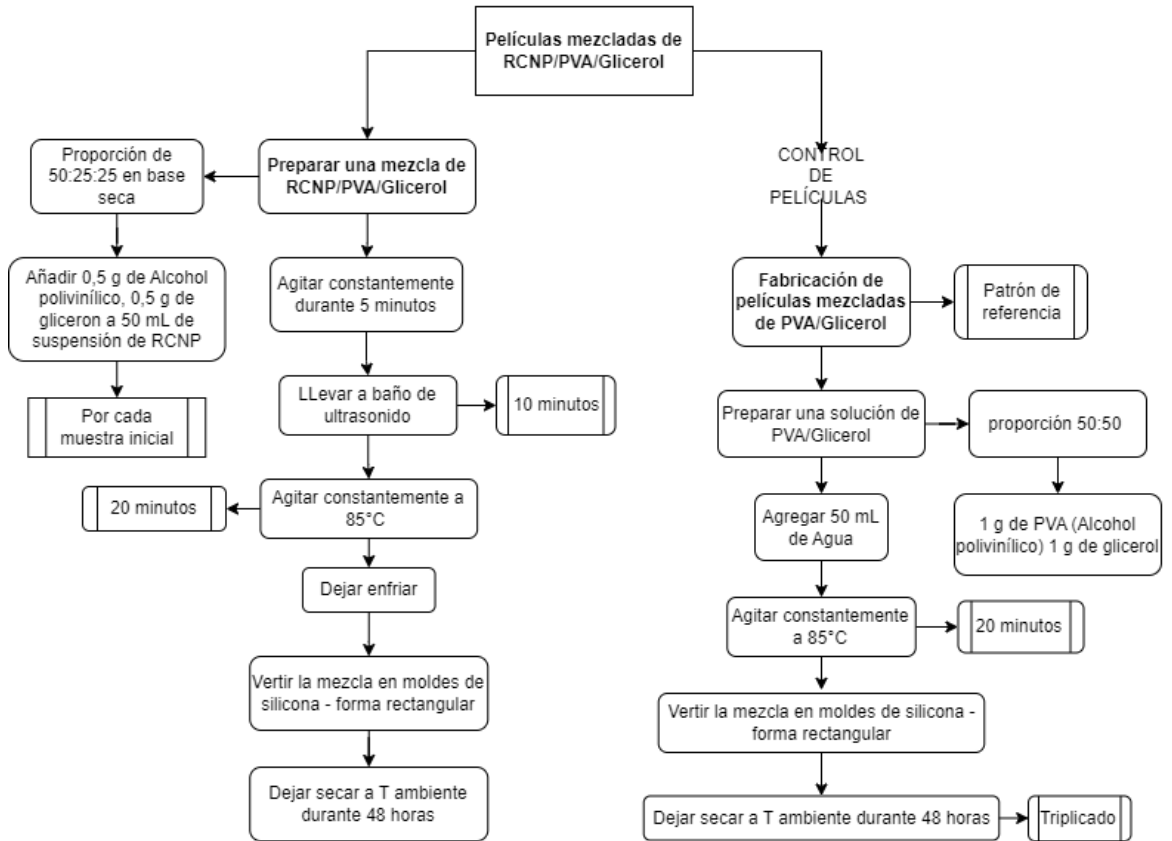


Figura 6. Fabricación de películas mezcladas de RCNP junto a un patrón de referencia. Tomado y adaptado de Campuzano, F., Escobar, D., Torres, A. (2023)

La caracterización química de las nanopartículas de celulosa regenerada usadas en la fabricación de películas mezcladas, se realizó mediante Espectroscopia infrarroja, donde la suspensión de celulosa se liofilizó y se llevó a cabo un análisis IR por transformada de Fourier en una longitud de onda ( $\lambda$ ) de 400 a 4000  $\text{cm}^{-1}$ , permitiendo evidenciar los principales grupos de la celulosa debido a sus movimientos de estiramiento en determinadas regiones del espectro infrarrojo.

## CAPÍTULO 4

### 4.1. RESULTADOS

#### 4.1.1. INTERVENCIÓN JUNTO A LA COMUNIDAD

La implementación de una metodología de educación no formal para el abordaje del manejo sostenible de residuos de café, a través de talleres, charlas, encuestas, presentaciones y un mini laboratorio en un entorno familiar y cercano, como la casa de uno de los caficultores, permitió que se creara un ambiente propicio para el intercambio de conocimientos y experiencias, dando como resultado la sensibilización de los caficultores sobre la importancia de la sostenibilidad, fortalecer sus conocimientos sobre el cultivo del café y la gestión de residuos, además de fomentar la construcción de conocimiento colectivo.

Este proceso no solo permitió adaptar el enfoque de enseñanza según las necesidades y conocimientos previos, sino que también fomentó un diálogo bidireccional que enriqueció la experiencia educativa para ambas partes.

Cabe destacar que la recopilación de información para el análisis de resultados se dio por medio de entrevistas grabadas en audio y video (Anexo 6), con previo consentimiento por parte de los participantes del proyecto.



*Imagen 3. Participantes del proyecto cafetero.*

##### 4.1.1.1. Resultados del momento inicial.

La discusión inicial permitió entablar un diálogo abierto y participativo entre las investigadoras y los caficultores, se generó una reflexión al abordar el tema de la sostenibilidad en torno a las prácticas actuales y la comprensión que los caficultores tienen sobre este concepto. Al indagar sobre el manejo de los residuos se pudo identificar que si bien son conscientes de que ciertos residuos contaminan las fuentes hídricas su conocimiento sobre alternativas para su manejo es limitado al abono.

La aplicación de encuestas en Forms dio paso a la recopilación de información sobre los conocimientos específicos en las necesidades nutricionales de la planta, la composición química del abono y los fertilizantes, factores importantes como el pH.

En la primera parte del formulario Anexo 2 (preguntas abiertas) se pudo observar que:

1. 7 de 8 caficultores no conocen las necesidades nutricionales de la planta de café, uno de ellos resalto que conoce sobre los elementos mayores y los elementos menores.
2. 4 de 8 caficultores resaltan que entre los elementos del abono y los fertilizantes se encuentran el fósforo, potasio, nitrógeno, urea, carbono y otros elementos como calcio, boro, zinc y manganeso.
3. 3 de 8 caficultores reconocen que dentro de la composición nutricional del grano del café se encuentra la cafeína.
4. 4 de 8 caficultores considera que el pH es un nutriente del suelo necesario para la planta, uno de ellos considera que el pH es la acidez o basicidad.
5. Todos los caficultores coinciden en que el tipo de suelo en la vereda San Antonio en Tibacuy, Cundinamarca es arcilloso – gredoso.

A continuación, se presentan las preguntas con algunas respuestas obtenidas:

*¿Conoce las necesidades nutricionales de la planta de café? ¿cuáles son?*

- “No conozco”
- “Elementos mayores y elementos menores”

*¿Conoce la composición química comprendida en elementos del abono y los fertilizantes que emplea en las plantas de café? Si su respuesta es sí, escriba cuales.*

- “Si, abono 3/15. Urea”
- “Si, nitrógeno, fósforo, y potasio, pero también calcio, boro, zinc, manganeso”

*¿Sabe la composición nutricional del grano de café? Si la respuesta es sí, escriba cuales.*

- “Si, cafeína”
- “Cafeína”

*En el cultivo del café uno de los factores importantes es el pH del suelo ¿Qué considera que es el pH, cual es el valor optimo para el crecimiento de la planta de café y cómo lleva a cabo su medición?*

- “El pH es la acidez que se encuentra en el suelo y no debe estar ni ácido ni básico”
- “el pH son los nutrientes de la tierra para que fortalezca la planta y de un buen producto”

¿Qué tipo de suelo considera que predomina aquí en la región y por qué? ¿conoce alguna manera de realizar este análisis?

- “Suelo arcilloso, viendo la tierra el color y la consistencia, y con pruebas que ya le han hecho”.
- “Suelo gredoso, porque el color del suelo ya que es amarillo y el grosor de la tierra”.

Los resultados muestran que existe una brecha significativa en cuanto al conocimiento de los caficultores sobre las necesidades nutricionales del café y la composición química de abonos y fertilizantes, la falta de conocimiento en este ámbito puede afectar de manera negativa el rendimiento del cultivo, además, de generar una aplicación inadecuada de nutrientes. Por otro lado, el conocimiento sobre la composición nutricional del grano de café es limitado, lo que a su vez restringe las oportunidades de valorización del producto. Respecto al pH, se puede apreciar una confusión, si bien es cierto que hay quienes lo asocian con la acidez o basicidad, otros lo relacionan a los nutrientes como parte fundamental para el crecimiento de la planta. No tener claridad en esto podría incurrir en afectaciones de la toma de decisiones del manejo del suelo.

Es importante fortalecer el conocimiento de los caficultores en estas áreas con el fin de mejorar la productividad, la sostenibilidad y la calidad del cultivo. La implementación de este instrumento permite identificar las necesidades de capacitación y así orientar acciones en el sector.



Imagen 4. Proceso productivo del café.



Imagen 5. Explicación visual.

En la segunda parte del formulario Anexo 4 (cuestionario de percepción) se determinó que:

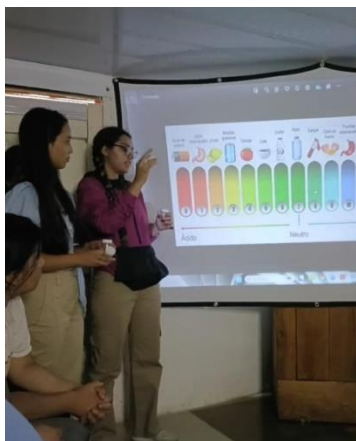
1. 6 de 8 caficultores consideran que el cultivo del café es una parte fundamental de su identidad cultural.

2. Todos los caficultores creen que el cultivo del café promueve prácticas sostenibles y respetuosas con el medio ambiente.
3. Todos los caficultores consideran que el cultivo del café contribuye a la preservación de la cultura y las tradiciones en las regiones donde se lleva a cabo.
4. 7 de 8 caficultores consideran que no están bien informados sobre los programas de sostenibilidad enfocados en el manejo de residuos.
5. Todos los caficultores creen que los programas de sostenibilidad son una herramienta valiosa para abordar los residuos en sus plantaciones
6. 4 de 8 caficultores consideran que recurren a prácticas tradicionales para la gestión de residuos debido a la carencia de información.
7. Todos los caficultores consideran que la creación de programas de economía circular que integran el manejo de residuos del café en procesos productivos es una iniciativa innovadora.
8. Todos los caficultores consideran que la transformación de residuos de café en productos de valor agregado es una gran estrategia para reducir los desechos y aumentar los ingresos.
9. 5 de 8 caficultores consideran que la producción de materiales como películas de celulosa a partir de los residuos del café es una forma innovadora de reducir el impacto ambiental.
10. Todos los caficultores consideran que la articulación empresas, instituciones de investigación y comunidades impulsan la innovación en el manejo de residuos.

El cuestionario de percepción indica que hay una percepción positiva del café como una parte de la identidad cultural, además, de reconocer su importancia económica y ambiental. Por otro lado, evidencia que es necesario fortalecer la capacitación y divulgación de información sobre programas de sostenibilidad. Se percibe un interés por la economía circular, el aprovechamiento del residuo y la producción de materiales, también se puede apreciar que los caficultores coinciden en que la colaboración entre distintos entes es fundamental para impulsar la innovación y el desarrollo sostenible.

#### 4.1.1.2.Momento de contextualización.

La presentación sobre pH, la implementación y el desarrollo de un pequeño laboratorio casero para medir el pH de diferentes muestras, según la escala observada en la imagen 6, permitió de manera dinámica la participación de los caficultores a la determinación de pH en relación a la escala de 0 a 14. Se proporcionó una explicación en base la escala y términos como la acidez (0 a 6), neutro (7) y alcalinidad o basicidad (8 a 14). De esta manera, mediante la observación del cambio de color de las muestras (Cloro, limón, solución de bicarbonato de sodio y agua) al añadir el indicador (Extracto de remolacha), permitió que los caficultores modelaran y comprendieran mejor el concepto de pH, además de facilitó la asimilación y aplicación del concepto a su contexto. Este proceso se consagró en registro de [material fotografico y audiovisual](#).



*Imagen 6. Explicación pH.*



*Imagen 7. Ayuda ofilmática*

Realizar la introducción a la química del café, basándose en dos moléculas como lo son la cafeína y el ácido clorogénico permitió un acercamiento por parte de los caficultores a la química orgánica desde su contexto, pues, se pudo comprender la relación directa que hay entre composición química y las propiedades del café. Además, se evidenció la identificación de ciertos elementos como oxígeno, nitrógeno, hidrógeno en las estructuras moleculares, fortaleciendo así la comprensión de principios de la química; el caso del carbono fue especial, pues, fue un punto de aprendizaje para algunos caficultores, ya que, no reconocían la manera de representarlo en la química orgánica. Esta información se recolectó en material audiovisual (Anexo 3).

Se proporcionaron herramientas tales como información sobre las diferentes variedades de café y sus perfiles de sabor, según investigaciones realizadas por CENICAFÉ, junto a esto, se dio a conocer la ficha informativa sobre cómo los niveles de tostado afectan la amargura del producto final, esto con el fin de facilitar datos que contribuyen a la toma de decisiones en torno al café que desean producir, además de reforzar la comprensión de las características organolépticas.

Mediante la herramienta Excel, se pudo recopilar información en base a los conceptos que los caficultores relacionan con la palabra sostenibilidad, en relación a sus categorías de economía, social, cultural y ambiental, donde permiten comprender la relación de estos términos en su vida cotidiana.

Junto a la plataforma OPEN EVOC 1.0, se determinó la frecuencia de palabras en cada categoría, permitiendo analizar de manera colectiva, cómo los procesos sostenibles influyen en sus actividades agronómicas y de esta manera, construir conjuntamente con los participantes, un conocimiento contextual en base a la sostenibilidad en su entorno y el proceso productivo del café, en la ilustración 1 se muestran las ideas más frecuentes de sostenibilidad en el ámbito económico.

<b>Término</b>	<b>f</b>	<b>RP</b>	<b>1°</b>
sustento	4	1.00	4
estabilidad	1	1.00	1
oportunidad	1	1.00	1
favoreciente	1	1.00	1
ganancia	1	1.00	1
ayuda	1	1.00	1
entrada	1	1.00	1
sostenibilidad	1	1.00	1
utopia	1	1.00	1
rentabilidad	1	1.00	1
<b>Total</b>	<b>13</b>		

*Ilustración 1. Frecuencia de sostenibilidad en el ámbito económico.*

Las respuestas brindadas por los caficultores demuestran una asociación bastante fuerte entre la economía y la sostenibilidad, la mayoría relacionó la sostenibilidad con el sustento, indicando que la ven como una manera o medio para asegurar el bienestar económico de su familia. Por otro lado, la frecuencia del resto de palabras denota su comprensión como un enfoque que permite generar ingresos.

En la ilustración 2 se muestran las ideas mas frecuentes de sostenibilidad en el ámbito social.

<b>Término</b>	<b>f</b>	<b>RP</b>	<b>1°</b>
oportunidad	3	2.00	0
apoyo	2	2.00	0
economía	1	2.00	0
cuidado	1	2.00	0
esperar	1	2.00	0
sustento	1	2.00	0
oportunidades	1	2.00	0
beneficios	1	2.00	0
comunidad	1	2.00	0
imaginario	1	2.00	0
<b>Total</b>	<b>13</b>		

*Ilustración 2. Frecuencias de sostenibilidad en el ámbito social.*

En este apartado, la relación entre sostenibilidad y el ámbito social denota que 3 personas mencionaron el término oportunidad y 2 personas mencionaron apoyo, lo cual sugiere que ven la sostenibilidad como un medio para crear oportunidades y brindar apoyo entre la comunidad en vía del desarrollo social. Las demás palabras demuestran que los caficultores tienen ideas diferentes sobre como la sostenibilidad impacta la sociedad.

En la ilustración 3 se aprecian las ideas mas frecuentes de sostenibilidad en relación al ámbito ambiental.

Término	f	RP	1°
natural	2	3.00	0
transformacion	2	3.00	0
uso	1	3.00	0
prevencion	1	3.00	0
aprovechamiento	1	3.00	0
mejoramiento	1	3.00	0
cuidado	1	3.00	0
procesos	1	3.00	0
cambio	1	3.00	0
optimizacion	1	3.00	0
salubridad	1	3.00	0
<b>Total</b>	<b>13</b>		

*Ilustración 3. Frecuencias de sostenibilidad en el ámbito ambiental.*

La relación entre sostenibilidad y ambiente es más clara, pues, refleja la comprensión de los caficultores como un enfoque cuyo objetivo es proteger y utilizar de manera responsable los recursos naturales y la minimización del impacto ambiental en procesos productivos.

Y finalmente, en la ilustración 4 se logra evidenciar las ideas frecuentes de sostenibilidad en el ámbito cultural.

Término	f	RP	1°
tradicion	4	4.00	0
apropiacion	1	4.00	0
falta de oportunidades	1	4.00	0
apoyo	1	4.00	0
familia	1	4.00	0
sustento	1	4.00	0
tradicion	1	4.00	0
identidad	1	4.00	0
educacion	1	4.00	0
accesibilidad	1	4.00	0
<b>Total</b>	<b>13</b>		

*Ilustración 4. Frecuencias de sostenibilidad en el ámbito cultural.*

La palabra más mencionada fue tradición, demostrando que la relación entre sostenibilidad y cultura es preservar y fortalecer la transmisión de conocimientos de generación en generación, pues, muchos de los cultivos de café se mantienen por herencia. Se muestra una amplia perspectiva que incluye aspectos como identidad local y el acceso a oportunidades que permitan el desarrollo, además de una práctica arraigada a la historia.

Este ejercicio de asociación evidencia una comprensión amplia y variada de la sostenibilidad, demostrando que va más allá de lo ambiental, integrando los aspectos económicos, sociales y culturales relevantes para el bienestar de la comunidad cafetera.

A continuación, se presenta una representación en referencia a la sostenibilidad en el proceso productivo del café y la vida cotidiana de los caficultores, desarrollando así, una construcción colectiva de un diagrama de Venn, teniendo en cuenta las frecuencias anteriormente analizadas, según las categorías de economía, social, cultural, ambiental; y sus relaciones entre otros conjuntos (categorías):

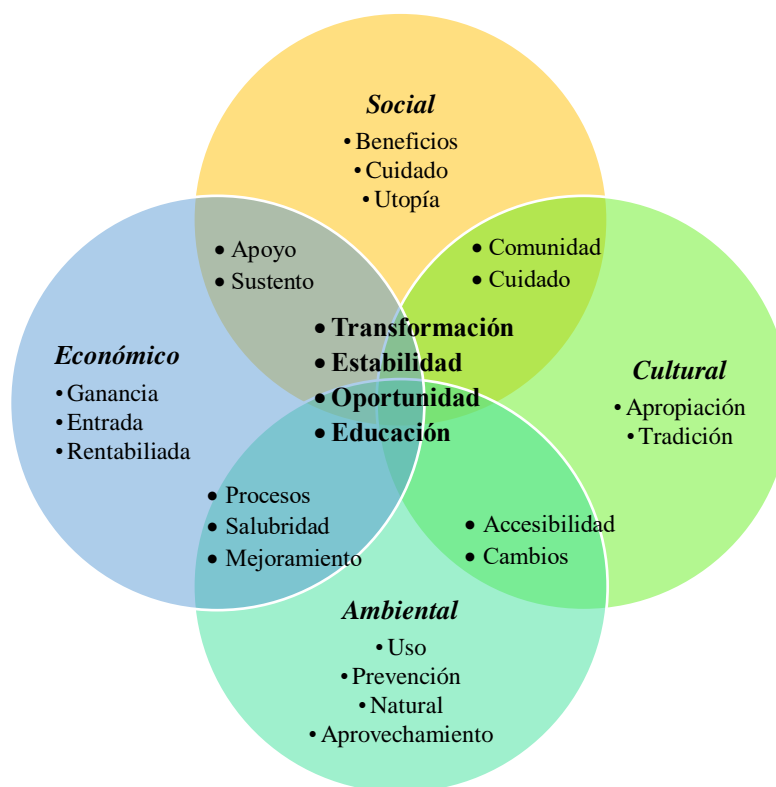


Figura 7. Diagrama de Venn en relación a los caficultores y la sostenibilidad.  
Fuente propia.

En resumen, el ejercicio de asociación muestra una visión holística de la sostenibilidad por parte de los caficultores, donde se considera el contexto y las experiencias personales de cada uno, permitiendo así una comprensión más relevante y aplicable. En este sentido las buenas prácticas agrícolas (BPA) y el manejo adecuado de los residuos desempeñan un papel importante, pues, los caficultores al integrarlas en el proceso productivo específicamente en la postcosecha de manera significativa contribuyen a la preservación y cuidado del medio ambiente, además de la generación de oportunidades para la transformación de residuos. Cabe destacar que, en la jornada de contextualización se abordó temas relevantes para los caficultores como conceptos básicos de química hasta aspectos más específicos como la química del café, y su posible aplicación a procesos de comerciales.

#### 4.1.1.3.Momento de profundización.

El momento de profundización proporcionó una experiencia llena de riquezas y de mutuo aprendizaje. Los caficultores pudieron apreciar cómo se podía obtener de un residuo como la cascarilla de café un producto con un aroma agradable, demostrando el potencial de la

valorización de los residuos, pues, la presentación de esto generó asombro, curiosidad y entusiasmo entre la población. Se reforzó la idea de la transformación de residuos en un producto de valor comercial.

La documentación visual del proceso llevado a cabo en el laboratorio de una película de nanopartículas de celulosa fue un apoyo para que los caficultores comprendieran aún más el proyecto de investigación, además, de facilitar la asimilación de conceptos técnicos de la química.

Se llevo a cabo una construcción conjunta de conocimiento en la discusión sobre los inconvenientes encontrados en el proceso del desarrollo disciplinar del proyecto, específicamente en la reacción más fuerte en el blanqueamiento de la cascarilla negra, donde los caficultores aportaron sus experiencias y conocimientos sobre el café y las investigadoras compartieron un conocimiento científico, llegando así a la hipótesis de que la cantidad de azúcares presentes en la cascarilla negra provocaron esa reacción exotérmica en el proceso de blanqueamiento.

Finalmente, los caficultores reconocieron que los temas abordados no suelen ser tratados en las charlas de grandes entidades y se observó curiosidad por explorar otras alternativas de valorización de residuos a partir de experiencias parecidas.

#### 4.1.2. PELÍCULA DE NANOPARTÍCULAS DE CELULOSA

Todo el proceso para la fabricación de películas mezcladas con RCNP se realizó con muestras duplicadas.

##### 4.1.2.1. Determinación de Humedad.

Número de cápsula	Peso de la cápsula en g			$\bar{X}$
	Primer secado 4 horas	Segundo secado 1 hora	Tercer secado 30 minutos	
Cápsula 2	43,217 g	43,215 g	43,215 g	43,215 g
Cápsula 4	50,799 g	50,799 g	50,799 g	50,799 g
Cápsula 1	50,233 g	50,232 g	50,233 g	50,233 g
Cápsula 3	50,576 g	50,576 g	50,576 g	50,576 g

Tabla 3. Cápsulas taradas para determinación de humedad.

Se procede a rotular las cápsulas correspondientes a la muestra de pergamino de café (Muestra 1 – cápsula 1 | Muestra 2 – cápsula 2) y a la muestra de pulpa de café (Muestra 3 – cápsula 3 | Muestra 4 – cápsula 4).



Imagen 8. Selección de la muestra.



Imagen 10. Muestra de pulpa de café.



Imagen 9. Secado de las muestras.



Imagen 11. Cápsulas con muestra.

Secado de muestras				
Tipo de muestra	Pergamino de café + cápsula		Pulpa de café + cápsula	
<b>Peso inicial</b>	5,058 g	4,551 g	6,001 g	6,002 g
<b>Repetición de secado</b> 1 hora 30 minutos	<b>Muestra 1</b>	<b>Muestra 2</b>	<b>Muestra 3</b>	<b>Muestra 4</b>
1	55,291 g	47,766 g	56,577 g	56,801 g
2	55,275 g	47,746 g	56,561 g	56,786 g
3	55,218 g	47,696 g	56,445 g	56,712 g
4	55,229 g	47,713 g	56,355 g	56,714 g
5	55,216 g	47,695 g	56,345 g	56,567 g
6	55,218 g	47,695 g	56,345 g	56,568 g
$\bar{x}$	<b>55,217 g</b>	<b>47,695 g</b>	<b>56,345 g</b>	<b>56,568 g</b>

Tabla 4. Secado hasta peso constante de las muestras.

En la repetición de secado N°4, se evidencia un aumento en el peso registrado de las muestras, esto se debe a que las condiciones experimentales no fueron las adecuadas, ya que las muestras fueron dejadas en desecador durante una semana sin manipulación por factores externos. Sin embargo, posterior a este tiempo, las muestras fueron llevadas a estufa nuevamente durante 3 horas a 105°C, registrando una disminución de peso considerable, en relación a la repetición N°3.



Imagen 12. Muestras secas hasta peso constante.

Peso de la muestra seca			
Pergamino de café		Pulpa de café	
Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
55,217 – 50,233	47,695 -43,215	56,345 – 50,576	56,568 – 50,799
<b>4,985 g</b>	<b>4,480 g</b>	<b>5,769 g</b>	<b>5,769 g</b>

Tabla 5. Peso de las muestras secas.

Determinación de Humedad por método termogravimétrico

$$\%Humedad = \frac{\text{Peso de muestra inicial} - \text{Peso de muestra seca}}{\text{Peso de muestra inicial}} * 100$$

Cantidad de Humedad presente en las muestras de manera porcentual			
Pergamino de café		Pulpa de café	
Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
1,44 %	1,56%	4,08%	3,9%
%H pergamino de café	1,5%	%H pulpa de café	3,99%

Tabla 6. %Humedad de las muestras.

#### 4.1.2.2. Lavado de las muestras con Etanol.

Se adicionó Etanol al 95% a las muestras secas en un Beaker de 250 mL para realizar lavados en las muestras, en una proporción 1:10; se llevó a calentamiento suave hasta punto de ebullición (78°C) y se situó un vidrio de reloj sobre el beaker por cada muestra.

Muestras	Pergamino de café		Pulpa de café	
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
Peso de muestra	4,985 g	4,480 g	5,769 g	5,769 g
Volumen de Etanol	50 mL	45 mL	58 mL	58 mL

Tabla 7. Volumen de Etanol correspondiente a cada muestra.

Se evidencia que, debido a la naturaleza del etanol como disolvente polar, permite la extracción sólido – líquido de compuestos aromáticos, por lo que se registra que aparte de desarrollar una limpieza en las muestras, se extrajo esencias de aromas dulces mediante filtración al vacío, similares al ron; debido a que el pergamino y la pulpa de café contienen compuestos volátiles como los furanos y ésteres. Sin embargo, los aromas extraídos de las muestras 2 y 4, no presentan altas notas dulces, en relación con las muestras 1 y 3, esto debido al frasco de vidrio donde fueron resguardadas.

Debido al agradable aroma extraído del proceso del lavado de la cascarilla (Muestra 1) y la pulpa (Muestra 3), se realizó una encuesta verbal con 10 personas independientes al trabajo de investigación, donde por medio de las características organolépticas relacionadas con la percepción del olfato, permitieron con su opinión, generar una aprobación en base al desarrollo de un producto cosmético. Los resultados de esta encuesta son: el aroma de la muestra 1 (Pergamino de café) es más dulce y menos intenso que la muestra 3; según 6 personas de 10 entrevistados, y la muestra 3 (Pulpa de café), más dulce que el aroma de la muestra 1, según 4 personas de 10 entrevistados.

Estas esencias fueron empleadas para el desarrollo de perfumes naturales, empleando como base, esencia de vainilla, fijador de aroma, como notas de salida las esencias extraídas del pergamino y la pulpa de café, y como conservante natural, el eucalipto; en proporciones 1:0,5:5:1.



Imagen 12. Lavado con etanol.



Imagen 14. Obtención de extractos aromáticos.



Imagen 13. Filtración de muestra 3.



Imagen 15. Turbidez en extractos de muestras 1 y 3

El desarrollo de perfumes naturales a partir de los extractos obtenidos en el lavado de las muestras 1 y 3, fueron analizados mediante la técnica analítica de cromatografía HPLC, por Noguera, N & Ramírez, L (2024) para su trabajo titulado “El aprendizaje basado en proyectos (ABPr) como modelo para fomentar la habilidad argumentativa entorno al estudio de algunos disruptores endocrinos”, de esta manera se determinó la baja presencia parabenos, debido a las ligeras señales en tiempos de retención del propilparabeno y metilparabeno. De esta manera se verificó que el uso cosmético de este producto era seguro, ya que no iba a afectar los disruptores endocrinos de la población.

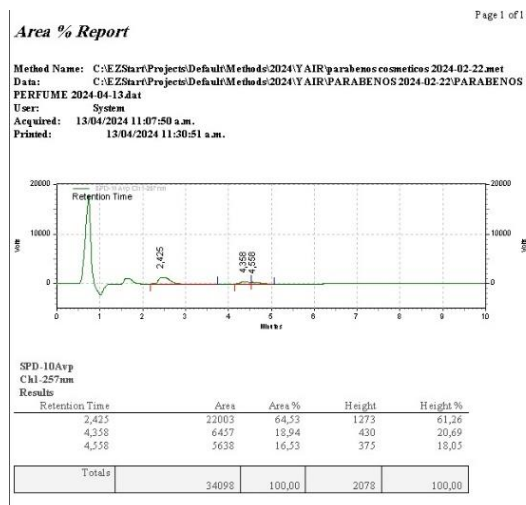


Figura 8. Determinación de parabenos en perfume natural de extracto cascarilla de café. Tomado de Noguera, N., Ramírez, L. (2024)

Para finalizar el proceso de lavado de muestras con etanol, se introdujeron nuevamente las muestras a las cápsulas ya taradas y llevadas a la estufa durante 24 horas a 50°C.

Muestras	Peso muestra seca después del lavado con etanol
Muestra 1	55,494 g
Muestra 2	47,944 g
Muestra 3	56,727 g
Muestra 4	56,833 g

Tabla 8. Peso de muestras tratada con etanol más cápsula

#### 4.1.2.3. Proceso de blanqueamiento de las muestras.

Preparación de soluciones patrón:

**Las soluciones son preparadas para duplicado** de procesos por cada muestra. Cabe destacar que la preparación de estas soluciones fue tenida en cuenta según el peso de las muestras y su comparación en base a la metodología que Campuzano, Escobar y Torres (2023) plantean para el proceso de blanqueamiento de muestras; este tratamiento se realizó 2 veces por muestra.

- Literatura: Solución de Hidróxido de sodio (NaOH) 2,4%  $\frac{p}{v}$
- Literatura: Peróxido de Hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) 20%  $\frac{v}{v}$

El reactivo analítico peróxido de hidrógeno del laboratorio del departamento de Química de la Universidad Pedagógica Nacional se encuentra en una concentración 30%  $\frac{v}{v}$

$$\text{Volumen}_{\text{H}_2\text{O}_2 \text{ 30\%}} = \frac{20\% \frac{v}{v} * 110 \text{ mL}}{30\% \frac{v}{v}} = 73,3 \text{ mL H}_2\text{O}_2 \text{ 30\% } \frac{v}{v}$$

Blanqueamiento de muestras:

Determinación peso de muestra seca tratada con etanol				
Muestra	Pergamino de café		Pulpa de café	
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
Peso balón de 3 bocas	112,678 g	114,968 g	139,064 g	127,421 g
Peso de muestra	5,061 g	4,694 g	6,132 g	6,019 g

Tabla 9. Determinación de muestra para tratamiento de blanqueamiento.

Para la determinación del volumen requerido de soluciones patrón según el peso de las muestras, es necesario realizar el ajuste en base a lo que plantea la metodología de Campuzano, Escobar y Torres: por cada 5 g de muestra, adicionar 50 mL de NaOH 2,4%  $\frac{p}{v}$  y 25 mL de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 20%  $\frac{v}{v}$

$$\text{Volumen}_{\text{solución patrón}} = \frac{50 \text{ mL NaOH } 2,4\% \frac{p}{v} * g \text{ muestra tratada con etanol}}{5 g (\text{referencia de } g \text{ de muestra})}$$

Volumen requerido de soluciones patrón para proceso de blanqueamiento		
Muestras	V NaOH 2,4% $\frac{p}{v}$	V H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 20% $\frac{v}{v}$
Muestra 1	50, 61 mL	25,31 mL
Muestra 2	46,94 mL	23,47 mL
Muestra 3	61,32 mL	30, 66 mL
Muestra 4	60, 19 mL	30,10 mL

Tabla 10. Soluciones patrón para proceso de blanqueamiento

El blanqueamiento de la muestra se produce debido a que el peróxido de hidrogeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) actúa como un agente oxidante que se potencializa en medio alcalino (NaOH) para liberar el ion perhidroxilo (HOO<sup>-</sup>) el cual, es selectivo y protege las propiedades físicas de la pulpa de celulosa. El H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> reacciona con los cromóforos de la muestra orgánica rompiendo sus enlaces produciendo una decoloración (Flores & Melo, 1997).



Imagen 16. Blanqueamiento del pergamino de café (muestra 1)



Imagen 17. Reacción de oxidación en muestra de pergamino y pulpa de café



Imagen 18. Blanqueamiento de la pulpa de café (Muestra 3)

Al momento de realizar el proceso de blanqueamiento, se observó que la muestra 3 y 4 correspondientes a la pulpa de café, produjo una reacción exotérmica más fuerte que las muestras correspondientes al pergamino del café (1 y 2); debido al alto porcentaje de azúcar reductor que presenta la muestra; esto se debe a que el peróxido de hidrógeno y el hidróxido de sodio, degrada parcialmente los enlaces glucosídicos debido a la oxidación (Marcano, D. 2018), por lo que al contener mayor porcentaje de azúcares reductores, contiene mayor cantidad de enlaces glucosídicos, produciendo una liberación de energía

en forma de calor, más alta que las muestras de pergamino, así mismo generando espuma hasta que la reacción de oxidación finalizó.

Por error de analistas, la muestra 3 tuvo un exceso de peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ), cuyo volumen corresponde a 35,5 mL.

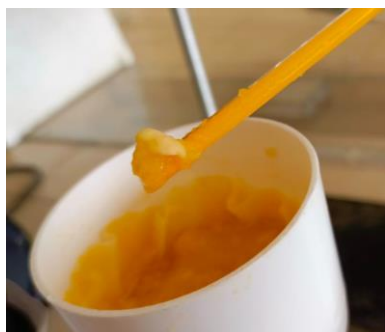
Imágenes observadas después del segundo lavado:



*Imagen 19. Blanqueamiento N°2 muestra 2.*



*Imagen 20. Segundo blanqueamiento de muestras.*



*Imagen 21. Filtración del sólido de pulpa de café (Muestra 4)*

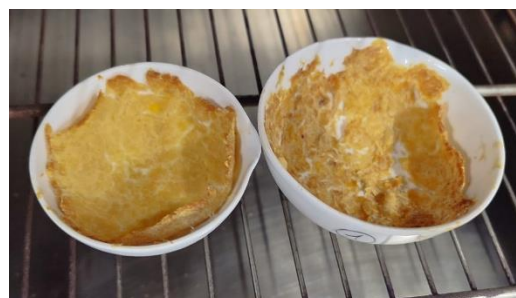


*Imagen 22. Filtración del sólido de pergamino de café (Muestra 1)*

Para finalizar este proceso, se lavaron los sólidos filtrados con abundante agua desionizada y llevados a la estufa a 50 °C, durante 24 horas.



*Imagen 23. Muestra 1 y 2 seca.*



*Imagen 24. Muestra 3 y 4 seca.*

Las muestras secas fueron molidas a un tamaño de partícula de 1 mm.

Las muestras 1 y 3 presentaron un daño al ser molidas, puesto que se produjo un fallo en la manipulación del equipo, generando pérdida de muestra y la muestra 2 se mezcló con materia orgánica desconocida, debido a que el equipo no fue limpiado previamente, por lo que contaba con residuos orgánicos de otros grupos de investigación.



Imagen 25. Muestras con tamaño de partícula 1 mm

Peso muestra seca blanqueada			
Pergamino de café		Pulpa de café	
Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
1,639 g	0,934 g	1,243 g	1,920 g

Tabla 11. Muestra seca blanqueada

#### 4.1.2.4. Tratamiento de Hipoclorito de Sodio

Preparación de soluciones patrón:

Se preparó 100 mL de solución Hipoclorito de sodio (NaClO) al 3,3%  $\frac{p}{v}$ , con el fin de distribuir la solución entre las cuatro muestras. Posterior a esto, se realiza nuevamente otra solución de 50 mL de NaClO al 3,3%  $\frac{p}{v}$  para tratar los sólidos restantes. Cabe destacar que la solución de hipoclorito de sodio debe tener un rango de pH entre 8 y 9, por lo que se adicionó gotas de Ácido clorhídrico 0,1 M con el fin de disminuir el pH de la solución.

La solución fue preparada según el peso de las muestras y su comparación con la metodología que Campuzano, Escobar y Torres (2023) plantean para el tratamiento con hipoclorito de sodio a las muestras previamente blanqueadas.

- Literatura: Solución de Hipoclorito de sodio (NaClO) 3,3%  $\frac{p}{v}$

El reactivo analítico del laboratorio del departamento de Química de la Universidad Pedagógica Nacional se encuentra en una concentración de  $4\% \frac{p}{v}$ . Por lo que se realizó una disolución con el fin de llegar a la concentración planteada en la literatura.

- Solución patrón N°1: Empleado en las cuatro muestras secas.

$$\text{Volumen}_{NaClO\ 4\% \frac{p}{v}} = \frac{3,3\% \frac{p}{v} NaClO * 100\ mL}{4\% \frac{p}{v} NaClO} = 82,5\ mL\ NaClO$$

El pH registrado para esta solución fue de 11,213 por lo que se adicionaron 120 gotas de HCl 0,1 M, disminuyendo el pH a 8,986.

$$\text{Volumen requerido}_{Soln\ patrón} = \frac{100\ mL\ NaClO\ 3,3\% \frac{p}{v} * g\ muestra\ molida}{10\ g\ (referencia\ de\ g\ de\ muestra)}$$

Volumen de hipoclorito de sodio (NaClO) $3,3\% \frac{p}{v}$			
Pergamino de café		Pulpa de café	
Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
16,4 mL	9,8 mL	12,4 mL	19,2 mL

Tabla 12, Volumen NaClO  $3,3\% \frac{p}{v}$  por muestra

Se agitó vigorosamente a  $50^{\circ}C$  durante 30 minutos, debido a la cantidad de las muestras.

Se llevó a centrifugar a 5000 RPM durante 10 minutos. Después de esto, el sobrenadante se descartó y los sólidos restantes se introdujeron a un beaker de 100 mL con ayuda de una microespátula.



Imagen 26. Tratamiento de NaClO  $3,3\% \frac{p}{v}$



Imagen 27. Sólidos restantes

- Solución patrón N°2: Empleado en las cuatro muestras secas.

$$\text{Volumen}_{\text{NaClO } 4\% \frac{p}{v}} = \frac{3,3\% \frac{p}{v} \text{ NaClO} * 50 \text{ mL}}{4\% \frac{p}{v} \text{ NaClO}} = 41,2 \text{ mL NaClO}$$

El pH registrado para esta solución fue de 10,053 por lo que se adicionaron 10 gotas de HCl 0,1 M, disminuyendo el pH a 8,440.

Se adicionó a cada muestra 12.5 mL de la solución de hipoclorito de sodio 3,3%  $\frac{p}{v}$ , se agitó durante 30 minutos a 50 °C y se centrifugó por 10 minutos a 5000 RPM.

El hipoclorito de sodio se emplea después del blanqueamiento con H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y NaOH como un segundo blanqueamiento que ayuda a eliminar cualquier coloración que haya quedado, además, actúa como un agente desinfectante que ayuda a esterilizar la muestra (Borges, Estrada, Pérez y Meneses, 2009).

Los sólidos tratados fueron introducidos en vasos de precipitado de 1 L con 600 mL de agua desionizada cuya conductividad es de 6,12  $\mu\text{S/cm}$ , valor otorgado por el uso de un multiparámetro a 20 °C (Temperatura ambiente) a 60°C durante 30 minutos, esto con el fin de disminuir conductividad. Cabe destacar que las muestras permanecieron sumergidas durante 3 días, dando como resultado una disminución significativa de la conductividad, sin embargo, fue necesario triplicar este proceso con la modificación del volumen de agua destilada a 300 mL por muestras, filtrando con bomba de vacío y volviendo a introducir el sólido restante, para obtener una conductividad inferior a 50  $\mu\text{S/cm}$ .

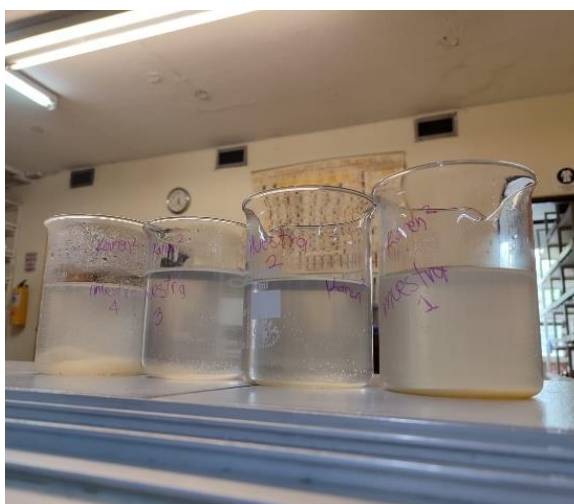


Imagen 28. Suspensión de muestras.

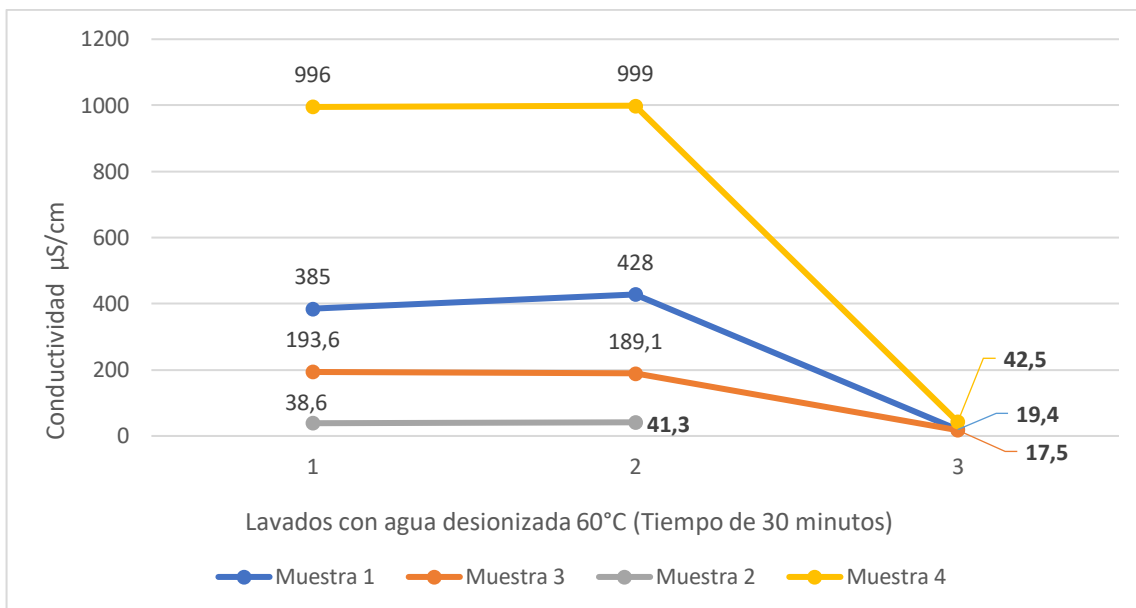


Gráfico 2. Disminución progresiva de la conductividad.

La conductividad de las muestras disminuye debido a varios factores. Por ejemplo, al agregar agua desionizada caliente (60°C) a la muestra, los iones se disocian más, lo que reduce su concentración, y esta al ser directamente proporcional con la conductividad, disminuirá.

Se evidencia que la muestra 3 se disolvió por completo en el proceso de disminución de conductividad, ya que no se observó una cantidad considerable de muestra para continuar el proceso con dicha muestra, se dejó en baño maría para recuperar los suspendidos presentes en el filtrado.

#### 4.1.2.5. Solubilización de celulosa.

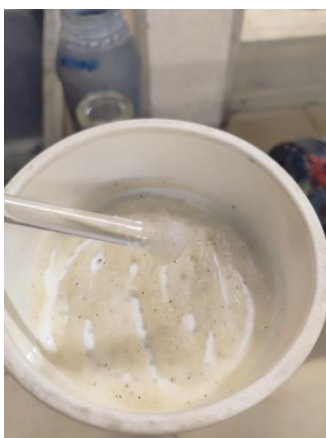


Imagen 29. Obtención de pulpa de celulosa



Imagen 30. Pulpa de celulosa muestra 4



Imagen 31. Pulpa de celulosa muestra 1

Preparación de solución solubilizadora:

La preparación de esta solución fue tenida en cuenta según el peso de las muestras y su comparación con la metodología que Campuzano, Escobar y Torres (2023) plantean para el proceso de solubilización de muestras:

- Literatura: 14 g de Hidróxido de sodio y 24 g de Urea. Preparar con 162 mL de agua destilada y preenfriar a  $-15^{\circ}\text{C}$ , posterior a esto, agregar 60 g de pulpa de celulosa.

Puesto que los gramos de pulpa de celulosa obtenida son inferiores a 60 g que nombra la literatura, se establece una relación en base a los mL que establece el método, con los 100 mL de solución a preparar para adicionar a las muestras:

$$g \text{ NaOH} = \frac{100 \text{ mL} * 14 \text{ g NaOH} (g \text{ de referencia})}{162 \text{ mL} (solución \text{ de referencia})} = 8,642 \text{ g NaOH}$$

$$g \text{ Urea} = \frac{100 \text{ mL} * 24 \text{ g Urea} (g \text{ de referencia})}{162 \text{ mL} (solución \text{ de referencia})} = 14,815 \text{ g Urea}$$

➤ Preparación de solución solubilizadora:

Se pesó 8,661 g NaOH (s) y 14,815 g Urea (s) y se preparó la solución en 100 mL de agua desionizada.

A cada muestra previamente tratada, se añadieron los siguientes volúmenes de solución solubilizadora pre enfriada a  $-10^{\circ}\text{C}$ :

$$Volumen_{solución \text{ solubilizadora}} = \frac{g \text{ de pulpa de celulosa obtenida} * 162 \text{ mL} (Volumen \text{ de referencia})}{60 \text{ g pulpa de celulosa} (Referencia)}$$

Volumen de solución solubilizadora			
Pergamino de café		Pulpa de café	
Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
4,4 mL	2,5 mL	-	5,2 mL

Tabla 13, Volumen solución solubilizadora por muestra

Cabe destacar que la muestra 3 se contaminó por el mal procedimiento con el molino, razón por la cual se descartó y no se continuó el tratamiento con ella.

Posterior a esto, se llevó a agitadores magnéticos con baño de hielo por 10 minutos a 2400 RPM y finalmente se centrifugó a 2300 RPM durante 10 minutos, de esta manera se logró separar la celulosa en fase solubilizada y no solubilizada.



Imagen 32. Separación de celulosa no solubilizada.

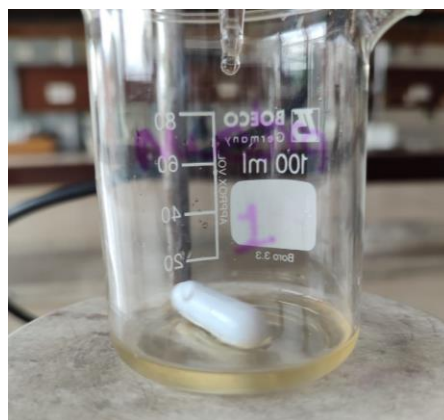


Imagen 33. Solución de celulosa

El sistema de solubilización de celulosa NaOH/Urea trabajan en conjunto para romper los enlaces de hidrogeno intra e intermoleculares de la celulosa. La urea forma complejos con las moléculas del agua modificando su estructura y aumentando la solvatación, también, hace menos rígida a la celulosa y por eso es susceptible a ser solubilizada (Zhou & Zhang, 2000). La utilización de este sistema es menos tóxico y costoso, por lo que se ha catalogado como un método rápido y amigable ambientalmente (Cazón, Velásquez & Vázquez, 2019).

#### 4.1.2.6. Regeneración de nanopartículas de celulosa

Preparación de solución regeneradora:

La preparación de esta solución fue tomada en cuenta según el peso de las muestras obtenidas y su comparación con la metodología que Campuzano, Escobar y Torres (2023) plantean para el proceso de regeneración de nanopartículas de celulosa a partir de las muestras de pergamino de café y pulpa de café. Sin embargo, esta metodología propone la preparación de la solución en 200 mL, por lo que debido a la cantidad de muestra que se obtuvo, se preparó para 100 mL. Por ende, se prepararon las soluciones por separado de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  3,3%  $\frac{p}{v}$  y  $\text{H}_2\text{SO}_4$  3,3%  $\frac{v}{v}$  a 50 mL, y posteriormente se transfirieron cuantitativamente a un balón aforado de 100 mL:

- Literatura: Sulfato de sodio ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) 3,3%  $\frac{p}{v}$  y ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) 3,3%  $\frac{v}{v}$

El reactivo analítico de ácido sulfúrico del laboratorio del departamento de Química de la Universidad Pedagógica Nacional se encuentra en una concentración de 10 %  $\frac{v}{v}$ . Por

lo que se realiza una disolución con el fin de llegar a la concentración planteada en la literatura.

$$\text{Volumen}_{H_2SO_4 \ 10\% \frac{v}{v}} = \frac{3,3 \ \% \frac{v}{v} \ H_2SO_4 * 50 \ mL}{10 \ \% \frac{v}{v} \ H_2SO_4} = 16,5 \ mL \ H_2SO_4$$

$$\text{Gramos}_{Na_2SO_4 (s)} = \frac{3,3 \ g \ Na_2SO_4 (soluto)}{1 \ mL (Solución)} * \frac{50 \ mL}{100} = 1,65 \ g \ Na_2SO_4 (s)$$

Se empleó una bureta de 50 mL para adicionar la solución regeneradora y de esta manera, controlar la velocidad de goteo requerido para las soluciones de celulosa. Esta solución se sometió a agitación mecánica por medio de un agitador magnético a 1400 RPM, y se dejó caer lentamente la solución regeneradora, hasta cambio de color.

Volumen de solución regeneradora de nanopartículas de celulosa			
Pergamino de café		Pulpa de café	
Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
6 mL	6 mL	-	4,5 mL

Tabla 14. Volumen solución regeneradora por muestra



Imagen 34. Solución de celulosa antes de la adición de solución regeneradora.

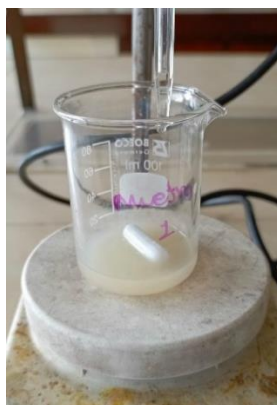


Imagen 35. Solución de celulosa después de la adición de solución regeneradora



Imagen 36. Suspensión muestra 4 después de la adición de la solución regeneradora

El ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) protona los grupos hidroxilo de la celulosa, lo cual cambia la estructura formando una red tridimensional de celulosa regenerada, por otro lado, el sulfato de sodio ( $Na_2SO_4$ ) actúa manteniendo el pH de la solución, promoviendo un ambiente propicio para que la regeneración ocurra, este baño de coagulación permite la integración de propiedades mecánicas (Meng et al., 2024).

Se llevó a centrifugar durante 10 minutos a 5000 RPM, donde la celulosa se resuspendió en agua desionizada y se realizó nuevamente lavados continuos con agua desionizada a 50°C en el mismo tubo falcón para evitar la pérdida de muestra (13 mL), de esta manera, se lleva a centrifugar nuevamente por 10 minutos, realizando cambios constantes de agua, para disminuir la conductividad hasta un valor inferior a 50  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Debido a la contaminación de la muestra 3, esta si solubilizó por completo, lo que, al contemplar la idea de recuperación de los sólidos suspendidos, requería mayor tiempo para desarrollar un proceso de recuperación y por ende, mayor consumo de reactivos, por lo que se estableció continuar con el proceso de investigación con las muestras 1, 2 (pergamino de café) y 4 (pulpa de café).

Conductividad inicial al añadir solución regeneradora			
Pergamino de café		Pulpa de café	
Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
30000 $\mu\text{S}/\text{cm}$	35200 $\mu\text{S}/\text{cm}$	-	42000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Tabla 15, Conductividad inicial en solución regeneradora por muestra

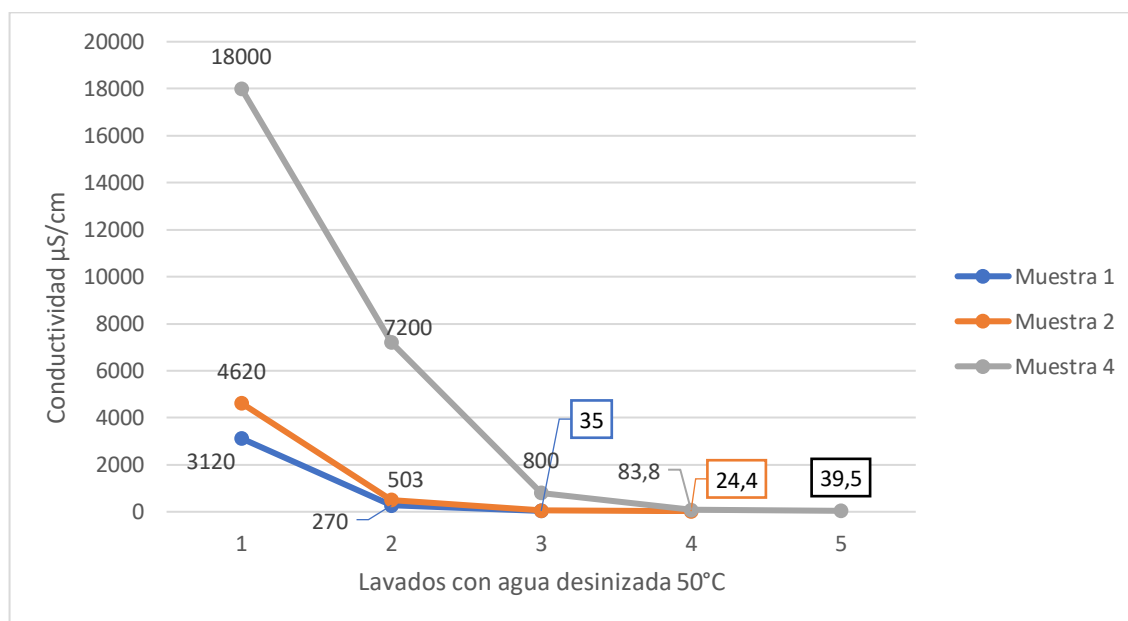


Gráfico 3. Disminución progresiva de la conductividad posterior a la solución regeneradora..



Imagen 37. Centrifugación de Suspensión RCNPs muestra 4

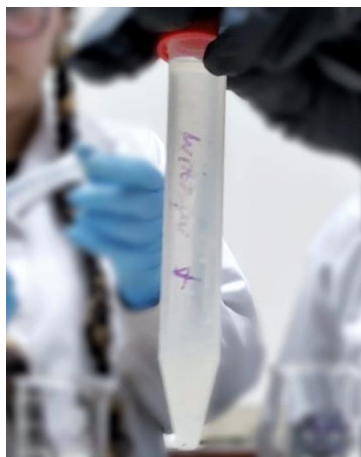


Imagen 38. Suspensión de RCNPs muestra 4



Imagen 39. Suspensión de RCNPs muestra 2 y 4

Gramos de suspensión de RCNPs			
Pergamino de café		Pulpa de café	
Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
3,954 g	1,841 g	-	6,740 g

Tabla 16. Gramos obtenidos de suspensión de RCNPs

#### 4.1.2.7. Películas mezcladas de RCNPs /PVAA (Alcohol polivinílico) /glicerol

##### Preparación de película de control formada por PVA/Glicerol

La preparación de esta mezcla tuvo en cuenta el peso de las muestras obtenidas, para asegurar las proporciones adecuadas de reactivo para la fabricación de la película de control. Esta película se desarrolló a partir de las proporciones mencionadas en la metodología que Campuzano, Escobar y Torres (2023) para el proceso de fabricación de películas mezcladas con PVA/Glicerol como control de las películas formadas a partir de la suspensión de RCNPs (Nanopartículas de celulosa regeneradas):

- Literatura: Proporción 50:50, se agregaron 1 g de alcohol polivinílico y 1 g de glicerol en 50 mL de agua destilada.
- Película de control en base a la muestra obtenida: Proporción 25:25; 0,5 g de PVA y 0,5 g glicerol.

Los reactivos analíticos de alcohol polivinílico y glicerol del laboratorio del departamento de Química de la Universidad Pedagógica Nacional se encuentran en estado líquido, con las densidades de PVA: 20g/L, Glicerol:1,26 g/cm<sup>3</sup>. Por lo que se determinó los mL requeridos mediante la densidad del reactivo y los gramos de referencia en la literatura.

$$mL PV = 0,5 g PV_{(Referencia)} * \frac{1 L}{20 g} * \frac{1000 mL}{1 L} = 25 mL de PV$$

$$mL\ 1,2,3 - \text{propanotriol} = 0,5\ g\ \text{Glicerol} * \frac{1\ cm^3}{1,26\ g} * \frac{1\ mL}{1\ cm^3} = 0,4\ mL\ de\ \text{Glicerol}$$

Estos volúmenes se añadieron a 25 mL de agua desionizada, se agitó a 85°C durante 20 minutos, posterior esto, la solución se vertió en un molde de silicona y se dejó secar durante 48 horas a temperatura ambiente.

#### Preparación de películas mezcladas de RCNPs/PVA/Glicerol

Según la metodología propuesta por Campuzano, Escobar y Torres (2023). Las proporciones para la fabricación de las películas mezcladas con nanopartículas de celulosa regeneradas (RCNPs) son: 50:25:25, donde se emplean por cada 50 mL de suspensión de RCNPs, 0,5 g de PVA y 0,5 g de glicerol; sin embargo, al obtener un suspendido menor a 5 g (ver tabla 16), se establece la relación 14:7:7, donde por cada 14 mL de suspensión de RCNPs, se adicionaron 0,14 g de alcohol polivinílico, es decir, 7 mL de PVAA y 0,14 g de 1,2,3-propanotriol, es decir, 0,112 mL de glicerol.

La mezcla de estas soluciones se llevó a baño de ultrasonido por 10 minutos en un cuarto aislado, posterior a esto, se agitó a 83°C durante 10 minutos, y la solución fue vertida a moldes de silicona previamente rotulados dejando secar las muestras por 48°C a temperatura ambiente.

Se emplea el glicerol ya que este es un plastificante que actúa aumentando la flexibilidad y reduciendo la fragilidad, junto con el PVA que se ha comprobado que es adecuado para mezclarse con celulosa permitiendo así la formación de una película, además según la literatura esta mezcla mejora las propiedades físicas, de barrera y térmicas (Frone et al., 2015).

Por error de analistas, se empleó 0,5 mL de glicerol, por lo que el error analítico se analizó por medio de la espectroscopia IR para definir los grupos predominantes en las películas mezcladas de RCNPs/PV/ Glicerol, dando como resultado que las películas tomaran características físicas de hidrogel y los grupos predominantes en el espectro, fueran los picos del glicerol.



*Imagen 40. Vertimiento de la solución de control de película mezclada PVA/Glicerol*



*Imagen 41. Soluciones para películas mezcladas de RCNPs/PVA/Glicerol, muestras 2 y 4.*

Pese a esto, con la muestra suspendida guardada en tubos falcón del proceso solubilización anterior, se retomó como duplicado el procedimiento nuevamente de la solubilización de muestras, regeneración de las nanopartículas de celulosa y fabricación de las películas esta vez, con las proporciones adecuadas de RCNPs, PV y glicerol (14:7:7).

Se vertió la solución de la película mezclada de nanopartículas de celulosa regenerada en cajas petri, se dejaron secando en estufa a 37 °C con la puerta de ventilación abierta para la regulación de circulación de aire, generando así, un entorno de secado ambiente.



*Imagen 42. Película control PVAA/Glicerol*



*Imagen 43. Películas mezcladas de nanopartículas de celulosa regenerada a partir de residuos del café después de 5 días de su fabricación.*

Se determinó que la película mezclada de RCNPs/PV/Glicerol, cuentan con una resistencia favorable para desprenderse de la superficie de la caja petri y ser manipuladas cuidadosamente, son rígidas y no cuentan con olor. Al ser analizadas 1 semana después de su fabricación, estas no se encuentran con rastro de crecimiento bacteriano o proceso de transformación de sólido a viscoso.

#### 4.1.2.8. Espectroscopía infrarroja (IR).

La película mezclada de nanopartículas de celulosa regenerada fue analizada mediante espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier

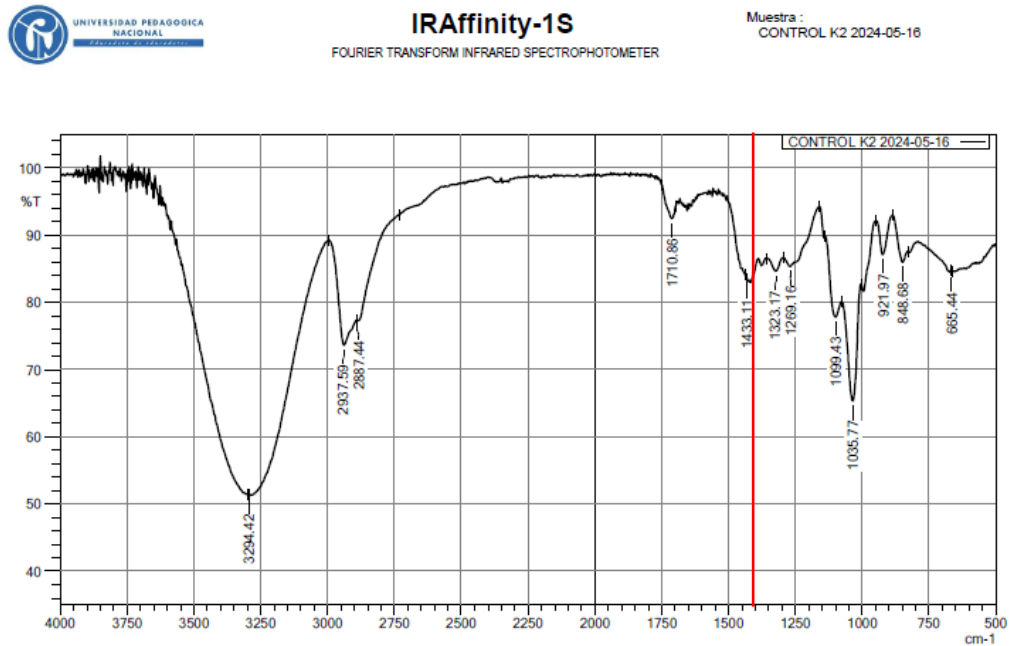


Imagen 44. Espectro infrarrojo de la película control de PVA/Glicerol

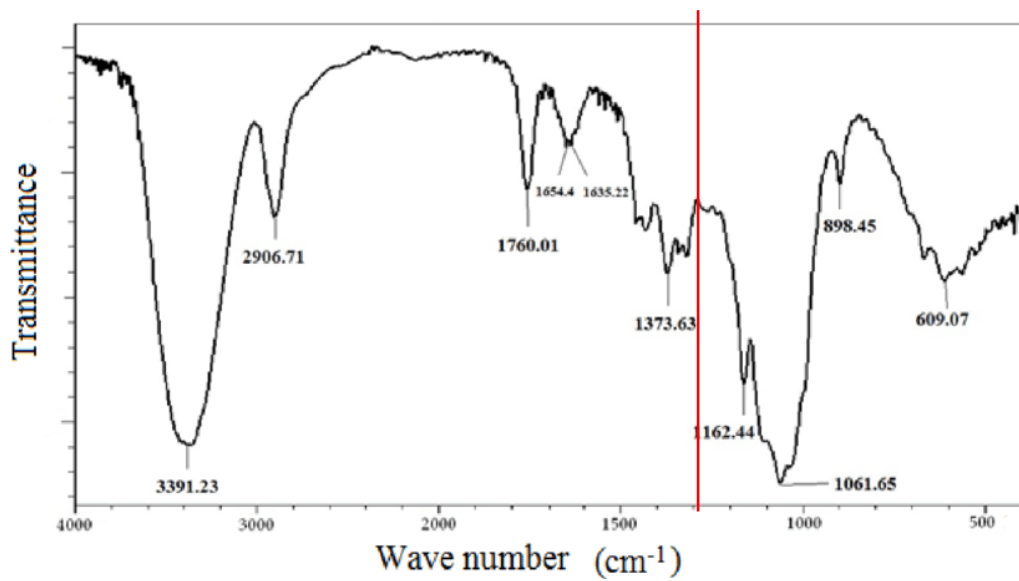
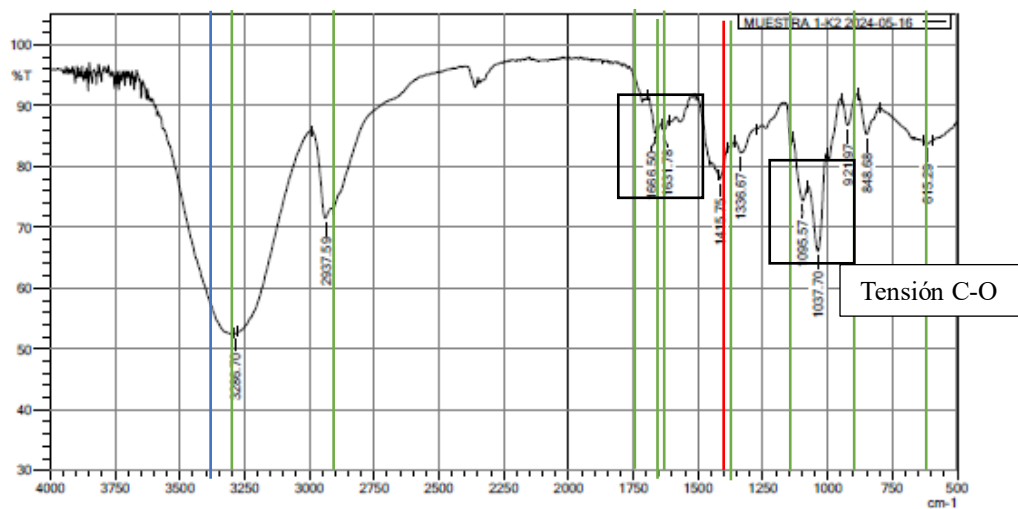
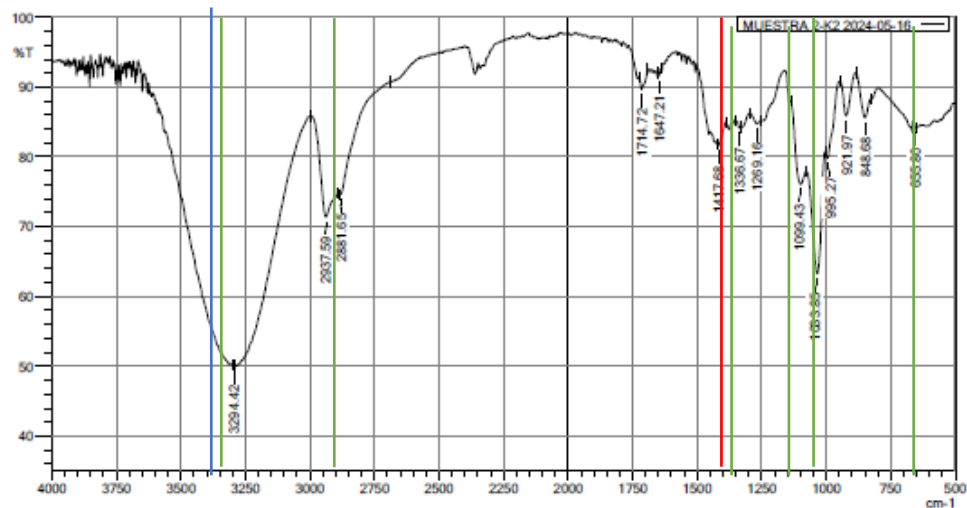


Imagen 45. Espectro Infrarrojo de celulosa comercial. Tomado de: Bernabia, A., Elidrissi, A., Mohamed, A., Tabaght, F., Tahani, A., Ouassini, K. (2015). Kinetic Thermal Degradation of Cellulose, Polybutylene Succinate and a Green Composite: Comparative study.



Universidad Pedagógica Nacional  
Laboratorio de Química  
Analista: Lina M. Sánchez Mejía M.Sc.  
2024-05-16

Imagen 46. Espectro infrarrojo película mezclada RCNPs (Muestra 1)/ PVAA/Glicerol



Universidad Pedagógica Nacional  
Laboratorio de Química  
Analista: Lina M. Sánchez Mejía M.Sc.  
2024-05-16

Imagen 47. Espectro infrarrojo película mezclada RCNPs (Muestra 2)/ PVAA/Glicerol

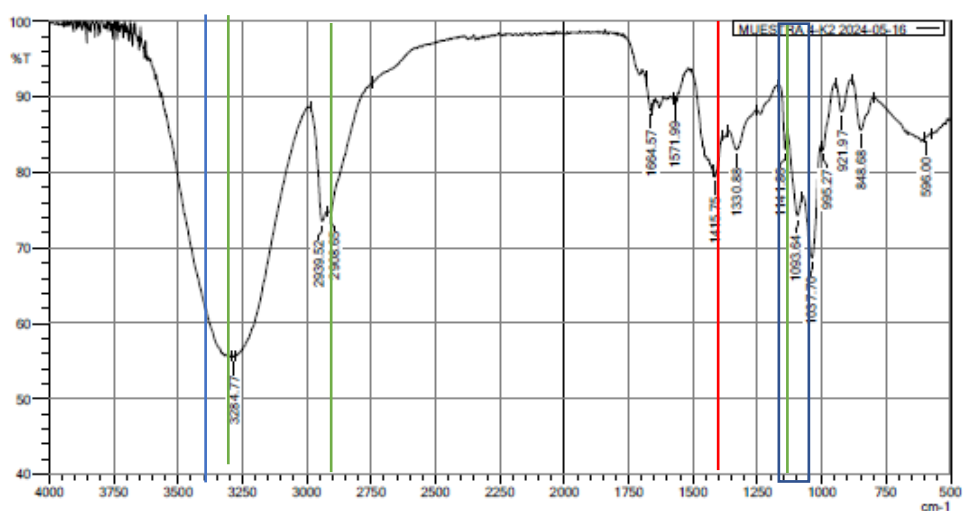


Imagen 48. Espectro infrarrojo película mezclada RCNPs (Muestra 4)/ PVA/Glicerol

En los 3 espectros IR obtenidos, se evidencia una banda ancha característica del estiramiento de los enlaces O-H, los cuales suelen aparecer en una  $\lambda$  de  $3200\text{ cm}^{-1}$  a  $3600\text{ cm}^{-1}$ , asociados a los grupos hidroxilo del perteneciente, según el espectro IR de la película control, al alcohol polivinílico (PVA).

Se evidencian movimientos de estiramiento de algunos enlaces C-H, pertenecientes a la celulosa, los cuales se pueden observar en una pequeña banda de  $1360\text{ cm}^{-1}$ .

El estiramiento asimétrico de los enlaces C-O-C en el anillo de la glucosa genera una banda delgada prominente en el rango de  $1100\text{ cm}^{-1}$  a  $1150\text{ cm}^{-1}$  (Rubinson, K. 2000)

Mediante los resultados obtenidos por el análisis de espectroscopia infrarroja (IR) de las películas mezcladas de RCNPs/PVA/Glicerol fabricadas en este proyecto de investigación, se determina que la metodología propuesta por Campuzano, Escobar y Torres (2023), da como resultado un rendimiento favorable en relación con el proceso en el pergamino del café, teniendo en cuenta las recomendaciones descritas en este documento para un mejor rendimiento.

Cabe destacar que al realizar este proceso en la pulpa del café, se evidencian cambios significativos en procesos como las reacciones de oxidación y la solubilización de la celulosa, esto debido al mayor porcentaje de azúcares reductores en su estructura en comparación con el pergamino del café, por ende, a pesar de haber hecho un proceso de investigación, indagación y experimentación, se determina que las adaptaciones

realizadas a la metodología de Campuzano, Escobar y Torres (2023) son favorables para el rendimiento de obtención de celulosa en la pulpa del café

#### 4.1.2.9. Porcentaje de rendimiento.

$$(\% \text{ Rendimiento})_{\frac{g \text{ producto}}{100 g}} = \frac{\text{masa de entrada}}{\text{masa del producto}} * 100$$

*Figura 9. Rendimiento mediante análisis gravimétrico. Tomado y adaptado de Campuzano, F., Escobar, D., Torres, A. (2023)*

La masa de entrada comprende la relación del peso de la muestra sin humedad con el porcentaje presente de celulosa en la muestra, la masa del producto se engloba el peso en gramos de la suspensión de nanopartículas de celulosa regenerada (RCNPs) Ver tabla 16.

Según la literatura, la pulpa de café presenta un 63,0±2,5% de celulosa y la cascarilla tiene 43,0±8,0% de celulosa (Diaz, 2022).

#### Rendimiento de la muestra 1

Por cada 100 g hay 43% de celulosa, es decir, que, en 4,985g de pergamino de café hay 2,1% de celulosa. 0,105 g es la cantidad de celulosa en 2,1%

$$(\% \text{ Rendimiento})_{\frac{g \text{ producto}}{100 g}} = \frac{0,105 g}{3,814 g} * 100 = 2,6 \%$$

#### Rendimiento de la muestra 2

Por cada 100 g hay 43% de celulosa, es decir que, en 4,480g de pergamino de café hay 1,93% de celulosa. 0,086 g es la cantidad de celulosa en 1,93%

$$(\% \text{ Rendimiento})_{\frac{g \text{ producto}}{100 g}} = \frac{0,086 g}{1,701 g} * 100 = 5,05 \%$$

#### Rendimiento de la muestra 4

Por cada 100 g hay 63% de celulosa, es decir que, en 5,769g de pulpa de café hay 3,63% de celulosa. 0,209 g es la cantidad de celulosa en 3,63%.

$$(\% \text{ Rendimiento})_{\frac{g_{\text{producto}}}{100 g}} = \frac{0,209 g}{6,600 g} * 100 = 3,2 \%$$

Los cálculos anteriores demuestran que el rendimiento es favorable en base a la presencia de celulosa en la suspensión.

Cabe destacar que el proyecto de investigación sobre la elaboración de una película de nanopartículas de celulosa a partir de los residuos de café, específicamente el pergamino del café (cisco) y la pulpa del café ha demostrado su potencial para contribuir a la transformación de la caficultura en vía de un modelo más sostenible, inclusivo y resiliente. Se espera que este proyecto sirva de inspiración para futuras iniciativas que abarquen la innovación como solución a desafíos ambientales y sociales del sector.

<b>Reactivos</b>	<b>Consumo</b>
Agua desionizada	3347 mL
Etanol	211 mL
Hidróxido de Sodio	22,202 g
Peróxido de Hidrogeno (30%)	139,96 mL
Hipoclorito de Sodio (4%)	82,5 mL
Urea	29,63 g
Ácido sulfúrico (10%)	16,5 mL
Sulfato de Sodio	1,65 g
Alcohol polivinílico	46 mL
Glicerol	2 mL

*Tabla 17. Consumo de reactivos dentro del proceso de investigación.*

Se evidencia un alto consumo de agua desionizada, debido al alto consumo en el proceso de disminución de conductividad N°1 posterior al proceso de tratamiento con hipoclorito de sodio, puesto que se empleó 2400 mL, sin embargo, al analizar los posteriores tratamientos, se determina que no es necesario esta cantidad de agua desionizada, ya que en tratamientos continuos fue favorable el uso de menos de 100 mL de agua en general y centrifugar, de esta manera se establece tener en cuenta esta importante observación.

Por lo que se evidencia el bajo consumo y concentración de reactivos empleados generan un impacto ambiental mínimo a largo plazo, sin embargo, los productos resultantes, deben ser dirigidos a recipientes específicos para evitar la contaminación de fuentes hídricas o suelos.

## CAPÍTULO 5

### 5.1.CONCLUSIONES

Las buenas prácticas agrícolas, en relación a la pos-cosecha en la comunidad de cafeteros, va a permitir que los residuos finales del proceso productivo del café cuenten con características fisicoquímicas idóneas para desarrollar procesos de análisis favorable en cuanto al aprovechamiento de los residuos en base a las alternativas sostenibles para su transformación y posible opción en referencia a la economía circular, como el desarrollo de perfumes naturales y la fabricación de películas mezcladas de solución de nanopartículas de celulosa regenerada desde la cascarilla y pulpa de café, de esta manera se puede generar interés en la investigación e innovación con respecto a los residuos y su potencial aprovechamiento sostenible.

- Se puede concluir que la contribución al desarrollo de una alternativa sostenible para el manejo de residuos de café en el municipio de Tibacuy – Cundinamarca ha sido cumplida de manera satisfactoria a través de la implementación de este proyecto. La integración cultural con los caficultores permitió además de identificar los retos y prácticas en relación con el manejo de residuos promover un diálogo enriquecedor que fomentó la divulgación científica en el área y facilitó el diseño de estrategias sostenibles adaptadas a su contexto.
- Se logró identificar tanto los problemas existentes como las oportunidades para una gestión más sostenible, el diagnóstico proporcionó una base para el diseño e implementación de estrategias que dieron paso a la sensibilización de los caficultores sobre la sostenibilidad y el manejo responsable de residuos de café.
- La promoción de la divulgación científica por medio de la educación no formal resultó en una sensibilización y transformación del conocimiento sobre el aprovechamiento de residuos y la química aplicada al café, se pudo involucrar a la comunidad en un proceso de aprendizaje activo, participativo y significativo. El uso de la educación no formal hizo más fácil el intercambio de conocimientos entre los caficultores y las investigadoras, así mismo la viabilidad de la divulgación científica en la comunidad, al aplicar la representación social se valoraron las experiencias y saberes locales fortaleciendo así el sentido de pertenencia e identidad cultural.
- Mediante la metodología empleada para la fabricación de películas mezcladas nanopartículas de celulosa regenerada y sus adaptaciones, se valoró significativamente la viabilidad para su obtención en base a costos y beneficios, siendo un proceso amigable con el ambiente debido a los pocos residuos químicos generados y al bajo gasto hídrico, de igual manera favorable económicamente, debido a la baja cantidad de reactivos empleados. La película mezclada de RCNPs/PVA/Glicerol, cuenta con una alta resistencia, lo que permite desarrollar futuras investigaciones en base a la transformación de esta película como material para la elaboración de bioplástico y fibras textiles, dando como finalidad a una

alternativa sostenible de los residuos como la cascarilla y la pulpa de café en base a una transformación favorable y de alto beneficio.

## 5.2.RECOMENDACIONES

- Se recomienda continuar con la implementación del proyecto enfocado en la educación no formal en la línea de representación social con otras comunidades, para generar un mayor radio de divulgación científica y análisis en otras regiones, de la misma forma que se recomienda realizar la metodología propuesta para la obtención de películas mezcladas con RCNPs, con el fin de analizar la viabilidad de obtención con otros residuos orgánicos, específicamente cascarillas.
- Se recomienda realizar el análisis de espectroscopia infrarroja de la suspensión de celulosa liofilizada, con el fin de obtener un análisis diferencial frente a la celulosa presente en la suspensión y la celulosa presente en la película.

### Recomendaciones en el laboratorio:

- Se recomienda limpiar correctamente el molino, y evitar manipulación de las muestras por parte de terceros, generando así, un método analítico más riguroso para obtener mejores resultados en cuando al rendimiento de fabricación de películas.
- Analizar y entender previamente cómo funcionan los equipos, de esta manera, se pueden evitar errores y daños en las muestras.
- Realizar triplicado en cada proceso con el fin de obtener comparativos entre muestras y resultados de procesos, de esta manera ampliar de manera significativa la observación y análisis de la obtención de películas mezcladas con RCNPs/PVA/Glicerol.
- Evitar que las soluciones orgánicas como lo es la solución solubilizadora, sea conservada por más de 2 días, puesto que esta inicia su proceso de degradación, generando mota y como resultado, daño en la solución.
- Se recomienda recoger las aguas de lavado y usarlas dentro del mismo proceso (en procesos anteriores o previos al lavado, blanqueado, oxidación) y adicional a eso emplear el proceso de centrifuga con la muestra resuspendida en agua desionizada para disminuir la conductividad.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alcaldía de Tibacuy. (2015). Plan de desarrollo municipal “cumpliendo con Tibacuy para su desarrollo y progreso”. Obtenido de: <https://repositoriocdim.esap.edu.co/bitstream/handle/123456789/12015/8211-1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Alcaldía de Tibacuy. (2016). Plan de desarrollo municipal 2016-2019 “Porque Tibacuy avanza”. Obtenido de: [https://www.tibacuy-cundinamarca.gov.co/Nuestros\\_planes.shtml](https://www.tibacuy-cundinamarca.gov.co/Nuestros_planes.shtml)
- Alcaldía Municipal de Tibacuy. (2020). Plan de desarrollo 2020-2023, más desarrollo y equidad para Tibacuy. Gobernación de Cundinamarca. Obtenido de: <http://www.tibacuy-cundinamarca.gov.co/planes/plan-de-desarrollo-20202023-mas-desarrollo-y-equidad>
- Alvarado, G., Posada, H., Cortina, H., Duque, H., Baldion, J., & Guzmán, M. (2016). La variedad Castillo, Santa Barbara para las regiones cafeteras de Cundinamarca y Boyacá. *Cenicafé*. Avances técnicos No. 342.
- Armas, E., Cornejo, N., & Murcia, K. (2008). Propuesta para el aprovechamiento de los subproductos del beneficiado del café como una alternativa para la diversificación de la actividad cafetalera y aporte de valor a la cadena productiva. *Universidad de El Salvador*. Obtenido de: [https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/1822/1/Propuesta\\_para\\_el\\_aprovechamiento\\_de\\_los\\_subpr oductos\\_del\\_beneficiado\\_del\\_caf%C3%A9\\_como\\_una-pdf](https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/1822/1/Propuesta_para_el_aprovechamiento_de_los_subpr oductos_del_beneficiado_del_caf%C3%A9_como_una-pdf)
- Avilés, C., & Rodríguez, A. (2021). The sustainability of waste management models in circular economies. *Sustainability*. Obtenido de: <https://doi.org/10.3390/su13137105>
- Borges, M., Estrada, E., Pérez, I., & Meneses, S. (2009). Uso de distintos tratamientos de desinfección en el cultivo in vitro de *Dioscorea alata* L. clon caraqueño. *Revista colombiana biotecnología*. Obtenido de: <https://dialnet.unirioja.es/descargar/articulo/3105408.pdf>
- Campuzano, F., Escobar, D., & Torres, A. (2023). Simple method for obtaining regenerated cellulose nanoparticles from delignified coffee parchment, and their use in fabricating blended films. *Springer Nature*. Obtenido de: <https://doi.org/10.1007/s10570-023-05368-5>
- Cazón, P., Velázquez, G., & Vázquez, M. (2019). Novel composite films from regenerated cellulose-glycerol-polyvinyl alcohol: mechanical and barrier properties. *Elsevier*. Obtenido de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X18317168?via%3Dihub>
- Cerquera, O., Pérez, V., & Sierra, J. (2020). Análisis de la competitividad de las exportaciones del café del Huila. *Revista Tendencias*. Obtenido de: <https://doi.org/10.22267/rtend.202102.139>

Coombs, P., & Ahmed, M. (1974). Attacking rural poverty: how non formal education can help. *International council for educational development*. Obtenido de: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/656871468326130937/pdf/multi-page.pdf>

DANE. (2019). Censo Nacional de Población y Vivienda – CNPVAA 2018. Obtenido de: <https://dane.gov.co/files/censo2018/informacion-tecnica/cnPVA-2018-presentacion-3era-entrega.pdf>

Díaz, C. (2022). Fabricación de papel como aprovechamiento de residuos provenientes del café (pulpa y celulosa) en el municipio de Villarrica-Tolima. Fundación universitaria de América. Obtenido de: <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/9089/4/6171111-2022-2-IQ.pdf>

Federación nacional de cafeteros. (2007). Descripción del proceso productivo y del beneficio del café guía tecnológica del cultivo. Guía ambiental para el sector cafetero segunda edición.

Federación nacional de cafeteros. (2021). Nuestros caficultores. Obtenido de: <https://www.cafedecolombia.com/particulares/nuestros-caficultores/>

Flores, G., & Melo, R. (1997). Blanqueo de pulpas de alto rendimiento con peróxido a presión. Universidad de Concepción. Obtenido de: [https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/07\\_RM.pdf](https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/07_RM.pdf)

Flórez, C., Arias, J., Rendón, J., & Duque, H. (2017). Guía para la caracterización de las variedades de café: claves para su identificación. *Cenicafé*. Avances técnicos No.476

Flórez, C., Ibarra, L., Gómez, L., Carmona, C., Castaño, A., & Ortiz, A. (2013). Estructura y funcionamiento de la planta de café: Manual del cafetero colombiano: Investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura. *Cenicafé*. P 123-168. Obtenido de: [https://doi.org/10.38141/cenbooj-0026\\_08](https://doi.org/10.38141/cenbooj-0026_08)

Frone, A., Nicolae, C., Gabor, R., Panaitescu, D. (2015). Thermal properties of water-resistant starch – polyvinyl alcohol films modified with cellulose nanofibers. Elsevier. Obtenido de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141391015301099>

González, D. (2020). Actitudes hacia la naturaleza de la ciencia y la tecnología: el caso de la producción de bioetanol a partir de mucilago de café. *Universidad Pedagógica Nacional*.

Guerra, M., & Rueda, D. (2021). Producción de una biopelícula a partir de las pectinas extraídas del mucilago del café. *Fundación Universidad de América*. Obtenido de: <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/8646/1/6152708-2021-2-IQ.pdf>

International Coffee Organization. (2011). Aspectos botánicos. Obtenido de: [https://www.ico.org/es/botanical\\_c.asp](https://www.ico.org/es/botanical_c.asp)

Labra, J. (2019). Determinación de la composición de soluciones acuosas usadas en un transformador térmico y análisis del efecto de la transferencia de masa en el proceso de absorción. Universidad autónoma del estado de Morelos. Obtenido de: <http://riaa.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/20.500.12055/2776/LALLBS08T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Logihfrutic. (2017). Buenas prácticas agrícolas BPA. Universidad de Ibagué, Gobernación del Tolima. Obtenido de: <https://logihfrutic.unibague.edu.co/buenas-practicas/agricolas#>

Marcano, D. (2018). Introducción a la química de los colorantes. Colección divulgación científica y tecnológica. Academia de ciencias físicas, matemáticas y naturales. p 144. Obtenido de: <http://saber.ucv.ve/bitstream/10872/19390/1/colorantes%20listo%20%2Bisbn.pdf>

Melnick, A., & Botez, N. (2014). Formal, non-formal and informal interdependence in education. *Economy Transdisciplinarity cognition*. P 113-119.

Meng, R., Liu, L., Su, X., Li, W., Luo, X., & Gao, H. (2024). Facile preparation of cellulose beads with tunable graded pores and high mechanical strength. *Polymers*. Obtenido de: <https://doi.org/10.3390/polym16060725>

Ministerio de agricultura y Desarrollo rural. (2020). Cadena de café. Dirección de cadenas y forestales. Primer trimestre 2020. Obtenido de: <https://sioc.minagricultura.gov.co/Cafe/Documentos/2020-0331%20Cifras%20Sectoriales.pdf>

Ministerio de educación. (2010). La educación no formal. Obtenido de: [https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-236469\\_archivo\\_pdf\\_documento\\_antecedentes.pdf](https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-236469_archivo_pdf_documento_antecedentes.pdf)

Novo, M. (2005). Educación ambiental y educación no formal: dos realidades que se realimentan. *Revista de educación*. P 145-166. Obtenido de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1370845>

Prieto, F. (2020). Infraestructura de Datos Especiales Cundinamarca IDEC, municipio de Tibacuy. Gobernación de Cundinamarca. Mapas. Obtenido de: <http://www.mapas.cundinamarca.gov.co/documents/cundinamarca-map::municipio-de-tibacuy/about>

Rathinavelu, R., & Graziosi, G. (2005). Posibles usos alternativos de los residuos y subproductos del café. *Organización Internacional del Café*. Obtenido de: <https://www.ico.org/documents/ed1967c.pdf>

Rodríguez, N., Zambrano, D. (2010). Los subproductos del café: Fuente de energía renovable. *Cenicafé*. Obtenido de: <https://www.cenicafe.org/es/publications/avt0393.pdf>

Rubinson K., Rubison J. (2000). Análisis instrumental. [https://www.academia.edu/44228594/An%C3%A1lisis\\_instrumental\\_Kenneth\\_A\\_Rubinson](https://www.academia.edu/44228594/An%C3%A1lisis_instrumental_Kenneth_A_Rubinson)

- Sisti, L., Celli, A., Totaro, G., Cinelli, P., Signori, F., Lazzeri, A., Bikaki, M., Corvini, P., Ferri, M., Tassoni, A., et al. (2021). Monomers, materials and energy from coffee by-products: a review. *Sustainability*. Obtenido de: <https://doi.org/10.3390/su13126921>
- Tilbury, D. (2001). Reconceptualizando la educación ambiental para un nuevo siglo. *Tópicos en educación ambiental*. P 65-73. Obtenido de: <http://www.anea.org.mx/Topicos/T%207/paginas%2065%20-%2073.PDF>
- Urquijo, E. (2016). Identificación de impactos ambientales relacionados con el proceso de beneficio húmedo del café en la vereda de Tres esquinas - Huila – Colombia. *Universidad militar nueva granada*. Obtenido de: <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/15205/UrquijoTrujilloElianaYuliet2016.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Zapata, P., Andrade, H. & Nieto, Z. (2017). Comportamiento ecofisiológico del cafeto (*Coffea arabica* L.) cv. Castillo en sistemas agroforestales de Tibacuy, Cundinamarca. *Revista UDCA. Actualidad & Divulgación Científica*. Obtenido de: <http://doi.org/10.31910/rudca.v20.n1.2017.63>
- Zarta, P. (2018). La sustentabilidad o sostenibilidad: un concepto poderoso para la humanidad. *Universidad Nacional de Colombia*. Obtenido de: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1794-24892018000100409&script=sci\\_arttextErnst](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1794-24892018000100409&script=sci_arttextErnst)
- Zhou, J., & Zhang, L. (2000). Solubility of cellulose in NaOH/Urea aqueous solution. *Polymer Journal*. Obtenido de: <https://www.nature.com/articles/pj2000152.pdf>

ANEXOS

Anexo 1. Infografía de invitación para la participación al proyecto.



Imagen 49. Infografía de invitación.

## Anexo 2. Cuestionario de reconocimiento

Por favor responda las siguientes preguntas de la manera más completa posible.

1. ¿Conoce las necesidades nutricionales de la planta de café? ¿Cuáles son?
2. ¿Conoce la composición química comprendida en elementos del abono y los fertilizantes que emplea en las plantas de café? Si su respuesta fue si, escriba cuales.
3. ¿Sabe la composición nutricional del grano de café? Si la respuesta es sí, escriba cuales.
4. En el cultivo del café uno de los factores importantes es el pH del suelo ¿Qué considera que es el pH, cual es el valor óptimo para el crecimiento de la planta de café y como lleva a cabo su medición?
5. ¿Qué tipo de suelo considera que predomina aquí en la región y por qué? ¿conoce alguna manera de realizar ese análisis?

## Anexo 3. Enlace de material audiovisual

Mediante el siguiente enlace, se podrá observar la recopilación de información audiovisual como fundamento para el desarrollo del análisis y posteriores resultados de la implementación de este proyecto investigativo con caficultores del municipio de Tibacuy – Cundinamarca: [MATERIAL FOTOGRAFICO Y AUDIOVISUAL](#)

#### Anexo 4. Cuestionario de percepción

Por favor responda de la manera más honesta si está de acuerdo o no y por qué a las siguientes afirmaciones.

<b>Enunciado</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>	<b>Justificación</b>
Considero que el cultivo del café no es una parte fundamental de mi identidad cultural.			
Creo que el cultivo del café promueve prácticas agrícolas sostenibles y respetuosas con el medio ambiente.			
Creo que el cultivo del café contribuye a la preservación de la cultura y las tradiciones en las regiones donde se práctica.			
Pienso que estoy bien informado sobre los programas de sostenibilidad diseñados para gestionar los residuos generados durante el proceso de producción.			
Creo que los programas de sostenibilidad son una herramienta valiosa para abordar los residuos en mis plantaciones de café.			
A menudo recorro a prácticas tradicionales para la gestión de residuos en el cultivo del café, sin tener en cuenta las prácticas más sostenibles disponibles.			
Pienso que la creación de programas de economía circular que integran el manejo de residuos del café en procesos productivos es una iniciativa innovadora para promover la sostenibilidad en la cadena de suministro.			
La transformación de residuos de café en productos de valor agregado, como cosmético y alimentos, es una estrategia eficaz para reducir los desechos y aumentar los ingresos de los productores.			
La utilización de residuos de café en la producción de materiales como películas de celulosa es una forma innovadora de reducir el impacto ambiental.			
Considero que la colaboración entre empresas, instituciones de investigación y comunidades locales es fundamental para impulsar la innovación en el manejo de los residuos del café.			

## Anexo 5. Infografía Química del café

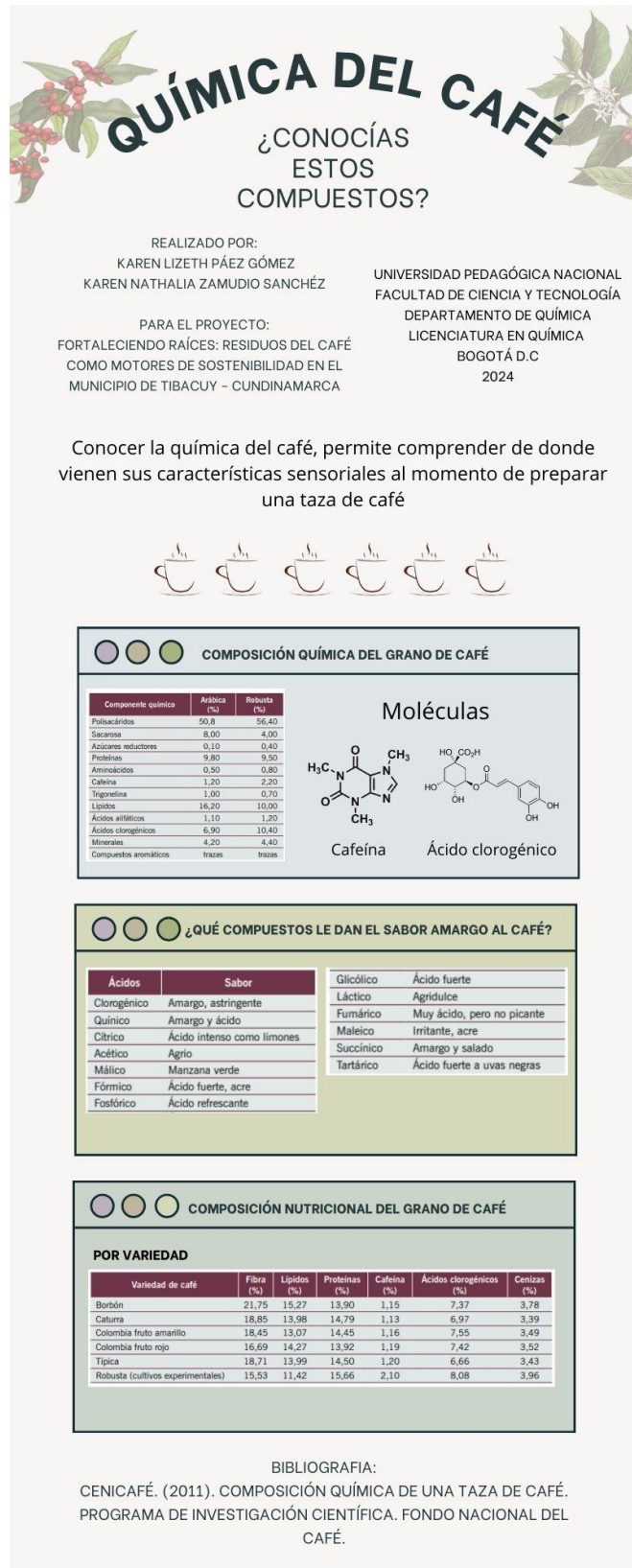


Imagen 50. Infografía Química del café.

Anexo 6. Infografía obtención de nanopartículas de celulosa para la fabricación de películas mezcladas a partir de la cascarilla y pulpa del café.

## FORTALECIENDO RAÍCES: RESIDUOS DEL CAFÉ COMO MOTORES DE SOSTENIBILIDAD EN EL MUNICIPIO DE TIBACUY - CUNDINAMARCA.

---

### EXTRACCIÓN DE NANOPARTICULAS DE CELULOSA PARA LA ELABORACIÓN DE BIOPLÁSTICOS

---

El pergamino de café, un subproducto del procesamiento del café, ha recibido poca atención para su aprovechamiento adicional. Se ha descubierto que este material contiene una proporción significativa de celulosa, entre el 40% y el 49%. Actualmente, se está desarrollando un método sencillo para extraer nanopartículas de celulosa regenerada (RCNPs) a partir de pergamino de café previamente deslignificado.

---

### ¿CÓMO VA EL PROYECTO?

1. Separación de la muestra entre muestra negra y blanca.
2. Secado en estufa hasta peso constante (eliminación de humedad).
3. Designificación del pergamino de café

Las muestras se lavaron con etanol al 95% a punto de ebullición durante 15 minutos.





**Subproducto:**  
Con el líquido extraído se realizó un perfume

La mezcla se dejó enfriar y se filtro, y luego el pergamino de café extraído se secó a 50 °C durante 24 horas en la estufa.

**BLANQUEAMIENTO**

Las muestras secas se mezclaron con hidróxido de sodio al 2,4%, luego se dejó caer lentamente peróxido de hidrógeno al 20% y la mezcla se mantuvo durante 4 h con agitación constante a 50°C. Se filtro y se realizo por segunda vez el mismo proceso.






---

### ¿Qué falta por hacer?

Karen Paez y Karen Zamudio

Imagen 51. Presentación del procedimiento para la extracción de nanopartículas de celulosa y fabricación de películas a partir de la cascarilla y pulpa del café.