



EDITORIAL
TEINCO

REVISTA CIENTÍFICA

DYNAMIKOS



TEINCO
con los
ODS

VOLUMEN 4, NÚMERO 2

JULIO - DICIEMBRE DE 2023

ISSN 2711-4724

CORPORACIÓN TECNOLÓGICA INDUSTRIAL COLOMBIANA - TEINCO



TEINCO
Corporación Tecnológica
Industrial Colombiana



REVISTA CIENTÍFICA

DYNAMIKOS

Google Scholar



Actualidad Iberoamericana
Indice Internacional de Revistas

Dialnet



TEINCO
Corporación Tecnológica Industrial Colombiana



CO-SC-CER39304



SC-CER393049

JUNTA DIRECTIVA TEINCO

William Fernando Sánchez Corredor

Rector

Ernesto Parra Herrera

Secretario General

Ferney Rodrigo Ortiz Jiménez

Rector

Manuel Fernando García García

Dirección División Investigación Tecnológica Aplicada
DITA

COMITÉ CIENTÍFICO DE TEINCO

Luis Alejandro Parra Mora, Lady Johanna Herrera Vargas, Ella Yohanna González, Viviana Varón Arciniegas

DIRECTOR DE LA REVISTA

Manuel Fernando García García

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN

Jhoan Sebastian Cuesta Pulido

CORRECCIÓN DE ESTILO

Viviana Varón Arciniegas

COMITÉ EDITORIAL

Mg. Ferney Rodrigo Ortiz Jiménez, Mg. Manuel Fernando García García, M. Eng Luis Alejandro Parra Mora, M. Sc Lady Johanna Herrera Vargas, PhD. Heriberto Alvares Bustos, Ella Yohanna González

EDITOR GENERAL

Manuel Fernando García García

EDITOR DE CONTENIDO

M.Sc Lady Johanna Herrera Vargas

ASISTENTE DE INDEXACIÓN

Viviana Varón Arciniegas

COMITÉ DE ÁRBITROS

Mg. Carlos Eduardo Daza Orozco, Mg. Claudia Lucía Caro Gómez, Mg. Angelo Monroy Ballesteros, Mg. Gustavo Adolfo Gil Ángel, Mg. Gustavo Andrés Reyes Gómez, Mg. Wilmar Yesid Suárez Villaizon, Mg. Raúl Antonio Cera Ochoa

FECHA DE ASIGNACIÓN

25/08/2020



REVISTA CIENTÍFICA **DYNAMIKOS**

La Corporación Tecnológica Industrial Colombiana - TEINCO presenta en este número las investigaciones desde diversas perspectivas, desde la producción de conocimiento de un gran número de investigadores que trabajan proyectos que logran tener impacto en la enseñanza, la educación, las industrias, las sociedades y las ciencias.

Estos artículos empiezan a generar una red de conexiones culturales, científicas e institucionales que ya conforman un cuerpo de conocimientos legitimado a través de sistemas de medición del Ministerio de las Ciencias, bases de indexación y repositorios legales para ser utilizado por el profesorado y sus estudiantes en sus respectivas aulas.

Gracias a nuestros investigadores, la cultura y la generación de conocimiento se materializan en las revistas que contienen el aporte de una gran muestra de investigadores a lo largo y ancho del territorio nacional y otros de los países integrados en cada versión del evento. En consecuencia, los manuscritos se tornan también en productos de conocimiento y crean nuevos sentidos, afectando nuestros contextos académicos y prácticos.

MANUEL FERNANDO GARCÍA GARCÍA

Director de la División de Investigación Tecnológica Aplicada - DITA

DECLARACIÓN DE ÉTICA Y BUENAS PRÁCTICAS EDITORIALES

La Revista Dynamikos de la Corporación Tecnológica Industrial Colombiana - TEINCO se rige en buenas prácticas científicas y editoriales por los estándares internacionales publicados por el Comité de Ética en la Publicación COPE, con el objetivo de garantizar la responsabilidad, ética y seriedad en los procesos de la publicación de las contribuciones como en los procedimientos de resolución de conflictos.

El equipo editorial de la Revista Científica Dynamikos se asegura que todos los intervinientes como editores, pares evaluadores y autores sigan las normas éticas en todo el proceso editorial.

En cada publicación, los actores del proceso se acogen las siguientes principios y guías:

Para los autores de la Revista Dynamikos: esta se compromete con la calidad del material que publica, de ofrecerles una clara información sobre los objetivos, normas y políticas editoriales. Los editores tienen la decisión de aceptar o rechazar un material por la relevancia del trabajo, originalidad y pertinencia. La revista tiene la trazabilidad de los procesos y seguimiento de los evaluadores de cada trabajo recibido. Sobre aspectos relacionados con autoría, plagio, publicaciones duplicadas o fragmentadas y resolución de conflictos se siguen las recomendaciones de COPE (Committee On Publication Ethics).

Los pares evaluadores de la Revista Dynamikos: deben declarar conflictos de intereses o inhabilidades y adherirse estrictamente a las políticas del proceso de evaluación de la revista, además de responder las solicitudes de la editorial y enviar evaluaciones a tiempo. Hacer una evaluación metódica y rigurosa, dado el nivel de experticia de los pares evaluadores seleccionados. Los pares deben respetar la confidencialidad de la información ligada al proceso editorial y en general y para mayores detalles puede acceder al Código de conducta y buenas prácticas para pares evaluadores de revistas científicas de COPE.

El Comité Editorial de la Revista Dynamikos: debe garantizar la transparencia de las contribuciones y los procesos de evaluación y publicación, así mismo garantizar la interlocución objetiva y la confidencialidad de todas las partes involucradas en el proceso editorial. La revista debe responder a todas las notificaciones, también garantizar el cumplimiento de las normas de ética de la investigación, la publicación y en todos los procesos científicos y editoriales de la misma. La editorial debe evaluar los manuscritos y su contenido intelectual, sin distinción de género, raza, creencias religiosas, origen étnico, nacionalidad, orientación sexual o filosofía y posición política de los autores.

La Editorial TEINCO no revelará información sobre un contenido enviado; solamente lo conocerán los autores, los revisores y otros asesores editoriales. Para mayores información se puede acceder al código de conducta y buenas prácticas para editores de revistas científicas desarrollado por COPE.

Normas de Información para los autores:

Los artículos de investigación entregados a la Revista Dynamikos deben ser originales y dar cuenta exacta de los trabajos realizados, así mismo presentar la discusión objetiva de su significado. Todos los datos deben estar presentados con precisión en el documento. Los artículos deben ser claros, detallados y tener referencias que permitan a otros a replicar el trabajo.

Retención y acceso a los datos:

Los autores son invitados a proporcionar los datos originales en un documento para revisión editorial y deben estar preparados para proporcionar acceso público a dichos datos, si es posible, además en todo caso deben estar preparados para mantener dichos datos disponibles un tiempo razonable después de su publicación.

Originalidad y plagio:

Los autores deben asegurarse de que han escrito obras totalmente originales. Si los autores han utilizado el trabajo y/o las palabras de otros, deben asegurarse que estos hayan sido debidamente citados o citadas. El plagio en todas sus formas constituye un comportamiento anti ético, el cual es inaceptable en las publicaciones científicas.

Debido reconocimiento de las fuentes:

Siempre se debe dar el reconocimiento adecuado al trabajo de otros. Los autores deben citar las publicaciones que han sido influyentes en la determinación de la naturaleza del trabajo reportado.

La autoría del documento:

La autoría del documento debe limitarse a aquellos que han hecho una contribución significativa en la concepción, diseño, ejecución o interpretación del estudio que se presenta. Todos los que hayan hecho contribuciones significativas deben aparecer como coautores. Si existen otros profesionales que hayan participado en aspectos sustantivos del proyecto de investigación, deben ser reconocidos y figurar como contribuyentes. Los revisores deben identificar las obras publicadas relevantes que no hayan sido citadas por los autores. Cualquier afirmación, observación, derivación, o argumento que se haya registrado previamente debe ir acompañado de la citación correspondiente. Un revisor también debe llamar a la atención del editor de cualquier similitud sustancial o parcial entre el manuscrito bajo consideración y cualquier otro documento publicado del que tengan conocimiento personal.

Conflictos de intereses:

Todos los autores deben revelar en su manuscrito cualquier tipo de conflicto de interés sustantivo financiero u otro tipo de interés que pudiera presentarse en los resultados o interpretación de su manuscrito. Todas las fuentes de apoyo financiero para el proyecto deben tener los créditos que les correspondan. Los materiales inéditos revelados en un manuscrito presentado para su publicación en la revista no deben utilizarse en investigaciones propias de un editor sin el consentimiento expreso y por escrito del autor. La información privilegiada o las ideas obtenidas mediante la revisión por pares deben ser confidenciales y no se utilizarán para beneficio personal.

Errores fundamentales en las obras publicadas:

Cuando un autor descubre un error significativo o inexactitud en su propio trabajo publicado, es obligación de los autores notificar de inmediato al editor de la revista o al Comité Editorial y cooperar con el editor para retirar o corregir.

Decisiones de publicación:

El editor de la Revista Dynamikos, su Política Editorial (arbitrada por pares académicos) y el Comité Editorial, son los responsables de decidir cuál de los artículos presentados a la revista deben publicarse. La aprobación de la obra en cuestión y su importancia para los investigadores y los lectores hacen parte de estas decisiones.

Participación y cooperación en las investigaciones:

La editorial tomará medidas razonables de respuesta cuando se presenten quejas éticas en relación con un manuscrito presentado o un artículo publicado, en colaboración con la Editorial TEINCO o con la Corporación Tecnológica Industrial Colombiana - TEINCO. Dichas medidas se comunicarán oportunamente al autor del documento y dando proceso a la denuncia respectiva o reclamos, también realizar comunicaciones a las instituciones competentes y organismos de investigación, y si la denuncia se sostiene, la publicación debe hacer la corrección, la retracción, u otra acción para aclarar tal situación.

Puntualidad:

Cualquier par evaluador seleccionado que no se sienta calificado para revisar la investigación debe informar que le será imposible realizar su revisión en el tiempo establecido.

Confidencialidad:

Todos los manuscritos recibidos por la Revista Dynamikos para su revisión deben ser tratados como documentos confidenciales.

Educación

APLICACIÓN DE LAS TIC A UN GRUPO DE PROFESORES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE LA GUAJIRA. CASO DE ESTUDIO

9

APPLICATION OF ICT TO A GROUP OF PROFESSORS FROM THE FACULTY OF ENGINEERING OF THE UNIVERSITY OF LA GUAJIRA. CASE STUDY

Gonzalo Alfonso Beltrán Alvarado
Martha Kammerer David

Universidad de La Guajira (Uniguajira)

Biología

BIODEGRADABILIDAD DE BIOPOLÍMEROS A BASE DE ALMIDÓN DE YUCA (MANIHOT ESCULENTA CRANTZ) CON LÍQUIDO DE LA CÁSCARA DE NUEZ DEL ANACARDO

24

BIODEGRADABILITY OF BIOPOLYMERS BASED ON CASSAVA STARCH (MANIHOT ESCULENTA CRANTZ) WITH CASHEW NUTSHELL LIQUID

Yair Alfonso Vega Vega
Álvaro Ángel Arrieta Almario
Sergio Luis Flórez Seña

Universidad de Sucre, UDS

Administración

EFFECTOS JURÍDICOS DEL USO DEL CONTRATO DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS PARA EVADIR LA CONTRATACIÓN LABORAL DE LA POBLACIÓN DE ENFERMERÍA EN LA CIUDAD DE SANTA MARTA

48

LEGAL EFFECTS OF USING THE SERVICE PROVISION CONTRACT TO AVOID LABOR HIRING OF THE NURSING POPULATION IN THE CITY OF SANTA MARTA

Camila Barón Chipiaje
María Angelica Rey

Universidad Sergio Arboleda, Santa Marta

Biología

ESTUDIO Y OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE CARBONIZACIÓN DE ENDOCARPIO DE COCO PARA GENERAR MATERIALES CARBONÁCEOS DE INTERÉS COMERCIAL

59

STUDY AND OPTIMIZATION OF THE COCONUT ENDOCARP CARBONIZATION PROCESS TO GENERATE CARBONACEOUS MATERIALS OF COMMERCIAL INTEREST

Carlos Fernando Vanegas Vitola
Reynaldo José Pestana Arrieta
Álvaro Ángel Arrieta Almario

Universidad de Sucre, UDS

Ingeniería


¿SOMOS ESPECTADORES DE LOS PROCESOS DE DEMOCRATIZACIÓN?

79

ARE WE SPECTATORS OF DEMOCRATIZATION PROCESSES?

Luz Angela Silva Robayo

Universidad Distrital



APLICACIÓN DE LAS TIC A UN GRUPO DE PROFESORES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE LA GUAJIRA. CASO DE ESTUDIO

RECIBIDO: 24/01/2023 ACEPTADO: 20/03/2023 ÚLTIMA VERSIÓN: 10/04/2023

APPLICATION OF ICT TO A GROUP OF PROFESSORS FROM THE FACULTY OF ENGINEERING OF THE UNIVERSITY OF LA GUAJIRA. CASE STUDY

Gonzalo Alfonso Beltrán Alvarado¹

Profesor de la Facultad de Ingeniería

Martha Kammerer David²

Profesora de la Facultad de Ingeniería

RESUMEN

El presente estudio se centra en analizar el impacto de una ruta de formación orientada al desarrollo de competencias en Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en los docentes del programa de ingeniería de sistemas de la Universidad de La Guajira. La implementación de esta ruta se basa en la creación de un ambiente de aprendizaje centrado en el usuario, promoviendo el aprendizaje reflexivo mediante el trabajo colaborativo y apoyado en herramientas tecnológicas WEB 2.0.

Para dar respuesta a los objetivos específicos de esta investigación y de acuerdo con el análisis de documentos, como resultado de la teoría fundamentada, se encontró que la aplicación de las TIC se evidenció a través de los hallazgos sistematizados mediante las categorías a priori y emergentes, y el análisis de las fases II y III.

Finalmente, se desarrolló un ambiente de aprendizaje para cultivar competencias en los docentes para que las apliquen en su rol de guías y orientadores en el entorno educativo. Dado que el grupo de docentes cuenta con formación básica en TIC, se ha considerado pertinente fundamentar la formación en la teoría del Aprendizaje Significativo para construir la dimensión pedagógica de manera efectiva.

PALABRAS CLAVE: ruta de Formación, Ambiente de Aprendizaje, Roles, Competencias, Aprendizaje Significativo.

ABSTRACT

This study focuses on analyzing the impact of a training route aimed at developing skills in Information and Communication Technologies (ICT) among teachers of the systems engineering program at the University of La Guajira. The implementation of this route is based on the creation of a user-centered learning environment, promoting reflective learning through collaborative work and supported by WEB 2.0 technology tools.

To respond to the specific objectives of this research and according to the analysis of documents, a result of the grounded theory, it was found that the application of ICTs was evidenced through the systematized findings through the a priori and emerging categories, and the analysis of phases II and III.

¹ Profesor de la Facultad de Ingeniería, programa de Ingeniería de Sistemas. Universidad de La Guajira (Uniguajira), Colombia - gbeltrana@uniguajira.edu.co

² Profesora de la Facultad de Ingeniería, programa de Ingeniería Industrial. Universidad de La Guajira (Uniguajira), Colombia - mkammerer@uniguajira.edu.co

Finally, a learning environment was developed to cultivate competencies in teachers so they could apply them in their role as guides and counselors in the educational environment. Given that the group of teachers has basic training in ICT, it has been considered relevant to base the training on the theory of Meaningful Learning to build the pedagogical dimension effectively.

KEYWORDS: training Route, Learning Environment, Roles, Competencies, Meaningful Learning.

1. INTRODUCCIÓN

La innovación pedagógica en instituciones de educación superior ha llevado a integrar las tecnologías en los procesos de enseñanza-aprendizaje, lo que representa una oportunidad para mejorar la educación. Sin embargo, en la Universidad de La Guajira y otras instituciones colombianas, se ha aplicado la tecnología en el aula sin brindar la formación adecuada a los docentes. Esto es crucial para fomentar la formación por competencias en el uso pedagógico de las TIC y promover la innovación educativa. El propósito de este trabajo es crear una ruta de formación que permita a los docentes desarrollar destrezas y habilidades para aplicar en su práctica pedagógica con el apoyo de las nuevas tecnologías.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. DESCRIPCIÓN DE LAS ESTRATEGIAS Y ROLES DE LOS ACTORES DEL AMBIENTE DE APRENDIZAJE

Teniendo en cuenta, que la población objetivo son profesores que orientan diferentes asignaturas en el Programa de Ingeniería de Sistemas como matemáticas, física, química, lecto-escritura, minería, estadística, administración, contabilidad (entre otras), encontramos muchos saberes para lo cual se debe crear un ambiente de aprendizaje presencial heterogéneo (Área básica de ingeniería, área de humanidades, área ciencias administrativas-contables, área de ingeniería aplicada y profesional), a la hora de realizar trabajos colaborativos con apoyo de las tecnologías de la información y comunicación, sumado a esto, los profesores se encuentran en un 35% en las edades de 55 y 60 años, para los cuales el aprendizaje se hace más lento, por lo tanto como estrategia, se involucraron al proceso de enseñanza-aprendizaje dos estudiantes de octavo y noveno semestre respectivamente del programa de Ingeniería de sistemas que estuvieron prestos a cooperar en los horarios debidamente planeados, sin perjuicio de pérdida de sus clases habituales. Estos estudiantes estuvieron preparados en las temáticas y contenidos de la capacitación y estuvieron conscientes del rol que tuvieron frente a los que antes fueron sus profesores, y tuvieron por principio el debido respeto y solidaridad.

Los Estudiantes Cooperantes (EC), tuvieron un rol activo frente a las actividades dirigidas por el Profesor Investigador (PI), para ayudar a los profesores Estudiantes No Formales (ENF), para utilizar un lenguaje básico o nivel intermedio teniendo en cuenta que los profesores tuvieron un curso básico en el manejo de las TIC, tal como menciona Cabero (1991), que es de vital importancia la integración de los docentes con las TIC's. A medida que se avanzó se habló un lenguaje más técnico; Los EC ayudaron a los profesores que superan los 55 años de edad para lograr desarrollar los trabajos en grupo

o individuales, los EC solo estuvieron presentes en el aula en las horas presenciales y no participaron en los trabajos independientes de los ENF.

Los ENF tuvieron disponible un aula dotada de toda la tecnología necesaria para desarrollar las actividades de forma interactiva con los equipos de cómputo tres veces a la semana (lunes, miércoles y viernes), en los horarios de 6:00 a 8:00 p.m., en el edificio B2: Bloque de ingenierías, en el horario debatido por los ENF, para poder asistir en su totalidad. La idea fundamental fue desarrollar trabajos en equipo (trabajos colaborativos), con el fin de que los ENF pudieran desarrollar habilidades y competencias en TIC, usando herramientas WEB 2.0 y e-learning, para ello fue necesario entrenar al grupo de ENF, en trabajo colaborativo como lo menciona Pavié (2011), en lo que respecta a la capacitación permanente del docente: La transformación de los ENF en desarrollo de habilidades y destrezas en el manejo de las herramientas WEB 2.0 y e-learning fue la intención principal del PI, al final del proceso, para que los ENF usaran dichas herramientas como estrategia pedagógica en las asignaturas que orientan.

Una de las estrategias principales fue que los EC tuvieron inicialmente contacto con los ENF en las tres primeras sesiones de las 12 correspondientes al semestre, para realizar un refuerzo de los temas básicos de las TIC, luego realizaron el resto de las sesiones con el acompañamiento del PI, se realizaron tres clases por sesión cada una con una duración de 2 horas presenciales, lo que correspondió a 6 horas por sesión, se formaron grupos no más de cinco personas, con el fin de que se pudiera debatir sin inclinaciones o posturas como sucede en grupos pares, el ENF identificado como el más activo tuvo un rol de coordinador de grupo, el cual organizó las actividades como (debates, foros, desarrollo de MED), que determinó los pasos democráticamente para el desarrollo de presentaciones, exposiciones, informes y ensayos. En cada sesión los grupos se formaron con diferentes personas de tal manera que todos los ENF conocieran el estilo de pensamiento del compañero de clase durante todo el proceso.

Una nueva estrategia para verificar el trabajo en grupo, fue seleccionar a un miembro para que expusiera el tema tratado en público con una pequeña exposición (5 a 10 min.), que se evidenció el aprendizaje individual resultado de la discusión del grupo, el ENF escogido fue el responsable de la evaluación del grupo así se aseguró que todos los miembros permanecieran atentos de los procesos realizados. De esta manera se procedió con todos los grupos, es decir que finalmente todos se enteraron de las temáticas y proyectos desarrollados incorporando más conocimiento a su saber. En todas las sesiones, se formaron grupos diferentes, y se les asignaron nuevas actividades en clase para su desarrollo,

en algunas ocasiones los ENF llevaron trabajos a la casa para su análisis y terminación luego se socializaron con los miembros de su nuevo grupo para integrar la información y prepararla para la próxima sesión. El PI, en cada sesión revisó los trabajos de los grupos en forma individual y grupal, según el tema a tratar, y evaluó dicha sesión. Para confirmar el proceso de aprendizaje de los ENF, como estrategia se pidió la realización permanente de las prácticas con los estudiantes a su cargo, con el fin de que de aplicar los temas vistos en clase.

El rol permanente del PI fue balancear la exposición de clase con actividades en equipo, observación directa moviéndose de equipo a equipo, escuchando conversaciones e interviniendo cuando sea apropiado, el PI estuvo en continua observación de los equipos e hizo sugerencias acerca de cómo proceder o dónde encontrar información, satisfacer las dudas y apoyar las buenas ideas en pro de fortalecer el concepto en la praxis con el fin de que los ENF descubrieran el conocimiento a través de la interacción o proceso activo. De acuerdo a algunas posiciones de autores acerca de cómo supervisar equipos, la más conveniente para la investigación fue la de (Johnson y Johnson, 1999) que las enumera así: a) Planear una ruta por el salón y el tiempo necesario para observar a cada equipo para garantizar que todos los equipos sean supervisados durante la sesión. b) Utilizar un registro formal de observación de comportamientos apropiados. Al principio, no tratar de contabilizar demasiados tipos de comportamientos, podría enfocarse en algunas habilidades en particular o simplemente llevar un registro de las personas que hablan. Agregar a estos registros, notas acerca de acciones específicas de los estudiantes. También es importante identificar responsabilidades del PI para poder guiar a los ENF a través del proceso, por eso fue necesario incluir ciertos aspectos que de acuerdo a (Hills y Prescott, 1997) de la Universidad de California, son: a) Motivar b) Proporcionar una experiencia concreta. c) Verificar lo entendido. d) Ofrecer la oportunidad de reflexionar o practicar la nueva información. e) Revisar el material antes de los exámenes. f) Cubrir eficientemente la información textual. g) Pedir un resumen después del examen, asegurando que los estudiantes hayan aprendido de su examen o proyecto.

El rol de los ENF fue participante en el desarrollo de las actividades, aportando sus conceptos, abogando o refutando las ideas de los demás compañeros para solidificar entre todos las ideas claves para la elaboración de informes o materiales educativos. Pero para asegurar una participación activa y equitativa en la que cada ENF tuvieran la oportunidad de participar, los ENF tuvieron roles dentro del grupo. Cualquier cantidad de roles, en cualquier combinación puede ser utilizada para una gran variedad de actividades, dependiendo del tamaño del grupo y de la tarea. Los roles fueron los siguientes: a) Supervisor: monitorea a los miembros del equipo en la comprensión del tema de discusión y detiene el trabajo cuando algún miembro del equipo requiere aclarar dudas. b) Abogado: cuestiona sobre ideas y conclusiones ofreciendo alternativas. c) Motivador: se asegura de que todos tengan la oportunidad de participar en el trabajo en equipo y elogia a los miembros por sus contribuciones. d) Administrador de materiales: provee y organiza el material necesario para las tareas y proyectos. e) Observador: monitorea y registra el comportamiento del grupo con base en la lista de comportamientos acordada. f) Secretario: toma notas durante las discusiones de grupo y prepara una presentación para toda la clase. g) Reportero: resume la información y la presenta a toda la clase. h) Controlador del tiempo: monitorea el progreso y eficiencia del grupo.

2.2. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES Y SESIONES A REALIZAR

Las actividades realizadas fueron diversas porque los temas fueron muy amplios y se tuvo en cuenta la prioridad de temáticas a abordar. En primera instancia, las actividades estuvieron acorde al tema escogido y se realizaron en grupo, cada grupo escogió una temática y las dificultades se reforzaron con ejemplos reales, para ser desarrolladas en la próxima sesión y decidirán la metodología para desarrollar dicha dificultad de la temática, los grupos fueron escogidos por el PI, en algunas ocasiones y en otras podrían hacerse libremente. Las actividades realizadas fueron explicadas claramente por el PI al inicio de la sesión dejando ver claramente las intenciones y las herramientas Web 2.0 que se trabajó por grupos de profesores y dependerán de las temáticas que los grupos propongan como simuladores de trabajo colaborativo apoyados por talleres en donde se emplean (wikis, blogs, web blogs y podcast), y además con preguntas acerca de ¿Qué es un wiki?, ¿tipos de wiki?, ¿Cómo funciona un wiki?, ¿Para qué sirve un wiki?, ¿Cómo podemos incorporarla en el aula de clase?, que los ENF realizaron en grupo de acuerdo con la dinámica propuesta por el PI.

Para desarrollar cada sesión, se emplearon los siguientes pasos según Johnson & Johnson (1999) a) Tomar decisiones antes de dar instrucciones. Antes de cada sesión: formule sus metas, decida el tamaño de los equipos, seleccione un método para agrupar a los estudiantes, decida los roles que realizarán los miembros del equipo, acomode el salón y organice los materiales que necesitarán los equipos para realizar las actividades. b) Explicar la actividad. En cada sesión explique a los estudiantes: la actividad, los criterios a evaluar, los comportamientos que espera que se presenten durante la clase. c) Supervise e intervenga. Mientras dirige la sesión, supervise a cada equipo e intervenga cuando sea necesario para mejorar el trabajo del equipo y lograr su comprensión del contenido. e) Evaluar. Evalúe la calidad y cantidad del trabajo realizado. Pida a los estudiantes que evalúen el trabajo de su equipo y que realicen un plan para mejorarlo. Para asignar las actividades a cada grupo, después de las explicaciones claras y concisas del PI, es necesario tener una guía para que los ENF puedan realizar sus trabajos de forma organizada y coherente, para ello es necesario la entrega de un formato en donde se consigne paso a paso el trabajo a solucionar. Esta es una hoja de trabajo conveniente para el trabajo colaborativo que fue entregado a los ENF: a) Tarea: resolver el (los) problema(s) correctamente. b) Actividad colaborativa dentro del grupo: un conjunto de respuestas del equipo, todos deben estar de acuerdo, todos deben ser capaces de explicar las estrategias utilizadas para resolver cada problema. c) Criterios esperados de éxito: todos deben ser capaces de explicar las estrategias para resolver cada problema. e) Responsabilidad individual: un miembro de cada grupo puede ser elegido al azar para explicar tanto la respuesta como la forma de resolver cada problema. Por otra parte, cada miembro del equipo debe explicar las repuestas del equipo al miembro de otro equipo. f) Comportamientos esperados: participación, revisión, motivación y elaboración activa por parte de todos los miembros. g) Actividad colaborativa entre grupos: Cuando sea útil, revisar los procedimientos, las respuestas y estrategias con otro equipo.

Actividades que pueden ser desarrolladas en las diferentes sesiones para ser socializadas en grupo. A) Mesa Redonda: esta actividad puede ser usada para generar ideas o repuestas a una sola pregunta o grupo de preguntas. El

profesor hace la pregunta o preguntas. Cada equipo usa un lápiz y papel. El primer estudiante escribe una respuesta, la dice en voz alta y pasa el papel al siguiente estudiante que repite el procedimiento. Esto continúa hasta que se termina el tiempo. Los alumnos pueden describir varias respuestas con otro equipo o con toda la clase. La clave es que la pregunta que haga el profesor tenga varias respuestas. La pregunta debe estar relacionada con la unidad de estudio, pero ser suficientemente fácil para que cada estudiante pueda dar una respuesta. b) Anotaciones en pares: en parejas los estudiantes revisan y aprenden del mismo artículo, capítulo o concepto, e intercambian ensayos para su lectura y reflexión. Los estudiantes examinan puntos clave e identifican ideas divergentes y convergentes. Los estudiantes preparan una composición que resume el artículo, capítulo o concepto. c) Documentos de un minuto: pedir a los estudiantes que realicen comentarios de las siguientes preguntas, o de otras, diseñadas por el profesor. Dé un minuto para responder por escrito. Esta actividad obliga a los estudiantes a enfocarse en el contenido y además permite evaluar la actividad o al profesor. El profesor puede utilizar los documentos para empezar la discusión del siguiente día, para facilitar la discusión dentro del grupo o para proveer información acerca de qué tan bien los estudiantes entienden el material. Preguntas de ejemplo son: ¿qué fue lo más importante o más útil que aprendiste hoy?, ¿cuáles son dos preguntas que aún tienes?, ¿qué no quedó muy claro?, ¿de qué quisieras aprender un poco más?

Finalmente, en el último trabajo, los ENF entregaron en forma organizada, por grupos, un infograma funcionando de cualquier temática realizada en el semestre en donde se mostró el trabajo grupal durante todo el proceso, un estudiante fue el encargado de hacer las exposiciones en público sobre el tema escogido, explicando puntualmente sus contenidos, funcionamientos y aplicaciones en la vida real en el aula. La evaluación fue de forma constante durante el proceso, para la cual se tuvo en cuenta la producción individual y grupal de los ENF, motivación y desempeño, las evaluaciones tomaron valores en la escala 1 a 5. Aunque realmente tuvo un valor más cualitativo que cuantitativo, ya que se trata de Estudiantes No Formales, que no obedecen a un currículo sino a una capacitación de mejoramiento profesional.

2.3. FUNCIÓN DE LAS TIC UTILIZADAS DENTRO DEL AMBIENTE DE APRENDIZAJE

Los ENF tuvieron disponible un aula dotada de toda la tecnología necesaria para desarrollar las actividades de forma interactiva con los equipos de cómputo tres veces a la semana (lunes, miércoles y viernes), en los horarios de 6:00 a 8:00 p.m., en el edificio B8: Bloque de ingenierías, en el horario debatido por los ENF, para poder asistir en su totalidad. El aula denominada AULA TIC, tiene 30 computadores de última tecnología y cuenta con la ergonomía necesaria para desarrollar las actividades confortablemente con un clima e iluminación regulado, la sala cuenta con wifi, e internet de banda ancha de 100 GB y está conectado al servidor central. El aula contó con el software necesario para la realización de los talleres y tareas, motores de búsqueda necesarios para el apoyo a las actividades de interacción y comunicación que facilitan la construcción del conocimiento. También se tuvo en cuenta el servicio bibliográfico y de hemeroteca descrita anteriormente, para la búsqueda de fuentes de información y conocimiento, los cuales los ENF pudieron acceder con claves asignadas con anterioridad por parte de la dirección de la biblioteca central.

La distribución de la sala permitió el trabajo en grupo, para los cuales se necesitaron estar reunidos constantemente para la realización de los trabajos y talleres también permitió al PI, observar las actividades para poder evaluar, la interactividad del estudiante con el computador en forma permanente y contar con la ayuda de los monitores (EC), que estuvieron en constante apoyo tecnológico y didáctico. Los ENF tuvieron a su disposición dos plataformas (Academusoft y Akumaja), para la interacción entre el PI y los grupos, las instrucciones a estas plataformas se hicieron de forma presencial y después podrán utilizarlas en forma remota con los demás miembros del grupo como por ejemplo en el uso de las wikis, para el desarrollo de trabajos colaborativos.

2.4. DESCRIPCIÓN DE LAS SESIONES Y CONTENIDOS

Como se dijo con anterioridad, se trabajó durante un semestre, es decir, 12 semanas, 12 sesiones (una sesión por semana), cada sesión tuvo una duración de seis horas, repartidas entre los días lunes, miércoles y viernes dos horas por día en los horarios comprendidos de 6:00 p.m. a 8:00 p.m.; para los cuales se tuvo dispuesta el aula TIC. En el primer mes (cuatro sesiones). Los ENF tuvieron sesiones presenciales permanentes con los EC, con el fin de recordar los saberes previos referentes a lo aprendido en el SENA y se reforzaron con actividades prácticas. Las otras ocho sesiones se desarrollaron 80% presencial y 40% virtual con el PI, el cual desarrolló las temáticas pertinentes a la WEB 2.0.

El PI debió asumir conscientemente un rol que facilitó el proceso de aprendizaje, proponiendo y cuidando un encuadre que favoreció un ambiente seguro en el que los ENF pudieron aprender, tomar riesgos, equivocarse extrayendo de sus errores lecciones significativas, apoyarse mutuamente, establecer relaciones positivas y de confianza, crear relaciones significativas con adultos a quienes se respeta no por su estatus como tal, sino como personas cuyo ejemplo, cercanía y apoyo emocional es valioso.

3. ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS

Los constantes cambios y evolución de la sociedad respecto al uso de las tecnologías en general, y ámbito educativo en particular, están potenciando el hecho innegable de que es importante el uso de las TIC en las universidades, con coherencia y bien enfocado hacia una práctica efectiva. Esta investigación captará la opinión y el uso que hacen los docentes respecto a las TIC, y la relación de esta aplicación con la metodología que se desarrolla en el aula de clase.

3.1. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿De qué manera se implementa una ruta de formación para el desarrollo de competencias en Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) entre los profesores del Programa de Ingeniería de Sistemas de la Universidad de La Guajira?

3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación es de tipo descriptivo-cualitativo, el objetivo principal es describir la aplicación de una ruta de formación para el desarrollo de competencias en TIC para los profesores de la Facultad de Ingeniería, adscritos al programa de Ingeniería de Sistemas. Según Fernández, Hernández y Baptista (2003), la información y los datos necesarios serán obtenidos directamente de la organización en la cual se originó el estudio, que es la Facultad de Ingeniería (PEIPES)

es decir, los datos de interés se recogen en forma directa de la realidad mediante el trabajo concreto del investigador (Fernández et al., 2003). Se opta por este tipo de investigación porque la obtención de los datos es de carácter cualitativo para ser analizados de forma recurrente a medida que hayan sido originados de la fuente y serán sistematizados de acuerdo con el propósito del estudio para dar respuesta a la pregunta de investigación.

3.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño a utilizar es el de investigación-acción (I-A.), la investigación-acción, según Kemmis (1988) “es una forma de búsqueda auto reflexiva, llevada a cabo por participantes en situaciones sociales, para perfeccionar la lógica y la equidad de las propias prácticas sociales o educativas, comprensión de estas prácticas y las situaciones en que se efectúan estas prácticas” (p. 42). La investigación-acción es una metodología que apunta a la producción de un conocimiento propositivo y transformador, mediante un proceso de debate, reflexión y construcción colectiva de saberes entre los diferentes actores de un territorio con el fin de lograr la transformación social.

Es un proceso que combina la teoría y la praxis, y que posibilita el aprendizaje, la toma de conciencia crítica de la población sobre su realidad, su empoderamiento, el refuerzo y ampliación de sus redes sociales, su movilización colectiva y su acción transformadora. La finalidad de la I-A es cambiar la realidad y afrontar los problemas de una población a partir de sus recursos y participación, además de que la comunidad vaya siendo la autogestora del proceso, apropiándose de él, y teniendo un control operativo (saber hacer), lógico (entender) y crítico (juzgar) de él.

De otra manera, Fernández, Hernández y Baptista (2003), se fundamentan en diseños de investigación-acción en tres pilares:

- Los participantes que están viviendo un problema son los que están mejor capacitados para abordarlo en un entorno naturalista.
- La conducta de estas personas está influida de manera importante por el entorno natural en que se encuentran.
- La metodología cualitativa es la mejor para el estudio de los entornos naturalistas, puesto que es uno de sus pilares epistemológicos. La investigación-acción construye el conocimiento por medio de la práctica.

Esta misma autora, con apoyo en otros colegas, resume las características de la I-A, entre las principales están:

1. La Investigación-Acción envuelve la transformación y mejora de una realidad (social, educativa, administrativa, etc.). De hecho, se construye desde ésta.
2. Parte de problemas prácticos y vinculados con un ambiente o entorno.
3. Implica la total colaboración de los participantes en la detección de necesidades (ellos conocen mejor que nadie la problemática a resolver, la estructura a modificar, el proceso a mejorar y las prácticas que requieren transformación) y en la implementación de los resultados del estudio.

En esta investigación, PI deja claro que ningún participante hace parte de la investigación, esta es asumida por el PI en su totalidad, desde el inicio del proceso del curso de capacitación docente en TIC para el cual, se centrará en el desarrollo y aprendizaje de los participantes, se observará, se pensará y dará resultados, con el fin de propiciar el cambio social, transformar la realidad y que los ENF tomen conciencia de su papel en ese proceso de transformación durante el desarrollo del programa diseñado por el PI. Todos los ENF estarán involucrados en el proceso de estudio y en la implementación correspondiente teniendo en cuenta la interacción de manera constante del conocimiento del PI, las destrezas y habilidades de los ENF y los datos. Además, se indagará por la incidencia de una ruta de formación a un grupo de profesores de Ingeniería de Sistemas de la Universidad de La Guajira, en la Facultad de Ingeniería y se acomoda a los propósitos trazados para lograr los resultados que se propone el investigador para dar claridad a la ruta de formación propuesta.

3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA

Se establecerá que la población de estudio estará constituida por docentes de la facultad de ingeniería, adscritos al programa de ingeniería de sistemas de la Universidad de la Guajira, integrada por profesores de planta, profesores ocasionales y profesores catedráticos, que en total suman 36 (Así: 3 de planta, 14 de tiempo completo ocasional y 22 catedráticos). (PEI).

La población, es el “universo de la investigación, sobre el cual se pretende generalizar los resultados. Está constituido por características o estratos que le permiten distinguir los objetos unos de otros” (Fernández et al, 2003, p. 56). La población de una investigación representa la unidad de observación, por la cual se obtuvo la información estadística dentro de la investigación y se constituye en el soporte fundamental para sistematizar el estudio.

Para la elección de la muestra se tendrá en cuenta la edad y el perfil académico del docente, la muestra seleccionada será de dieciséis (16) participantes que no usan frecuentemente las TIC, y de esta muestra, cinco sobrepasan los 55 años de edad. El criterio de escogencia de la muestra será no probabilístico por conveniencia, según McMillan y Schumacher (2001) definen el muestreo por conveniencia como un método no probabilístico de seleccionar sujetos que están accesibles y disponibles, el investigador seleccionará a los profesores por su perfil académico, por su práctica pedagógica y disposición a realizar las actividades que se programarán en la ruta de formación docente.

3.5. INSTRUMENTOS DE RECOGIDA DE INFORMACIÓN

Para registrar la información se utilizó en primera instancia la técnica de la observación participante, que consiste en el registro sistemático, válido y confiable de comportamientos o conducta manifiesta, el investigador interactúa con los sujetos observados, en el caso de la presente investigación servirá para recolectar información acerca de la aceptación del grupo de profesores respecto a una propuesta de formación docente en competencias en TIC y análisis de la capacidad de práctica reflexiva en el aula de clase con TIC. En segundo lugar, se utilizará la técnica del cuestionario que se emplea para investigar hechos en forma general y no particular por medio de preguntas escritas organizadas en un cuestionario impreso para reunir información acerca del uso de herramientas para trabajo colaborativo (web 2.0). Se

aplicará como instrumento un cuestionario, conformado por una serie de ítems con alternativas de respuestas cerradas; por cuanto, a través del mismo se obtendrá información en forma directa, precisa, adecuada e inequívoca para analizar las categorías. (Fernández et al., 2003). En este caso específico, el instrumento se encontrará conformado por 51 ítems con cinco (5) alternativas de respuesta con escalamiento tipo Lickert (5. Siempre, 4. Casi siempre, 3. Algunas veces, 2. Casi nunca, 1. Nunca), dirigidas al personal docente, el instrumento se diseñó en coherencia con el segundo objetivo específico. Los datos suministrados se procesarán utilizando el programa estadístico Excel de Microsoft para realizar las gráficas, interpretación y análisis de los resultados.

Por otra parte, se utilizará la técnica de grupos focales según Krueger (2022) se escogerán los participantes de acuerdo al perfil y se harán cuatro (4) grupos de cuatro (4) participantes cada uno, para un total de dieciséis (16) participantes, se elegirá un ambiente relajado y cómodo, se realizarán videos y grabaciones in situ; el investigador será el moderador con ayuda de un participante, quien consignará las opiniones y pensamientos de la pregunta a debatir (preparada previamente por el investigador), habrán cinco preguntas focalizadas, para generar nuevos conceptos de interés para la recolección de la información respecto al objetivo específico relacionado con las interacciones entre colegas y profesores con sus estudiantes cuando se implementa TIC. Al final se analizarán los datos de los cuatro grupos focales.

3.6. PROCEDIMIENTO

La ruta de formación se realizó en tres fases, la primera fase fue la de conceptualización, la segunda fase fue la prueba piloto y la tercera fase fue la de implementación. Es de anotar que los ENF participaron en el 100% en todas las fases de la ruta de formación docente diseñada por el PI.

3.6.1. FASE I: CONCEPTUALIZACIÓN

En esta fase, se tuvieron en cuenta todas y cada una de las estrategias que el PI describió anteriormente, las cuales se aplicarán en todas las sesiones desde el inicio hasta el final del curso de formación docente en competencias TIC, es relevante para el PI, aplicar todas las estrategias diseñadas para este curso porque dependiendo de ellas se medirá el desempeño de los ENF, en cuanto al desarrollo de habilidades y destrezas en competencias tecnológicas y comunicativas, para ser medidas de acuerdo al documento de la UNESCO, en donde se tomó en cuenta los tres enfoques y cinco elementos que conforman los estándares de competencias en TIC.

3.6.2. FASE II: PRUEBA PILOTO

Para el análisis de la aplicación de la ruta de formación se tuvieron en cuenta los enfoques señalados por la UNESCO, primordialmente en los elementos de pedagogía, TIC, organización y administración del aula y formación profesional docente como guía mediática para determinar en qué medida los ENF están evolucionando en las competencias TIC y el manejo de herramientas. La ruta de formación docente inicia con la invitación formal de docentes del programa de Ingeniería de Sistemas, 16 en total, que se inscribieron voluntariamente y firmaron el documento de compromiso para participar activamente en el curso de formación docente en competencias TIC, apoyado por la decanatura de la Facultad de Ingeniería, para la cual aceptó que los profesores participantes pudieran disponer de la infraestructura en

info-estructura en las instalaciones de la Universidad de La Guajira. Se dispuso un aula TIC para el desarrollo del curso, dos estudiantes de octavo y noveno semestre de ingeniería de sistemas como apoyo tecnológico (EC), y todo el software necesario para el desarrollo del curso de formación de competencias en TIC.

En agosto de 2022 se inició la primera sesión, de la prueba piloto, de cuatro programadas por el PI, para las cuales los EC, tuvieron su primer encuentro con los ENF, para realizar un refuerzo de los conceptos previos que los ENF habían adquirido en el año de 2018 en el SENA. Los ENF se presentaron al curso manejando conceptos muy vagos de herramientas como Motores de búsqueda de internet, como Internet Explorer y Google, de los 16 participantes, sólo uno no tenía cuenta en Gmail.com, pero todos tenían cuenta en Outlook.com y en Facebook, ninguno en Twitter ni en Skype o Instagram.

La primera sesión se inició con el tema de motores de búsqueda, tema ya abordado por el curso del SENA; sin embargo, se hicieron ejercicios individuales para el manejo de la información y archivos resultantes de consultas por internet.

La segunda sesión se verificó que todos los ENF tuvieran abiertas las cuentas de correos electrónicos haciendo énfasis en los correos institucionales, y en los correos personales en Gmail.com o Outlook.com, los ENF tuvieron la oportunidad de interactuar con los compañeros en el envío de mensajes, tuvieron prácticas durante toda la semana.

En la tercera sesión, los ENF interactuaron con cuentas de Facebook, Twitter, Hangout, Instagram y Skype, para los cuales interactuaron durante toda la semana enviando mensajes y pudiéndose ver remotamente desde sus casas.

En la cuarta sesión, el PI dictó un seminario sobre la formación de líderes en las instituciones de carácter superior, y cómo liderar grupos de personas en trabajo colaborativo, se realizaron actividades lúdicas para reforzar el concepto de líder.

3.6.3. ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DE LA RUTA DE FORMACIÓN EN LA FASE II: PRUEBA PILOTO

Para la realización de este análisis, el PI, tuvo en cuenta elementos del documento de la UNESCO como son: uso de herramientas TIC y formación profesional docente, como medición de la aplicación de la ruta de formación. De acuerdo a las notas de campo se observaron los siguientes comportamientos.

- **Motivación:** Los ENF, al inicio de la sesión 1, no estuvieron motivados por el curso, porque de alguna manera pensaron que los contenidos eran los mismo que habían visto en el curso del SENA, pero, gracias a la buena labor de los estudiantes colaboradores EC y del PI, el cual le advirtió al inicio de la sesión que a pesar que era un repaso iban a aprender otras herramientas.
- **Creación de grupos de trabajo colaborativo:** Al inicio de la prueba de pilotaje los ENF trabajaron individualmente, eso es debido a que la cultura en el departamento de la Guajira es trabajar solo, pero al recibir el seminario de liderazgo y trabajo en grupo se concientizaron, entendieron el concepto de que trabajo en equipo es mejor que trabajar en forma individual.

- Interés por aprender: Los ENF estuvieron en su totalidad muy de acuerdo que es necesario aprender las nuevas tecnologías para no quedar rezagados frente a los estudiantes de pregrado.
- Uso de herramientas: Los ENF, en la prueba piloto solo manejan las herramientas básicas de Microsoft (Word, Excel, Power Point), algunos correos electrónicos y algunas redes sociales, es decir, que, de acuerdo con los estándares de la UNESCO, estaban en el nivel básico de uso de herramientas.
- Desarrollo de competencias: Los ENF, en la prueba de pilotaje, han desarrollado algunas habilidades en el manejo de herramientas muy básicas, pero todavía no han desarrollado las competencias tecnológicas ni comunicativas.
- Formación docente: Los ENF se encontraban en la primera fase de la capacitación, por tanto, según documento de la UNESCO estuvieron en Alfabetismo en TIC.
- Transformación del docente: Los ENF se mostraron interesados en algunos temas vistos, por lo que el 90% de los docentes estuvieron con gran interés en el aprendizaje de los temas para los cuales realizaron reflexiones y críticas constructivas.

3.6.4. FASE III: IMPLEMENTACIÓN

Para la fase III de implementación, se tuvo en cuenta todo el diseño del ambiente de aprendizaje diseñado por el PI, específicamente lo relacionado con las estrategias, para las cuales se aplicaron en todas y cada una de las sesiones realizadas en el período comprendido en los meses de septiembre, octubre y noviembre de 2022. Para esta fase, el PI tuvo en cuenta el documento de la UNESCO, correspondientes a la tabla 1, en donde se aplicaron los enfoques relacionados en el cuadro, por tanto, se tuvo como medición del análisis de la aplicación de la ruta de formación, los elementos de: Plan de estudios de evaluación, Pedagogía, TIC, Organización y administración, Formación Profesional de Docentes. El PI consideró relevante estos elementos porque en esta fase se utilizaron en su totalidad, dado que los ENF se enfrentaron en las sesiones a nuevos conocimientos que transformaron su modo de pensar frente a la utilización de las TIC en la vida profesional y como docente, además, el conocimiento que se obtuvo finalizadas las sesiones proporcionaron a los ENF nuevas estrategias y ambientes de aprendizajes para ser aplicadas en el aula de clase.

A continuación, se describen las sesiones correspondientes a la fase III de implementación. Las sesiones 1 a la 8, se desarrollaron en la sala TIC, del bloque de ingeniería de la Facultad de Ingeniería, se inició con el mismo número de participantes (16), previo el montaje del software necesario para las sesiones y con la colaboración de los estudiantes de ingeniería de sistemas los EC.

Módulo 1: Tema: Incorporación de las TIC y trabajo colaborativo.

Sesión 1: Incorporación de las TIC .

El PI inició la sesión con ayuda de la herramienta MINJET, mapa mental para el cual explica el objetivo de la sesión y los temas

a tratar, finalmente se presentó un video, en donde se trató el tema de la importancia de las TIC en la educación y como actividad se dejó una lectura para que los ENF, afianzasen más el concepto de las TIC en la educación.

Los ENF, se mostraron interesados en el tema y estuvieron observando en un alto grado de concentración la intervención del ministro de las TIC colombiano, para lo cual tuvieron reflexiones y críticas frente al tema al final de la clase.

Sesión 2, 3: Trabajo colaborativo en la práctica docente.

La sesión inició con una introducción por parte del PI, mediante una presentación en Power Point, los ENF escucharon todo lo relacionado al trabajo colaborativo, sus ventajas y desventajas, con el fin de que el grupo de ENF entendieran cómo trabajar en grupos y hacer trabajos en forma colaborativa para ser publicados en las redes sociales. Finalmente, el PI pidió a los ENF dar uso del google docs, herramienta para compartir documentos, para el cual debieron realizar un documento y compartirlo.

Los ENF, por primera vez aprendieron el concepto de compartir trabajo colaborativo mediante la herramienta Goggles Docs, para la cual se les dio la explicación previa de cómo usar estas herramientas de fácil acceso en sus casas y poder realizar los trabajos para luego publicarlos. Se utilizaron dos sesiones con el fin de poder explicar los por menores de las herramientas, ya que, a futuro esta es una de las herramientas que más necesitarán utilizar los ENF para la elaboración y publicación de trabajos.

Módulo 2: Tema: Aplicación de herramientas de la web 2.0 en el aula de clase.

Sesión 4: Trabajando con pósters interactivos.

El PI inició con una presentación en Power Point, sobre el uso de la herramienta Glogster, herramienta de la web 2.0, para el cual se elaboraron posters para ser publicados en redes sociales. Los ENF se reunieron en grupos de 5 para la elaboración de un póster para ser publicados en la red, los ENF interactuarán con sus comentarios en Facebook o en Twitter.

Los ENF se enfrentaron a una nueva herramienta de la web 2.0, en donde después de escuchar su funcionamiento lo ponen en práctica con los demás compañeros en forma colaborativa se escoge un tema para ser elaborado en un póster y finalmente ser publicado.

Sesión 5: Mapas mentales.

El PI inició la sesión con una presentación utilizando el minjet connect, para lo cual da las instrucciones necesarias para que los ENF, se apropien de esta herramienta esencial para la construcción del conocimiento, y muy útil para realización de clases conceptuales.

La dificultad que presenta esta herramienta es que la versión está en inglés y la mayoría de los ENF, no comprenden este idioma, por lo tanto, se necesitó de la estrategia de los EC para que los ENF pudieran adelantar la sesión con un buen resultado. Los ENF manifestaron la satisfacción de haber conocido esta herramienta y haberla aprendido en su mayoría o lo más necesario.

Sesión 6: Ambiente de aprendizajes colaborativos.

El PI inició su sesión y con una presentación mediante una presentación en Power Point, el conjunto de métodos de instrucción y entrenamiento apoyados con tecnología, así como de estrategias para propiciar el desarrollo de habilidades mixtas (aprendizaje y desarrollo personal y social), donde cada miembro del grupo es responsable, asimismo explicar que el aprendizaje en grupos colaborativos.

Los ENF aprendieron el concepto de la importancia de desarrollo de trabajos colaborativos, y para ello desarrollan una actividad en grupos de 5, que es la elaboración de un documento compartido utilizando la herramienta Google Docs, para luego publicarlo.

Sesión 7: Elaboración de líneas de tiempo.

El PI procedió a dar las explicaciones correspondientes al desarrollo una línea de tiempo usando la herramienta Dipity, en donde explica los pasos sistemáticos para su realización, esta actividad ayudará a los ENF a desarrollar un material educativa como apoyo a los temas para tratar de acuerdo al perfil de los ENF.

Los ENF desarrollaron un material educativo utilizando la herramienta de la web 2.0 Dipity, para ser publicado en las redes sociales, los ENF, ven por primera vez esta herramienta importantísima para explicar documentos históricos de una manera fácil y entretenida, utilizan esta herramienta de forma agradable.

Módulo 3: Tema: Aplicación y desarrollo de la web 2.0 compartida.**Sesión 8: Aprendizaje y elaboración de blogs.**

El PI hizo la introducción de cómo funcionan los blogs, los tipos de blog y los beneficios que presenta el uso de esta herramienta en el aula de clase y de la forma como está diseñado para que los profesores puedan publicar los escritos e investigaciones de manera permanente y recibir en comentarios las críticas reflexivas con el único fin de mejorar las futuras publicaciones, también es una herramienta en donde los profesores pueden interactuar con los estudiantes en cuanto esta herramienta se convierte en una referencia para ser consultada y es un apoyo para la realización de consultas y tareas.

Los ENF utilizaron esta herramienta de la web 2.0, de manera efectiva, y lograron publicar sus trabajos individualmente, para luego ser evaluado por sus compañeros. Los ENF manifestaron que la herramienta era muy esencial para aplicarlas en aula de clase con los estudiantes de pregrado.

Sesión 9: Aprendizaje y desarrollo de las wikies en trabajo colaborativo.

El PI inicia una clase magistral, usando el video beam para explicar mediante una presentación en Power Point y recordando la dinámica realizada en la sesión 6, en donde se evidenció el trabajo en grupos colaborativos, los principios necesarios para generar un grupo colaborativo con miras a realizar trabajos colaborativos con apoyo de las herramientas web 2.0. Para ello, los ENF se apoyaron en primera instancia, en la creación de un wiki, en donde los participantes pudieron elaborar documentos on line para ser refutados o criticados por los compañeros. Los ENF utilizaron esta herramienta con mucho agrado, ya que era la primera vez que veían con agrado que de verdad las TIC eran necesarias en el currículo para ser utilizadas por toda la comunidad universitaria.

Sesión 10: Aplicación de herramientas de audio y video como apoyo al acto pedagógico.

El PI procedió a dar las explicaciones de las tres herramientas: YouTube, Present to me y Audicity el PI realizó las explicaciones mediante el uso de Prezi, en donde explica los pasos sistemáticos para la realización de un video editado, de un podcast o grabador de voz y de la combinación de las dos, también se recalca que es muy importante el desarrollo de videos para la realización y presentación de tutoriales para ser utilizados en el aula de clase, y que todos los ENF deben aprender a crearlas como apoyo a la labor académica y como insumo importante en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Los ENF utilizaron en su totalidad las tres herramientas presentadas y elaboraron sus prácticas en forma total, aprovechando las bondades de estas herramientas. Como es la publicación en redes sociales o en la red.

Módulo 4: Tema: Aprendiendo con las webquest.

Los ENF aplicaron los conocimientos adquiridos en el curso de formación, mediante el uso de los contenidos vistos junto con los recursos y herramientas de la web 2.0, a los estudiantes de pregrado, que según su perfil desarrollaron habilidades en el uso y desarrollo de las TIC, finalmente se evaluó el desempeño docente mediante el formato de evaluación docente de la institución.

3.6.5. ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DE LA RUTA DE FORMACIÓN EN LA FASE III: IMPLEMENTACIÓN

Para la realización de este análisis, el PI tuvo en cuenta elementos del documento de la UNESCO como son: Plan de estudios de evaluación, Pedagogía, TIC, Organización y administración, Formación profesional docente, como medición de la aplicación de la ruta de formación docente. El PI considera necesario el uso de la tabla 1, para realizar la medición desde la prueba piloto hasta la implementación.

Tabla 1. Medición de la prueba

	FASE II: PRUEBA PILOTO	FASE III: IMPLEMETACION	
Política y Visión	Conocimiento básico de las TIC	Profundización del conocimiento	Generación del Conocimiento
Plan de estudios de evaluación	No hay plan	Aplicación del conocimiento: Los ENF lograron aplicar conocimientos al interior de las aulas de clase, y se concientizaron de la necesidad de incorporarla al currículo.	Competencias del siglo XXI
Pedagogía	Integrar las TIC. En esta fase es imposible integrar las TIC al currículo	Aplicación e problemas complejos Los ENF, lograron solucionar problemas no tan complejos, pero si estuvieron en la gestión de solucionar sus problemas cotidianos	Autogestión
TIC	Herramientas Básicas. Los ENF usaron herramientas muy básicas aprendidas en el SENA	Herramientas complejas Los ENF, utilizaron herramientas sofisticadas y se apropiaron de ellas de manera eficaz y eficiente	Tecnología generalizada
Organización y administración	No aplica.	Grupos colaborativos Los ENF, trabajaron en forma colaborativa en todas las sesiones hasta el final del curso y lograron publicar sus trabajos	Organizaciones de aprendizaje
Formación Profesional de Docentes	Alfabetismo en TIC Formación muy básica	Gestión y guía Los ENF, tuvieron una formación en TIC, que puede ser utilizadas en el aula de clase para ser replicada por los estudiantes de pregrado	El docente, modelo de educando

Nota. Elaboración propia por parte de los autores.

Como se observa en la tabla 1, los ENF tuvieron un avance significativo en el curso de formación docente, desde la prueba piloto hasta la implementación, cumpliendo la mayoría de estándares correspondientes al enfoque de Profundización del conocimiento y objetivos que trazó el PI para lograr el empoderamiento de las TIC, al grupo de profesores del programa de Ingeniería de Sistemas.

De acuerdo con la tabla 1, la ruta de formación docente queda delimitado, cuando se inicia la columna del enfoque Generación del conocimiento, porque es muy difícil en 12 sesiones generar conocimiento para competencias del siglo XXI, se necesitaría más cursos de formación docente con más herramientas sofisticadas para lograr crear nuevos y nuevas tecnologías, por premura de tiempos no se llegará a dicho enfoque.

Por tanto, la ruta de formación docente diseñada por el PI termina en el enfoque profundización del conocimiento, dado que por la premura de tiempo no se pudo avanzar al siguiente enfoque quedando delimitado hasta donde se generó los elementos necesarios que logró el PI en el curso de formación docente.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la aplicación de la ruta de formación en competencias TIC se reflejaron en avances significativos en el aprendizaje de los profesores participantes. Se pudo notar claramente un notable mejoramiento en el dominio y empoderamiento de las herramientas de la Web 2.0, así como en la aplicación efectiva de las TIC en el currículo, siguiendo el enfoque propuesto por Stenhouse (1987).

En el transcurso del curso, los docentes lograron asimilar y aplicar el contenido presentado, alcanzando un dominio completo de todas y cada una de las herramientas en el entorno del aula de clases, incluso a pesar del tiempo limitado disponible. De esta manera, pueden emplear con éxito estas tecnologías frente a sus alumnos de pregrado. Además, se destaca la capacidad de los docentes para reflexionar de manera crítica sobre los temas tratados, lo que se tradujo en la creación de material educativo computarizado a través del desarrollo de infogramas, siguiendo las recomendaciones de Mumtaz (2000) y Alfageme (2002).

Otro aspecto relevante que se pudo observar durante el curso fue la actitud y motivación positiva de los docentes, quienes mostraron un claro interés y entusiasmo hacia el uso y la aplicación de las TIC en el entorno educativo. Este cambio en la actitud de los docentes evidencia una verdadera transformación en su enfoque pedagógico, mostrando una apertura hacia la integración de las tecnologías en sus prácticas educativas.

Los profesores, al inicio del curso de formación docente, tenían conocimientos básicos sobre herramientas web, adquiridos en una capacitación previa impartida por el SENA. Esta capacitación abordó temas muy elementales, como el uso de motores de búsqueda, apertura de cuentas en servicios de correo como Outlook.com, Gmail.com, Yahoo.com, manejo de archivos y programas de Microsoft como Word, Excel, Power Point y algunos conceptos sobre redes sociales, incluyendo la apertura de cuentas en Facebook, Instagram, YouTube y algunos en Skype.

Sin embargo, al concluir el curso de formación, los docentes ampliaron considerablemente su dominio de las herramientas de la Web 2.0. Ahora están capacitados para utilizar herramientas como Google Docs, Prezi, Mindjet, Dipity, Present to Me, YouTube, Audacity, Wikis, Blogs y Posters, como Glogster. Además, han adquirido habilidades en la creación de WebQuests. Los profesores participantes, conocidos como ENF, lograron empoderarse de estas herramientas y mejoraron sus competencias tecnológicas y comunicativas. Como resultado, las comunicaciones entre ellos han mejorado gracias a las publicaciones en línea, y se han llevado a cabo trabajos colaborativos en grupo. Los ENF ahora están preparados para transmitir estos conocimientos a sus estudiantes de pregrado, colegas y personal administrativo que necesitan actualizarse en el uso de las TIC.

Además, a través del análisis de categorías a priori y emergentes, se evidenciaron resultados sobre la aplicación de la ruta de formación en términos de competencias TIC en el grupo de profesores participantes. La categoría más destacada fue la "Formación de Docentes", lo cual coincide con estudios previos de Cabero (2000), UNESCO (2012) y MEN (2008) que resaltan la necesidad imperante de capacitación en las instituciones de educación superior. En este contexto, se concluyó que esta categoría era la

más primordial, ya que no estaba presente en el Proyecto Educativo Institucional. La falta de formación docente, específicamente en TIC, marcaba una diferencia importante entre la universidad y otras con instituciones de formación continua. La creación de una ruta de formación docente en la Universidad de La Guajira, dirigida al grupo de profesores del Programa de Ingeniería de Sistemas, se vuelve ineludible y es necesario iniciar programas de formación continua para el grupo de profesores que participarán en el curso dirigido por el profesor investigador (PI).

5. CONCLUSIONES

Para dar respuesta a los objetivos específicos de la presente investigación y de acuerdo al análisis de documentos, resultado de la teoría fundamentada, se encontró que la influencia se evidenció a través de los hallazgos sistematizados mediante las categorías a priori y emergentes, y el análisis de las fases II y III. Para dar respuesta al primer objetivo específico y para determinar el análisis de la influencia de la ruta de formación docente en competencias TIC, se tuvieron en cuenta los tres enfoques presentados en el documento de la UNESCO y los cinco elementos esenciales de los estándares de competencias TIC, los cuales se analizaron en los capítulos de Fase II y Fase III, en donde se evidenció la influencia de la ruta de formación en competencias TIC en los profesores del programa de Ingeniería de Sistemas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de La Guajira, en la tabla 1, se puede observar los hallazgos en donde se ven reflejados los avances en el aprendizaje por parte de los profesores participantes y que se nota claramente el mejoramiento en el empoderamiento de las herramientas de la Web 2.0, la aplicación de las TIC en el currículo, el mejoramiento del acto pedagógico en el salón de clases, aprendizaje de las herramientas presentadas en el curso en un 100%, a pesar de la premura del tiempo, los docentes lograron aprender, manipular y aplicar todas y cada una de las herramientas en el salón de clases frente a los alumnos de pregrado, tuvieron reflexiones críticas frente a los temas tratados y elaboraron material educativo computarizado mediante el desarrollo de infogramas, la actitud y motivación de los docente fue muy clara durante el curso en donde también se evidenció la transformación del docente frente al uso y aplicación de las TIC en el aula de clase.

Para dar respuesta al segundo objetivo específico, se puede observar en la tabla 1, que los profesores en su inicio del curso de formación docente, tenían conocimientos básicos en herramientas de la Web, de la capacitación recibida por parte del SENA, en el que se trataron temas muy básicos como son: los motores de búsqueda, apertura de cuentas en Outlook.com, Gmail.com, Yahoo.com, manejo de archivos y programas de Microsoft como Word, Excel, Power Point y algunos conocimientos de las redes sociales con apertura de cuentas en Facebook y algunos en Skype. Al finalizar el curso de formación, los docentes ampliaron sus conocimientos en el uso de las herramientas WEB 2.0, con el manejo de Google docs, Prezi, Minjet, Dipity, Present to me, Youtube, Audacity, Wikies, Blogs, Póster como Glogster y finalmente con las webquest, los ENF, lograron empoderarse de estas herramientas y mejorar las competencias tecnológicas y comunicativas, por el cual se mejoró las comunicaciones por medio de publicaciones en la red por parte de todos y cada uno de los docente que participaron, además de realizaron trabajos colaborativos en grupo. Los ENF están capacitados para replicar estos conceptos a los estudiantes de pregrado, colegas y personal administrativo que necesite de la actualización de las herramientas TIC.

Por otro lado, se evidenciaron hallazgos a través del análisis de las categorías a priori y emergentes, que permitieron conocer la influencia de la ruta de formación en términos de las competencias TIC, al grupo de profesores participantes. A continuación, se describen las categorías:

La categoría de Formación de Docentes era la más frecuente, dado que según estudios de (Cabero, 2000) y la UNESCO (2012), la necesidad de capacitación es imperante en las instituciones de educación superior, y que en el caso particular de esta investigación, se evidenció que esta categoría era la más primordial de todas porque no existía en el Proyecto Educativo Institucional, y que la falta de formación docente, específicamente en TIC, marca la diferencia entre las universidades que si gozan de formación permanente de esta categoría. La desventaja de no tener preparados docentes en esta esta categoría hace que la calidad de la educación en la facultad y en el Programa de Ingeniería de Sistemas, no sea de las mejores, por tanto, la creación de una ruta de formación docente en la Universidad de La Guajira, específicamente al grupo de profesores del Programa de Ingeniería de Sistemas es ineludible, y se debe iniciar programas continuos de formación al grupo de profesores que participaron en el curso de formación docente en TIC, preparado y dictado por el profesor investigador (P.I.).

Los ENF que estuvieron presentes en el curso colmaron las expectativas de lograr competencias TIC, y pudieron emplear herramientas suficiente para el desarrollo de las actividades programadas, el curso se desarrolló de acuerdo a lo planeado y se implementó de manera efectiva la ruta de formación docente, dando como resultado 16 profesores capacitados en competencias TIC. Los cuales pudieron aplicar su conocimiento en las aulas de clase frente a los estudiantes de pregrado, que también aprendieron algunas herramientas tratadas en el curso de formación de docentes en TIC. Las dificultades fueron solucionadas a medida que se iba desarrollando el curso, la principal dificultad fue ponerse de acuerdo en los horarios de clase, que para ello se publicaron horarios flexibles de tal manera que pudieran asistir todos los participantes. El PI, en varias ocasiones repitió la jornada para aquellos ENF que no asistieron a dichas jornadas, con el fin de hacer una nivelación.

La otra categoría que sobresale de acuerdo con la frecuencia es la de Competencias, dado que en la ruta de formación se deben desarrollar competencias en TIC, resulta necesario ampliar habilidades y destrezas en la apropiación de dichas competencias en el manejo de herramientas de la WEB 2.0 a los profesores que hicieron parte del curso de formación, con el fin de que ellos se apropien de las tecnologías de la información y comunicación para ser usadas en el acto pedagógico en el aula de clase, y que dependiendo de ello puedan comunicar sus conocimientos con ayuda de la tecnología. En observación al comportamiento de los docentes participantes, se notó un alto grado de desempeño cognitivo y socio-afectivo, que según Gros et al. (2005), es una conducta observable que mide el desempeño docente, para el caso de esta investigación es el desempeño en la apropiación de las TIC y la aplicación de las mismas en el aula de clase.

El grupo de profesores participantes logró desarrollar habilidades y destrezas en el manejo de programas que utilizaron en su máxima capacidad para el desarrollo de las diversas actividades programadas en el curso de formación. Lo que les permitió seguridad en el momento de desarrollar el acto pedagógico en el aula de clase y aplicar un abanico

de herramientas según el tema tratado. Cada ENF tuvo la oportunidad de interactuar con todas y cada una de las herramientas propuestas, desarrollando un conocimiento concreto y eficaz para ser usado con los grupos de pregrado a su cargo. Las dificultades de los ENF para lograr las anteriores competencias fueron de carácter actitudinal, al principio se dificultó el aprendizaje, porque algunos de ellos no habían trabajado con computadores portátiles, la operatividad de estos mismos se superó con la práctica constante y la supervisión permanente del PI.

La categoría de Docentes enmarca un papel importante dentro de la ruta de formación, porque el docente es gestor de la transformación de su acto pedagógico y de las nuevas pedagogías para el renacimiento de nuevos conocimientos y saberes. Para el caso particular de esta investigación, la categoría Docentes es primordial porque en esta categoría se basan todos los esfuerzos y estudios para el lograr una ruta de formación docente, el estamento universitario que tiene un alto de grado de importancia son los docentes, en ellos se debe tener el máximo de interés porque son el equipo que permite la transmisión y adquisición de conocimientos, por eso es importante la formación permanente que permita la transformación y la apropiación de las tecnologías de la información y comunicación en el aula de clase, Perazzo (2008).

La incorporación de las TIC en la formación docente debe incluir no sólo el uso pedagógico de las herramientas sino la reflexión sobre sus potencialidades, limitaciones y su impacto en el aprendizaje en contextos específicos.

El grupo de profesores participantes ENF estuvieron unidos, hubo colaboración mutua que les permitió la incorporación de las TIC y el desarrollo de potencialidades que se evidenciaron en la calidad de trabajos presentados, expuestos y publicados en las diferentes redes. Los docentes fueron cambiando su actitud frente al computador a medida que se presentaban los nuevos temas y herramientas. Además, se evidenció la transformación cognoscitiva, ya que muchos de ellos hicieron reflexiones valiosas frente a las temáticas que fueron socializadas.

La categoría de Currículo es de gran importancia, porque debido a la incorporación de las TIC en los planes curriculares, se hace posible la apropiación de las herramientas de la WEB 2.0, por parte de docentes y estudiantes para ser aplicadas en el aula de clase. Las TIC deben ser transversales al currículo, es decir, todas las asignaturas deben emplear las nuevas tecnologías. Sin embargo, por la ausencia de una formación de competencias en TIC en los docentes, el docente mismo es incapaz de diseñar currículos en donde se tenga contemplada la inclusión de las TIC en sus programas académicos y por tanto su aplicación. De este modo, los programas actuales de la Facultad de Ingeniería y específicamente el de Ingeniería de Sistemas en un 60% no cuentan con profesorado formado en TIC, identificándose que en gran parte existen programas académicos que siguen los procesos tradicionales de tablero y marcador. En muchos casos, el profesor universitario no está capacitado en TIC y no puede hacer uso integrador de estas tecnologías durante la formación de los futuros docentes (Silva, 2004).

Los ENF en varias oportunidades hicieron el siguiente interrogante ¿Por qué en los tiempos modernos las carreras que ofrece la facultad de ingeniería no contempla las TIC en el plan curricular?, la respuesta a este interrogante se

fue generando a medida que iba avanzando el curso de formación docente, los ENF fueron conscientes de que las TIC deberían aplicarse a todas y cada una de las asignaturas del plan curricular, se anotaron reflexiones respecto al currículo y finalmente se conformó un comité que se encargaría de vigilar el proceso de inclusión de las TIC en los planes curriculares de las facultad.

En la categoría Uso de las Tecnologías, se observa que esta categoría marca el camino para la calidad del proceso de enseñanza-aprendizaje, en el sentido que aporta las herramientas necesarias para el desarrollo de un ambiente de aprendizaje con todos los programas informáticos, incluyendo plataformas y dispositivos centrados en el estudiante que según Llorente Cejudo (2008), se debe utilizar la tecnología para apoyar estrategias de aprendizaje centradas en el estudiante, que contemplen las diversas necesidades de los estudiantes.

Aunque en gran medida las directivas de la Universidad de La Guajira han aportado dinero para mejorar la tecnología, todavía es insuficiente, dado que la universidad se encuentra en continuo crecimiento de apertura de programas de pregrado y posgrado y la tecnología nunca crece de acuerdo con las necesidades de la institución; sin embargo, el ambiente desarrollado en el curso de formación docente, se orientó hacia el uso de tecnologías en la red WEB 2.0, para la cual se obtuvieron todos los software libres necesarios para la culminación del curso, si bien la velocidad de red de la universidad no es muy rápida, se logró desarrollar los objetivos propuestos en el ambiente de aprendizaje.

Los ENF hicieron uso de las tecnologías en forma permanente cumpliendo a cabalidad con el horario a seguir, se hicieron prácticas en el aula de las TIC, y se implementaron todas las herramientas que ofrecía la red WEB 2.0. Los ENF interactuaron en la red con sus compañeros y lograron evaluar en forma colaborativa los trabajos publicados en las redes sociales, los trabajos publicados fueron evaluados por los otros grupos, los cuales también publicaron sus reflexiones y recomendaciones. Las dificultades fueron mínimas en esta categoría porque los ENF pudieron desarrollar competencias en el manejo de redes sociales y lograron publicar la mayoría de actividades realizadas.

Y finalmente, la categoría de Trabajo Colaborativo, es esencial en donde se observa que el trabajo en grupo es clave para la formación de la comunidad académica, teniendo en cuenta que los conceptos surgidos en trabajos, foros y otros, deben ser el resultado de la opinión de todos los miembros del grupo, y deben ser debatidos de tal forma que el conocimiento generado sea filtrado de la mejor manera, para dar resultados más aproximados a la realidad del tema tratado. Los participantes (ENF), lograron los objetivos en el desarrollo de todas y cada una de las temáticas vistas en el curso de formación, y esto se debió al trabajo en grupo en forma colaborativa, que sin duda dejó excelentes resultados en el desempeño docente y en la apropiación de las tecnologías de la información y comunicación. Todos los ENF tuvieron la práctica frente a sus estudiantes de pregrado aplicando los conocimientos obtenidos en el curso, en donde se observó una práctica docente con aplicación de las TIC en cada uno de los docentes que finalizaron el curso. En este ambiente de aprendizaje se aplicó el modelo de aprendizaje colaborativo de Johnson y Johnson. La dificultad primordial fue en primera instancia el acomodamiento de los miembros en el momento de conformar los grupos, cada miembro debía estar a gusto

con el grupo que el mismo eligió de tal forma que se pudiera trabajar teniendo en cuenta los valores éticos y el respeto a las posiciones u opiniones del otro. Otra dificultad fue la comunicación entre los miembros del grupo para ponerse de acuerdo en la realización de las actividades, a medida que se iba avanzando en los temas, los ENF pudieron aprender los por menores del manejo de las redes sociales y se mejoró el proceso de comunicación entre los miembros y el de los grupos.



Por otro lado, las categorías emergentes también fueron importantes porque se observaron algunos fenómenos que a simple no se podían observar, y gracias a esas categorías emergente se pudieron tener en cuenta en la presente investigación.

La primera categoría emergente, el Conocimiento, es el eje más importante dentro todo el andamiaje de un diseño de una ruta de formación docente, es el núcleo en donde gira todo el diseño del ambiente aprendizaje y en donde se incluye herramientas, metodologías, proceso de enseñanza-aprendizaje, pedagogías, uso de las TIC y competencias. El conocimiento, dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje juega un papel primordial e incluye esta categoría la necesidad del ser humano de aumentar su deseo de aprender y conocer de las cosas que lo rodea, además es el conocimiento es el compromiso primordial del ser humano, es el de continuo aprendizaje y por tanto la adquisición de nuevos saberes.

Los ENF que participaron en el curso tuvieron claro este concepto, por lo cual tuvieron la intención de apropiarse de todos los conocimientos obtenidos en el curso, para aplicarlos en sus propios escenarios. La dificultad se evidenció en que algunos ENF, por la edad (mayores de 55 años), fueron más lentos en la apropiación de los conocimientos, pero finalmente lograron los objetivos de aprender bien las herramientas utilizadas en el curso de formación.

La segunda categoría emergente fue Herramientas, categoría que juega un papel significativo en el diseño de una ruta de formación docente, ya que sin estos elementos no es posible llevar a cabo una aprendizaje significativo de orden cognoscitivo, las herramientas informáticas son esenciales para lograr una estrategia en el ambiente de aprendizaje para la cual está centrado en el estudiante, el uso de las herramientas en clase permite que los estudiantes dediquen más tiempo a las labores académicas porque las soluciones son más provechosas con el uso de simuladores y de software. Los ENF que hicieron parte del curso de formación docente en TIC, utilizaron variadas herramientas y software, que permitieron desarrollar todas las temáticas establecidas por el P.I. y demostraron destrezas y habilidades en algunas de ellas, dando como resultado una excelente apropiación de dichas herramientas que permitieron cambiar su actitud frente a las tecnologías, convirtiéndose en docentes más reflexivos y críticos a la hora usar una herramienta. La única dificultad que se presentó fue que en algunas ocasiones la sala de las TIC estaba cedida a otras actividades, no permitiendo el ingreso del grupo a la sala; sin embargo, se programaron sesiones extras para recuperar las pérdidas.

La tercera categoría emergente fue Ambiente de aprendizaje, los ambientes de aprendizaje son escenarios, sitios virtuales o presenciales, en donde los estudiantes pueden adquirir conocimientos con el uso efectivo de las TIC, para desarrollo de competencias en el aula de clase. En el futuro los ambientes de aprendizaje marcarán la frontera del conocimiento; la



integración de las TIC, dependerá de los docentes para estructurar ambientes de aprendizaje de forma no tradicional para fusionar con las nuevas pedagogías.

El ambiente de aprendizaje que se diseñó en esta investigación, optó por canalizar todos sus recursos hacia el ENF con el fin de potenciar la capacidad reflexiva y crítica con ayuda de las herramientas tecnológicas y lograr la adquisición de conocimiento de una manera innovadora, dando uso de las herramientas WEB 2.0, y disfrutando de una buena variedad de software libre, para la mejora del aprendizaje y como estímulo para la adquisición de nuevos conocimientos. En este ambiente de aprendizaje, los ENF lograron una actitud positiva y reflexiva frente al uso de herramientas como apoyo pedagógico en el proceso de enseñanza aprendizaje y su aplicación en el aula de clase. Se observó que todos los ENF pudieron obtener conocimientos para que en un futuro puedan desarrollar materiales electrónicos computarizados con las herramientas que utilizaron en el curso de formación, con el único objetivo de poderlos socializar a los estudiantes de pregrado con su propio ambiente de aprendizaje.



REFERENCIAS



- Alfageme, B. (2002). **Modelo colaborativo de enseñanza-aprendizaje en situaciones no presenciales: Un estudio de caso (Tesis doctoral inédita).** Universidad de Murcia, España.

- Cabero, J. (1991). **Análisis, selección y evolución de medios audiovisuales didácticos.** Consultado el 24/05/2014 en <http://tecnologiaedu.us.es/nweb/htm/pdf/43.pdf> trabajo Colaborativo. Universidad de California.

- Cabero, J. (2000). **Tecnología educativa: Su evolución histórica y su conceptualización.** Universidad de Sevilla, http://mc142.uib.es:8080/rid=1JGRDVCYP-22JJ5G2-10/Capitulo_Muestra_Cabero_8448156137.pdf. Tomado de la web el 24 de marzo de 2013,

- Cabero, J. (2000^a). **El rol del profesor ante las nuevas tecnologías de la información y comunicación.** Agenda Académica.

- Fernández, C., Hernández, R., & Baptista, P. (2003). **Metodología de la investigación.** McGraw-Hill.

- Fernández, C. (2003). **Ciclo profesional de los Profesores.** Revista de Educación.

- Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (1991). **Learning together and alone: Cooperation, competition, and individualization.** Prentice Hall.

- Kemmis, S. (1988). **La investigación-acción participativa: La acción comunicativa y la esfera pública.** En *Las estrategias de investigación cualitativa (Vol. 3).* España.

- Krueger, R. (2002). **Designing and conducting focus group interviews.** University of New Jersey.

- McMillan, J. H., & Schumacher, S. (2001). **Investigación educativa: Una introducción conceptual (5.ª ed.).** Pearson Educación.

- Ministerio de Educación Nacional (MEN). (2013). **Apropiación de las TIC.**

- Mumtaz, & Arancibia, J. (2010). **Concepciones del profesor sobre el uso educativo de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) asociadas al proceso de enseñanza-aprendizaje en el aula de clase.** *Estudios Pedagógicos*, (1), 23–51.

- Perazzo, M. (2008). **La ruta de la alfabetización digital en la educación superior: una trama de subjetividades y prácticas.** *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento (RUSC)*. Vol. 5, n1. <http://www.uoc.edu/rusc/5/1/dt/esp/perazzo.pdf>, Tomado de la web en: 20/04/2014

- Pavié, A. (2007). **La formación inicial docente: Hacia un enfoque por competencias.** *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado.* <http://www.aufop.com>

- Serrano, G., & Calvo, M. (1994). **Aprendizaje cooperativo: Técnicas y análisis dimensional.** Caja Murcia, Obra Cultural.

- Stenhouse, L. (1987). **Investigación y desarrollo del currículo (5.ª ed.).** Morata.

- UNESCO. (2012). **Education for the 21st century.** <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000220416>

- UNESCO. (1999). **Estrategias instruccionales.**


- Universidad de La Guajira. (2010). **Proyecto educativo institucional (PEI).** <http://www.eduteka.org/gestorp/recUp/f8c15c166224e76347cf070f4cf9c48.pdf>



REFERENCIAS



- Universidad de La Guajira (2011). Proyecto Educativo del Programa de Ingeniería de Sistemas (PEIPIS). Recuperado de [http://facultades.uniguajira.edu.co/fiug/attachments/category/44/DOCUMENTO%20ASE%20INGENIERIA%20DE%20SISTEMAS%20\(%20R%20de%20RC%20\).Pdf](http://facultades.uniguajira.edu.co/fiug/attachments/category/44/DOCUMENTO%20ASE%20INGENIERIA%20DE%20SISTEMAS%20(%20R%20de%20RC%20).Pdf)



BIODEGRADABILIDAD DE BIOPOLÍMEROS A BASE DE ALMIDÓN DE YUCA (MANIHOT ESCULENTA CRANTZ) CON LÍQUIDO DE LA CÁSCARA DE NUEZ DEL ANACARDO

RECIBIDO: 24/01/2023 ACEPTADO: 20/03/2023 ÚLTIMA VERSIÓN: 10/04/2023

BIODEGRADABILITY OF BIOPOLYMERS BASED ON CASSAVA STARCH (MANIHOT ESCULENTA CRANTZ) WITH CASHEW NUTSHELL LIQUID

Yair Alfonso Vega Vega ¹

Profesor de Catedra del Departamento de Biología y Química

Álvaro Ángel Arrieta Almario ²

Profesor de Planta del Departamento de Biología y Química

Sergio Luis Flórez Seña ³

Profesor del Liceo Panamericano Campestre

RESUMEN

El almidón ha sido protagonista en diferentes estudios como producción de hidrogeles y en procesos de recubrimiento, específicamente en síntesis de biopelículas. Se ha observado que la temperatura y la humedad influyen desfavorablemente en el carácter hidrofílico del almidón, puesto que ocasionan una baja estabilidad y degradación acelerada a las biopelículas. Por esta razón, existe la necesidad de incorporar un nuevo componente que permita mitigar este inconveniente. Un buen candidato es el líquido obtenido de la cáscara de nuez del anacardo, ya que posee una serie de compuestos fenólicos como el ácido anacárdico, cardol y cardanol, los cuales han arrojado resultados muy satisfactorios, gracias a sus propiedades. Por lo anterior, el propósito de esta investigación fue estudiar el proceso de biodegradabilidad de biopolímeros a base de almidón de yuca (*Manihot esculenta crantz*) con líquido de la cáscara de nuez del anacardo, teniendo en cuenta la composición y pH del biopolímero. Las biopelículas fueron caracterizadas por Espectroscopía de Infrarrojo por Transformada de Fourier (FTIR). Los espectros mostraron los grupos funcionales del almidón y líquido de la cáscara de nuez del anacardo presentes en el biopolímero, evidenciando la interacción química entre estos dos componentes. Además, la biodegradabilidad mostró dependencia con la composición y pH de las biopelículas, siendo pH 12 y mayor concentración de aceite de la cáscara de nuez del anacardo aquella que presentó mejor el proceso.

PALABRAS CLAVE: almidón, líquido de la cáscara de nuez del anacardo, biopolímeros, biodegradabilidad.

¹ Profesor de Catedra del Departamento de Biología y Química - Universidad de Sucre, UDS, Colombia - yairvega@unisucvirtual.edu.co

² Profesor de Planta del Departamento de Biología y Química - Universidad de Sucre, UDS, Colombia - alvaro.arrieta@unisuc.edu.co

³ Profesor del Liceo Panamericano Campestre - Departamento de Sucre, Colombia - docentesergio@gmail.com

ABSTRACT

Starch has been the protagonist in different studies such as the production of hydrogels and in coating processes, specifically in biofilm synthesis. It has been observed that temperature and humidity have an unfavorable influence on the hydrophilic character of starch, since they cause low stability and accelerated degradation of biofilms. For this reason, there is a need to incorporate a new component that can mitigate this drawback. A good candidate is the liquid obtained from the cashew nut shell, since it has a series of phenolic compounds such as anacardic acid, cardol and cardanol, which have yielded very satisfactory results, thanks to their properties. Therefore, the purpose of this research was to study the biodegradability process of biopolymers based on cassava starch (*Manihot esculenta crantz*) with cashew nutshell liquid, taking into account the composition and pH of the biopolymer. The biofilms were characterized by Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR). The spectra showed the functional groups of the starch and cashew nutshell liquid present in the biopolymer, evidencing the chemical interaction between these two components. Furthermore, biodegradability showed dependence on the composition and pH of the biofilms, with pH 12 and the highest concentration of cashew nutshell oil being the one that presented the best process.

KEYWORDS: starch, cashew nutshell liquid, biopolymers, biodegradability.

RESUMO

O amido tem sido protagonista em diversos estudos como na produção de hidrogéis e em processos de revestimento, especificamente na síntese de biofilmes. Observou-se que a temperatura e a umidade influenciam desfavoravelmente o caráter hidrofílico do amido, pois causam baixa estabilidade e degradação acelerada dos biofilmes. Por esta razão, existe a necessidade de incorporar um novo componente que possa mitigar esta desvantagem. Um bom candidato é o líquido obtido da casca da castanha de caju, pois possui uma série de compostos fenólicos como ácido anacárdico, cardol e cardanol, que têm produzido resultados muito satisfatórios, graças às suas propriedades. Portanto, o objetivo desta pesquisa foi estudar o processo de biodegradabilidade de biopolímeros à base de fécula de mandioca (*Manihot esculenta crantz*) com líquido de casca de castanha de caju, levando em consideração a composição e o pH do biopolímero. Os biofilmes foram caracterizados por Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR). Os espectros mostraram os grupos funcionais do amido e do líquido da casca da castanha de caju presentes no biopolímero, evidenciando a interação química entre esses dois componentes. Além disso, a biodegradabilidade apresentou dependência da composição e do pH dos biofilmes, sendo o pH 12 e a maior concentração de óleo de casca de castanha de caju o que apresentou melhor processo.

PALAVRAS-CHAVE: amido, líquido da casca da castanha de caju, biopolímeros, biodegradabilidade.

1. INTRODUCCIÓN

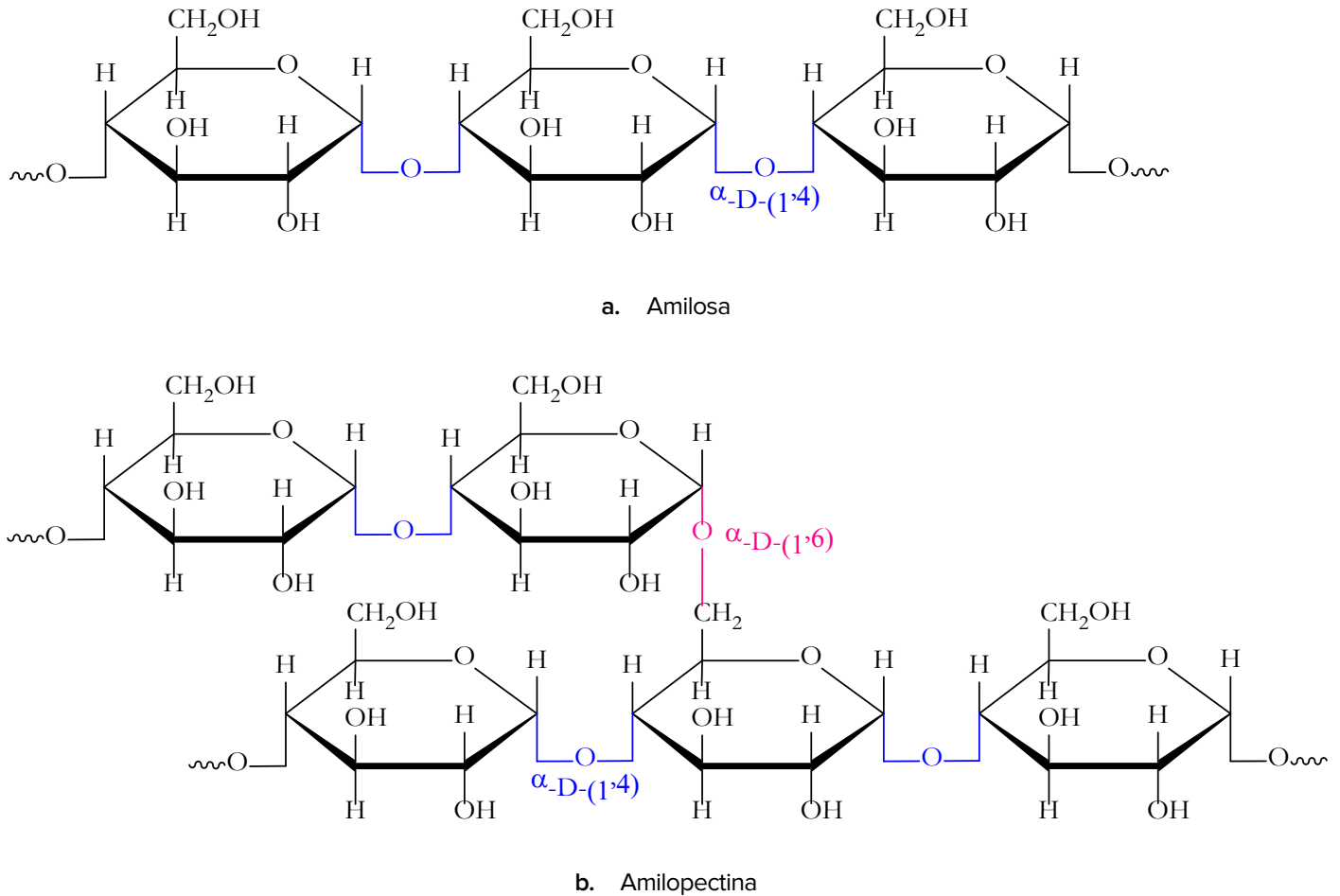
1.1. ALMIDÓN

1.1.1. ESTRUCTURA Y CARACTERÍSTICAS

El almidón es un polímero natural con un alto porcentaje de abundancia, puede estar presente en diferentes fuentes vegetales como la yuca, maíz, arroz, trigo, papa, patata, aguacate, entre otras (Araújo et al., 2020; Chiaregato & Faez, 2021). Esta macromolécula es disponible, renovable, versátil, biodegradable y, sobre todo, económica. Está formada por monómeros de D-glucosa que se unen mediante enlaces glucosídicos α -D-(1 \rightarrow 4) y/o α -D-(1 \rightarrow 6), asimismo, la estructura del almidón consta principalmente de amilosa y amilopectina, que representan alrededor del 98-99% de la masa del almidón y algunos componentes minoritarios como proteínas, lípidos y minerales que pueden ser extraídos con alta pureza (Araújo et al., 2020; Chen et al., 2018; Qamruzzaman et al., 2022).

La amilosa y amilopectina presentan diferencias en su estructura, ver Figura 1, ya que la amilosa (que constituye alrededor del 25-30 % del gránulo de almidón) posee una cadena lineal formada por unidades de D-glucosa interconectadas por enlaces glucosídicos α -D-(1 \rightarrow 4) (región amorfa), por su parte, la amilopectina (que constituye alrededor del 70-75 % del gránulo de almidón) presenta una estructura ramificada con cadenas cortas de D-glucosa interconectadas por enlaces glucosídicos α -D-(1 \rightarrow 4), donde los enlaces glucosídicos α -D-(1 \rightarrow 6) conectan la cadena corta en los llamados puntos de ramificación, que ocurren cada 25-30 unidades de glucosa (región cristalina) (Chen et al., 2020; Chiaregato & Faez, 2021; Gautam et al., 2021; Ghobashy, 2019; Sarkar et al., 2021; G. M. de S. Silva et al., 2020). Según la fuente vegetal de almidón, la proporción relativa de amilosa y amilopectina difiere y afecta tanto el orden molecular como la cristalinidad. Por tanto, las propiedades físicas y químicas del almidón están determinadas por su composición y estructura (Qamruzzaman et al., 2022; Supare & Mahanwar, 2022).

Figura 1. Estructura de la amilosa y amilopectina en el almidón



Nota. Elaboración propia por parte de los autores (2023).

En la Figura 1, se observa que tanto la amilosa como la amilopectina presentan grupos hidroxilo ($-OH$) en sus estructuras, esto proporciona al almidón una alta reactividad ya que puede oxidarse, reducirse y formar enlaces de hidrógeno. Además, gracias a estos grupos $-OH$, el almidón posee un carácter hidrofílico, permitiendo así que las moléculas de agua pueden cambiar la interacción interna y los arreglos morfológicos del mismo. Por esta razón, varias propiedades del almidón, como las propiedades físicas y mecánicas y la temperatura de transición vítrea, dependen del contenido de agua. Una de las propiedades importantes del almidón es su completa biodegradabilidad en diferentes ambientes, esto se debe a la vulnerabilidad que tiene frente a los microorganismos (acción microbiana), o bien, por reacción enzimática, en las cuales la glucosa se obtiene por hidrólisis (Qamruzzaman et al., 2022).

1.1.2. MÉTODOS DE EXTRACCIÓN

Cada materia prima requiere de un proceso adecuado para extraer el almidón puesto que difieren en el contenido de este compuesto (Vilpoux et al., 2018). Algunos métodos de extracción requieren de azufre, enzimas, álcalis, o bien, extracción acuosa (Correia & Beirão-Da-Costa, 2012). Siendo esta última la más común y, dependiendo de la fuente de almidón puede dar como resultado gránulos con proteínas y lípidos residuales (Salgado-Ordosgoitia et al., 2018). Ahora, la extracción alcalina con hidróxido de sodio ($NaOH$), dimetilsulfóxido ($DMSO$) y metabisulfito de sodio ($Na_2S_2O_5$), da como resultado gránulos con bajos niveles de proteína y lípidos residuales, además, proporciona un mayor rendimiento y mejora las propiedades del almidón (Falade & Okafor, 2015; Jiang et al., 2013). Así, la selección del método de extracción depende del rendimiento, de la materia prima utilizada y de las propiedades deseadas para las aplicaciones del almidón (Pires et al., 2021).

Teniendo en cuenta lo anterior, en un estudio realizado por Torres et al., 2020, se desarrolló un método de extracción convencional para la respectiva extracción del almidón presente en las patatas. Dicho proceso se dividió en varias etapas: primeramente, se peló, cortó y trituró la papa; a continuación, se mezcló la pulpa molida con agua en proporción 1:2 (sólido: líquido) durante 60 min a 200 rpm. Luego, con la ayuda de un tamiz de malla de $80\ \mu m$, se filtró con el fin de separar la pulpa del líquido. Posteriormente, se lavó la pulpa para retirar el almidón restante y se dejó enfriar el sistema por 24 h, pasado este tiempo, se eliminó el sobrenadante y se recogió el sedimento, almidón. Por último, se secó el almidón a $40\ ^\circ C$ durante 48 h, y se almacenó en recipientes de plástico cerrados a temperatura ambiente para su posterior análisis (Torres et al., 2020).

Así mismo, Silva et al., 2020 logró extraer el almidón de acuerdo con el siguiente procedimiento: inicialmente los tubérculos fueron separados de contaminantes e impurezas, seleccionados y desinfectados en agua clorada (100 ppm) por 15 min, lavados con agua potable, pelados y molidos en licuadora industrial. La pulpa suspendida se tamizó a través de mallas de 0.149 mm y 0.079 mm, el residuo se descartó. Luego, el sedimento se lavó 4 veces con agua fría y se purificó con alcohol absoluto, se filtró y se secó a 35 °C durante 12 h en un horno de circulación de aire. El almidón seco obtenido se molió (malla 48) y se envasó en bolsas de polietileno para su posterior análisis. El rendimiento de extracción se analizó por la relación entre la masa de almidón extraído y la masa de materia prima estudiada, siendo expresada en porcentaje (G. M. de S. Silva et al., 2020). Procedimientos análogos fueron realizados por Da Silva et al., 2020 (L. R. da Silva et al., 2020) y Zounggran et al., 2020 (Zounggran et al., 2020), con algunas pequeñas modificaciones.

Ahora, como la idea está encaminada en la optimización de nuevas metodologías para la extracción del almidón, resulta conveniente resaltar la técnica de extracción asistida por microondas, la cual se considera como un “método verde” y segura para extraer polímeros como el almidón debido a su facilidad y posibilidad de usar, solamente agua como solvente de extracción (Galanakis, 2012; Lara-Flores et al., 2018). El mecanismo de extracción por microondas se fundamenta en el calentamiento inducido por la radiación de microondas, que crea un momento dipolar provocado por la agitación de las moléculas de agua dentro del material de extracción, esto genera poros o rotura del material vegetal y, en consecuencia, una mayor liberación de compuestos (Kala et al., 2016). Este tipo de extracción presenta varias ventajas respecto a otros métodos como reducción de los tiempos de extracción, mayor rendimiento de extracción y menor consumo de solventes (Araújo et al., 2020).

Otro método para extraer el almidón que brinda mayor eficiencia y es amigable con el medio ambiente (ya que no utiliza solventes orgánicos) es la extracción asistida por ultrasonido (UAE). Esta técnica de extracción utiliza el efecto de cavitación causado por ondas ultrasónicas en un medio líquido para romper la pared celular (Chemat et al., 2011, 2017). Como los gránulos de almidón en la yuca quedan atrapados por las fibras de celulosa unidas con pectina en las paredes celulares (Setyaningsih et al., 2021), la UAE desencadena la rápida liberación de analitos en el solvente de extracción (Azmir et al., 2013). Este método fue desarrollado por Setyaningsih et al., (2021), utilizando una sonda ultrasónica UP200St 200 W, 26 kHz (Hielscher, Alemania). En este estudio, se pesaron 15 g de harina de yuca y se depositaron en un vaso de precipitado. A continuación, se adicionó una cantidad específica de agua destilada, como solvente de extracción. Luego, la mezcla se extrajo durante 10 min a temperatura ambiente usando UAE. La solución resultante se filtró para eliminar el material sólido y el extracto se depositó y se secó en un secador de gabinete (AM-TD24, Yogyakarta, Indonesia) a 50 °C por 24 h. Por último, el almidón obtenido se empacó en bolsas de polietileno para su posterior análisis (Setyaningsih et al., 2021).

En un estudio reciente realizado por Zukryandry et al., 2021, se logró extraer almidón de una muestra de yuca utilizando un baño ultrasónico. La metodología utilizada en este trabajo fue dividida en dos etapas, en la primera, se pesaron 150 gramos de yuca rallada y se depositaron en un vaso de precipitado, posteriormente, se adicionaron 300 ml de agua destilada, luego se filtró y se recogió el filtrado. El filtrado se colocó en un

tubo (diámetro interior de 20 mm) y se introdujo en un sistema de baño ultrasónico a 40 °C por 0, 10, 20, 30 y 40 min (según tratamiento) al 80 % de potencia máxima. A continuación, los resultados de la extracción se filtran mediante un evaporador al vacío hasta obtener un extracto espeso. El siguiente proceso es una deposición de 1 h. El almidón obtenido se secó en un secador de armario a una temperatura de 55 °C hasta alcanzar un contenido de humedad del 12-14 %. Después del secado, el almidón fue molido y tamizado con un tamiz de malla 90 µm. Finalmente, el almidón obtenido se guardó en bolsas de polietileno para su posterior análisis (Zukryandry et al., 2021).

1.1.3. TÉCNICAS DE CARACTERIZACIÓN

El almidón extraído de diferentes fuentes vegetales puede ser caracterizado por diferentes técnicas como espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR), resonancia magnética nuclear de carbono 13 (RMN 13C), análisis termogravimétrico (TGA), microscopía electrónica de barrido (SEM), difracción de rayos X (XRD), espectroscopía ultravioleta-visible (UV-Vis), espectroscopía de fotoelectrones de rayos X (XPS), análisis térmico diferencial (DTG) y calorimetría diferencial de barrido (DSC). (Chiaregato & Faez, 2021; L. R. da Silva et al., 2020; Dong et al., 2021; Junlapong et al., 2020; Pires et al., 2021; Qiao et al., 2016, 2019; G. M. de S. Silva et al., 2020; Zhang et al., 2020).

1.1.4. APLICABILIDAD

En los últimos años, el almidón (y sus derivados) se ha convertido en blanco de interés para un sin número de investigadores, gracias a las diversas propiedades tanto físicas como químicas que le brindan credibilidad para ser utilizado en diferentes aplicaciones de investigación científica. Por tanto, las propiedades espesantes, gelificantes, estabilizadoras y aglutinantes hacen del almidón un ingrediente ampliamente utilizado en alimentos, cosméticos, productos farmacéuticos, textiles, materiales biodegradables y otros productos industriales (Araújo et al., 2020). Además, el almidón extraído de diferentes fuentes vegetales, ha sido protagonista en la formación de hidrogeles, procesos de recubrimientos, o bien, procesos de encapsulación de liberación lenta y/o controlada (Chiaregato & Faez, 2021; Ibrahim et al., 2019; Junlapong et al., 2020; Salimi et al., 2020; Sarkar et al., 2021; Savitri et al., 2019; Supare & Mahanwar, 2022; Vudjung & Saengsuwan, 2018; Zafar et al., 2021), puesto que la adición de almidón en los procesos de liberación lenta podría tener ventajas prometedoras como i) reducción del costo de producción, ii) mejora de la propiedad de biodegradación, iii) promoción del crecimiento de las plantas y iv) desarrollo de métodos sostenibles y ecológicos (Salimi et al., 2020). Por ejemplo, Vudjung et al., 2018 desarrolló hidrogeles biodegradables de red polimérica interpenetrante (IPN) basados en caucho natural prevulcanizado (NR) y almidón de yuca (St) utilizando azufre (S) y glutaraldehído (GA) como reticulantes en forma de solución como membrana de recubrimiento para fertilizantes nitrogenados de liberación lenta. Como resultados de esta investigación, se encontró que la fracción soluble, el hinchamiento del agua y la permeabilidad al agua del hidrogel IPN NR/St aumentaron con la proporción de St, mientras que la fracción de gel disminuyó. La biodegradación del hidrogel IPN NR/St mejoró significativamente con el aumento del contenido de St. El IPN NR/St óptimo fue 70:30. La liberación de urea del material W-IPN-CUB podría prolongarse hasta 24 días en comparación con la UB nativa (3 días) (Vudjung & Saengsuwan, 2018).

En otro estudio realizado por Savitri et al., 2019 se estudió el comportamiento de liberación controlada de fósforo recubierto con material a base de almidón-quitosano mediante la técnica de pulverización. En dicha investigación se encontró que la absorción de agua del fertilizante recubierto era mayor respecto al fertilizante convencional sin recubrimiento. Además, la condición óptima del recubrimiento a base de almidón-quitosano fue de 30:70 y 2 % del porcentaje de almidón. Por otro lado, el microscopio electrónico de barrido (SEM) mostró que cuanto mayor era el contenido de quitosano, mayor era la capacidad de absorción de agua (Savitri et al., 2019).

Otro estudio que involucra al almidón fue desarrollado por Junlapong et al., 2020, el cual sintetizó hidrogeles superabsorbentes a base de poliacrilamida (PAM) y almidón de yuca (CS), utilizando el método de polimerización radical. En este estudio, se observó el injerto exitoso del PAM en el almidón gracias a los espectros FTIR. Además, las micrografías SEM revelaron una estructura porosa interconectada que exhibió una red de poros más densa y una disminución en el tamaño de los poros a medida que aumentaba la cantidad de CS. Como resultado más relevante de este estudio, se encontró que el hidrogel que contenía 50 % en peso de CS (CS50) mostró una excelente absorción de agua de > 8000 %, que fue mucho mayor respecto al hidrogel CS0 (PAM puro). Este hidrogel CS50 eliminó > 85 % de azul de metileno (MB) en 50 % de MB en solución. Además, se degradó en un 80 % en 30 días, mientras que el PAM puro solo se degradó en un 22 % (Junlapong et al., 2020).

En otra investigación llevada a cabo por Chiaregato et al., 2021, se desarrollaron microesferas de almidón (CS) con diferentes micronutrientes (Cu, Fe, Mn), utilizando la técnica spray-drying con el fin de disminuir la pérdida de dichos micronutrientes. En este estudio se encontró que la liberación del micronutriente presentó una forma bifásica de ráfaga, liberando el 55 % de Mn, 70 % de Cu y 91 % de Fe, con una cinética de liberación regida principalmente por el modelo Peppas-Sahlin (ajustado a todos los materiales). Además, la liberación ocurrió más lentamente cuando tuvo lugar el hinchamiento por relajación de la cadena polimérica. Así, las microesferas elaboradas permitieron reducir la pérdida de micronutrientes (Chiaregato & Faez, 2021).

Asimismo, Zafar et al., 2021 preparó muestras de urea encapsulada mediante un recubridor/granulador de lecho fluidizado. Para tal recubrimiento de los gránulos de urea, se utilizó el almidón y alcohol polivinílico (PVA) en combinación con ácido acrílico (AA), ácido cítrico (CA) y ácido maleico (MA). Dentro de los resultados obtenidos en este estudio, se encontró que tanto el análisis morfológico (SEM) como la técnica XRD indicaron que se produjo un nuevo recubrimiento uniforme sin nueva transformación de fase. Además, todas las muestras de urea recubiertas mejoraron el rendimiento del follaje de las plantas de espinaca, el contenido de clorofila, la absorción de N y la recuperación aparente de nitrógeno (ANR) respecto a la urea no recubierta y las plantas de control. Sin embargo, USP-A2 y USP-C2 mostraron resultados muy satisfactorios respecto a las demás ya que obtuvieron mayores resistencias de trituración: 12.08 y 13.67 N con una eficiencia de liberación de nitrógeno de 70.10 y 50.74 % respectivamente (Zafar et al., 2021).

Recientemente, Supare & Mahanwar (2022) prepararon hidrogeles de base biológica (almidón y quitosano)

cargados de herbicidas para estudiar el mecanismo de liberación. Como resultado de este trabajo, se encontró que el análisis termogravimétrico proporcionó información valiosa acerca de la estabilidad térmica de los hidrogeles obtenidos. Asimismo, se realizó calorimetría diferencial de barrido con el fin de conocer la liberación inicial de agua atrapada en la matriz de hidrogel y relacionar las estructuras con la velocidad de liberación. Además, la morfología de los hidrogeles por SEM, permitió establecer la relación con las estructuras de hidrogel correspondientes. Por último, se evaluó el grado de hinchazón del equilibrio, la dinámica de liberación de atrazina y el mecanismo de difusión. La hinchazón afectó significativamente el comportamiento de liberación, y los hidrogeles preparados con glicoxal mostraron la tasa de liberación más baja de atrazina, alcanzando la vitalidad de liberación de 500 h (Supare & Mahanwar, 2022).

1.2. LÍQUIDO DE LA CÁSCARA DE NUEZ DEL ANACARDO

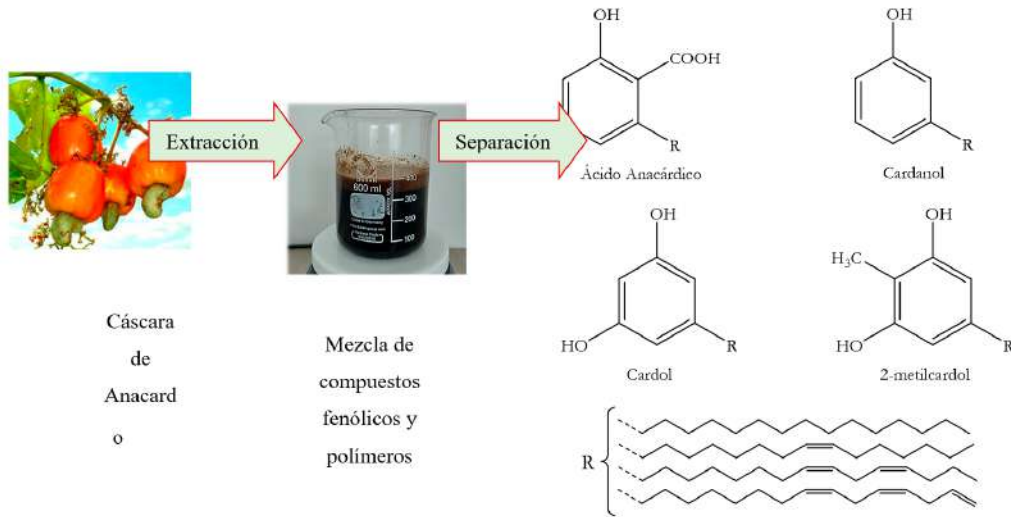
1.2.1. GENERALIDADES DEL LÍQUIDO DE LA CÁSCARA DE NUEZ DEL ANACARDO

El anacardo (*Anacardium occidentale* L.) es una de las especies más conocidas de la familia Anacardiaceae, es una planta con beneficios versátiles nativa del norte de Brasil y de la región de Guayanas; sin embargo, ahora se cultiva extensamente en India, Vietnam, Mozambique, República de Madagascar, Tanzania, Filipinas y otros países tropicales; tanto así que se ha convertido entre los cultivos agroindustriales más importantes en India, Brasil, Vietnam y países africanos (Buono et al., 2018; Koteich Khatib et al., 2020; Kyei et al., 2019; Preethi et al., 2021; Sharma et al., 2020).

Durante el procesamiento del anacardo se produce un aceite viscoso de color marrón rojizo llamado líquido de la cáscara del anacardo (CNSL, por sus siglas en inglés) (Preethi et al., 2021), el cual constituye alrededor de un tercio (1/3) de la masa total del anacardo. Recientemente, este subproducto renovable se ha convertido en una de las principales fuentes económicas de fenoles naturales, ya que es considerado como una materia prima versátil y valiosa para la producción de polímeros (Balgude & Sabnis, 2014; Mwakalesi & Potter, 2021).

El CNSL puede ser extraído por diferentes mecanismos como proceso de aceite caliente, extracción con solventes o mecánica, procesos con fluidos supercríticos y destilación al vacío (Nambela et al., 2022; Rwahwire et al., 2018). Dependiendo del método de extracción utilizado, la composición del CNSL se ve afectada; por ejemplo, cuando se usa la extracción con solventes (sin calentamiento), el CNSL es llamado natural (CNSLn) y este consiste en una mezcla de compuestos fenólicos a base de ácido anacárdico (ácido 6-pentadecenil salicílico), cardanol (3-pentadecenil fenol), cardol (5-pentadecenil resorcinol), y 2-metilcardol (2-metil-5-pentadecenil resorcinol), ver Figura 2, siendo el ácido anacárdico el compuesto mayoritario con un 60-65 %, aproximadamente. En cambio, cuando se utiliza extracción por calentamiento, el CNSL es considerado técnico (CNSL_t) y sus componentes principales son el cardanol, cardol y 2-metilcardol, siendo el primero de ellos, el compuesto mayoritario con un 60-65 %, aproximadamente, ya que el ácido anacárdico sufre una descarboxilación, lo que conduce a la formación del cardanol (Morais et al., 2017; Sharma et al., 2020; Vasconcelos et al., 2021).

Figura 2. Estructura química de los compuestos del CNSL



Nota. Elaboración propia por parte de los autores (2023).

En la Figura 2 se muestran las estructuras de los compuestos del CNSL, los cuales presentan largas cadenas laterales alquílicas que difieren en el grado de insaturación. Por consiguiente, pueden ser saturado (C15:0), monoinsaturado (C15:1), diinsaturado (C15:2) y triinsaturado (C15:3). Además, la presencia de estas cadenas laterales proporciona un carácter hidrofóbico a dichos compuestos. Ahora, teniendo en cuenta la estructura de estos compuestos fenólicos, se pueden generar una gran variedad de reacciones químicas, siendo algunas de ellas hidrogenación, halogenación, nitración, sulfonación, esterificación, epoxidación y eterificación, lo cual permite dar lugar a varios productos industriales (Ike et al., 2021).

Por lo anterior, el CNSL ha logrado tener auge en temas relacionados con la fabricación de materiales biopoliméricos, gracias a la riqueza en sustancias fenólicas naturales, las cuales poseen ciertas propiedades que hacen del aceite una especie atractiva para la ciencia (Araujo et al., 2021; Balgude & Sabnis, 2014; Kyei et al., 2020; Mwakalesi & Potter, 2021; Philip et al., 2008; Preethi et al., 2021; Remya et al., 2016).

1.2.2. OBTENCIÓN Y RECOLECCIÓN DE LA MATERIA PRIMA

En el corregimiento Pisa Bonito del municipio de Chinú, Córdoba - Colombia, se encuentra una agroindustria dedicada a la producción, transformación y comercialización de productos derivados del fruto del anacardo, llamada Asociación de Productores de Marañón de la Sabana, ASOPROMARSAB. Los residuos que se originan en este lugar, no cuentan con un tratamiento adecuado, de manera que son acumulados en cierta parte del suelo, como consecuencia, provocan afecciones en la salud humana y animal, así mismo, daños indeseables en el medio ambiente, ver Figura 3.

Figura 3. Residuos de la cáscara de nuez del anacardo



Nota. Elaboración propia por parte de los autores (2023).

Con el fin de mitigar el impacto que generan estos “residuos”, se ha logrado crear una articulación con ASOPROMARSAB en términos de recolección y aprovechamiento de la cáscara de nuez del anacardo, con el propósito de obtener el aceite y así sintetizar nuevos materiales biopoliméricos con cierto valor agregado.

El término “residuo” no solo se puede interpretar como un desecho no aprovechable, por el contrario, puede utilizarse como punto de partida para la formación de nuevos materiales que probablemente logren cierto impacto en la agroindustria y en otros campos de la ciencia, este hecho está fundamentado en la economía circular.

1.3. BIODEGRADABILIDAD

La biodegradación es el proceso de descomposición de largas cadenas de biopolímeros en pequeñas unidades químicas (monómeros, dímeros y otros), las cuales son fácilmente asimilados por los microorganismos, o bien, degradados por medio de actividad enzimática (Zoungnan et al., 2020).

¿Por qué los biopolímeros se biodegradan? Esta puede deberse a la presencia de microorganismos, los cuales pueden hidrolizar el biocompuesto hasta llevarlo a azúcares de baja masa molecular como monómeros, dímeros, oligómeros, con la finalidad de metabolizarlo y aprovecharlo como fuente energética.

Otra explicación puede atribuirse a factores ambientales como la humedad del suelo, pH y temperatura de entierro que, sin lugar a duda, pueden favorecer o desfavorecer este proceso. También puede ser debido a la actividad de enzimas microbiana (Silva et al., 2016; Salimi et al., 2020; Zoungnan et al., 2020).

En síntesis, la disminución de la masa durante la biodegradación puede atribuirse a la descomposición microbiana de la cadena molecular, actividad enzimática, reacciones complejas, como oxidación e hidrólisis.

Anteriormente, se había mencionado que el almidón ha participado en innumerables investigaciones, principalmente, en temas relacionados con producción de hidrogeles y en procesos de recubrimiento. Sin embargo, el carácter hidrofílico del almidón lo hace vulnerable frente a factores como la temperatura y humedad, puesto que ocasionan una baja estabilidad y aumentan el proceso de degradación a las biopelículas. Por esta razón, existe la necesidad de incorporar un nuevo componente que permita disminuir este inconveniente.

Un buen candidato es el CNSL, ya que posee una serie de compuestos fenólicos, los cuales han arrojado resultados muy satisfactorios, gracias a sus propiedades.

En virtud a lo anterior, el propósito de esta investigación es estudiar el proceso de biodegradabilidad de biopolímeros a base de almidón de yuca (*Manihot esculenta crantz*) con líquido de la cáscara de nuez del anacardo, teniendo en cuenta la composición y pH del biopolímero.

2. MÉTODO

El método implementado para llevar a cabo esta investigación, está dividido en tres partes a saber. Primero se mencionará el procedimiento de extracción de los principales componentes que integran el biopolímero sintetizado, luego se hará mención al proceso sintético de los biopolímeros a base de almidón y CNSL. Por último, se describirá el proceso de biodegradabilidad de los biopolímeros en un suelo simulado.

2.1. EXTRACCIÓN DE LOS PRINCIPALES COMPONENTES DEL BIOPOLÍMERO

Los principales componentes que integran los biopolímeros sintetizados son: almidón y CNSL. Estos pueden ser extraídos por diferentes procesos, tal como se había mencionado. A continuación, se detallan los métodos utilizados para lograr la extracción de estos componentes.

2.1.1. ALMIDÓN

El almidón es un biopolímero que puede obtenerse de diversas fuentes vegetales como la yuca, ñame, papa, arroz, maíz, aguacate, trigo, entre otras. En esta investigación, se empleó un proceso convencional para la extracción del almidón de la yuca (*Manihot esculenta crantz*), el cual consiste en lo siguiente: en primer lugar, se lavó la yuca con abundante agua para eliminar impurezas, seguidamente fueron peladas (100 g de tubérculos de yuca), fragmentadas y licuadas con 200 ml de H₂O destilada. Luego, utilizando una tela de muselina, se filtró y se obtuvo un residuo y un filtrado. Este último, se lavó con 100 ml de H₂O destilada, por triplicado y, posteriormente, se decantó por 24 h. Transcurrido este tiempo, se descartó el sobrenadante y el precipitado obtenido fue recolectado y secado a 50 °C, por 24 h. Por último, se maceraron los cristales y con la ayuda de un tamiz de malla 60 µm, se tamizó hasta obtener un polvo fino de color blanco, almidón. Cabe mencionar que dicho almidón fue caracterizado por espectroscopía infrarroja con Transformada de Fourier (FTIR). La Figura 4 muestra el diagrama de flujo del proceso de extracción del almidón de yuca (A. Arrieta et al., 2022).

Figura 4. Diagrama de flujo para la extracción del almidón a partir de la yuca



Nota. Elaboración propia por parte de los autores (2023).

2.1.2. LÍQUIDO DE LA CÁSCARA DE NUEZ DEL ANACARDO (CNSL)

El CNSL puede ser extraído por diversos mecanismos, dentro de ellos tenemos la extracción mecánica o con solventes, proceso de aceite caliente, destilación al vacío y procesos de fluidos supercríticos (Edoga et al., 2006; Koteich-Khatib et al., 2019; Nambela et al., 2022; Rwahwire et al., 2018; Sharma et al., 2020). En este estudio se utilizó el método mecánico, el cual consistió en lavar el material (1.50 kg de cáscara de nuez) con abundante H₂O, seguidamente fue secado a 30 °C por 2 h, para la eliminación de impurezas. Luego, las cáscaras secas fueron fragmentadas con la ayuda de una licuadora industrial marca JTC. El producto obtenido se introdujo en un molino-prensa, el cual se encarga de realizar fuerza de compresión para obtener el aceite. La Figura 5, muestra el diagrama de flujo del proceso de extracción del CNSL. Es importante hacer mención que, desafortunadamente, el aspecto de la cáscara influye al momento de extraer el aceite, puesto que un mejor proceso de extracción se logra cuando dichas cáscaras están muy frescas.

Figura 5. Diagrama de flujo para la extracción del CNSL



Nota. Elaboración propia por parte de los autores (2023).

2.2. SÍNTESIS DE BIOPOLÍMEROS

La síntesis de las biopelículas se realizó por medio de un proceso termoquímico, el cual consistió en disolver 0.75 g de almidón en 25 ml de H₂O destilada a diferentes pH (3.0, 5.0, 7.0, 9.0, 10.0 y 12.0), manteniendo agitación constante (1500 r.p.m), hasta observar una mezcla homogénea. Luego, la mezcla anterior fue sometida a 70 °C por 15 min (proceso de gelatinización del almidón), pasado este tiempo, se dejó reposar a temperatura ambiente, para adicionar, en su respectivo orden, el resto de componentes: glicerol (Gly, 0.500 g), glutaraldehído (Glu, 0.500 g) y polietilenglicol (PEG, 0.250 g). Así mismo, se adicionó la cantidad de CNSL (0.000, 0.125, 0.250 y 0.500 g), a continuación, se aumentó la temperatura a 70 °C, manteniendo agitación constante (1500 r.p.m.), por 15 min. Las mezclas se depositaron en charolas de politetrafluoroetileno y fueron secadas a 70 °C por 48 h. Posteriormente, las biopelículas se retiraron del recipiente con las debidas precauciones, se dejó reposar a temperatura ambiente y se almacenaron en bolsas ziploc para estudios pertinentes (Arrieta et al., 2021). En la tabla 2, se muestra el diseño experimental para la síntesis de los biopolímeros.

Tabla 2. Diseño experimental para la síntesis de los biopolímeros: almidón + CNSL

ALMIDÓN (0.75 G)					
25 ML DE AGUA					
ENSAYO	CNSL (G)	PH	GLY (G)	GLU (G)	PEG (G)
1	0.000	3.0	0.500	0.500	0.250
2	0.125	3.0	0.500	0.500	0.250
3	0.250	3.0	0.500	0.500	0.250
4	0.500	3.0	0.500	0.500	0.250
5	0.000	5.0	0.500	0.500	0.250
6	0.125	5.0	0.500	0.500	0.250
7	0.250	5.0	0.500	0.500	0.250
8	0.500	5.0	0.500	0.500	0.250
9	0.000	7.0	0.500	0.500	0.250
10	0.125	7.0	0.500	0.500	0.250
11	0.250	7.0	0.500	0.500	0.250
12	0.500	7.0	0.500	0.500	0.250
13	0.000	9.0	0.500	0.500	0.250
14	0.125	9.0	0.500	0.500	0.250
15	0.250	9.0	0.500	0.500	0.250
16	0.500	9.0	0.500	0.500	0.250
17	0.000	10.0	0.500	0.500	0.250
18	0.125	10.0	0.500	0.500	0.250
19	0.250	10.0	0.500	0.500	0.250
20	0.500	10.0	0.500	0.500	0.250
21	0.000	12.0	0.500	0.500	0.250
22	0.125	12.0	0.500	0.500	0.250
23	0.250	12.0	0.500	0.500	0.250
24	0.500	12.0	0.500	0.500	0.250

Nota. Elaboración propia por parte de los autores (2023).

2.3. CARACTERIZACIÓN ESPECTROSCÓPICA

El almidón extraído de la yuca, el aceite extraído de la cáscara de la nuez del anacardo y los biopolímeros sintetizados fueron caracterizados por espectroscopía infrarroja con Transformada de Fourier (FTIR), utilizando un Spectrum Two FT-IR Spectrometer con accesorios de reflectancia total atenuada (ATR) de la marca PerkinElmer. Los espectros se registraron en el intervalo de 450 y 4000 cm^{-1} con una resolución de 4 cm^{-1} por 100 exploraciones. Los espectros IR de las diversas muestras se registraron, normalizaron y corrigieron con el aire de fondo.

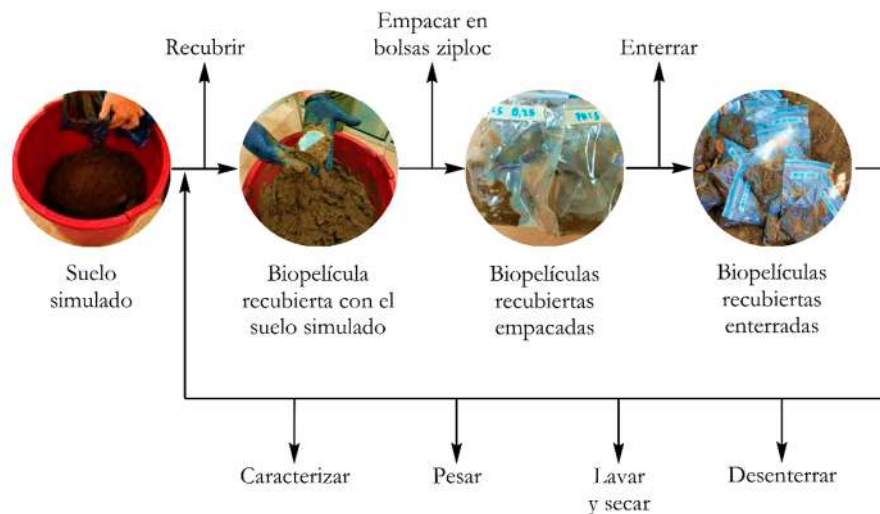
2.4. PROCESO DE BIODEGRADABILIDAD

El proceso de biodegradabilidad de los biopolímeros se estudió sometiendo las diferentes muestras a un suelo simulado. Para ello, se implementó el siguiente procedimiento: primeramente, se preparó un suelo simulado compuesto por un 23 % de materia orgánica (estiércol de vaca), 23 % limo-limoso, 23 % de arena y 31 % de agua (todos en masa/masa). Luego, cada una de las muestras fueron recubiertas con dicho suelo y empacadas en bolsas ziploc que estaban previamente agujeradas. Posterior a ello, se enterraron en el suelo a una profundidad de 10 cm a 25 ± 3 °C, aproximadamente. La biodegradación fue controlada cada 3 días, de manera que las muestras se liberaron del suelo, se lavaron con abundante agua destilada y se secaron a 30 °C por 24 horas. Pasado este tiempo, se determinó la masa de las muestras, con el fin de calcular la variación de masa y con ello, el porcentaje de degradación, utilizando la ecuación 1 (A. L. Da Silva et al., 2016; Salimi et al., 2020), asimismo, las biopelículas fueron caracterizadas por espectroscopía FTIR, y nuevamente se incorporan al suelo. Este procedimiento se llevó a cabo hasta obtener una degradación completa de dichas biopelículas. En la Figura 6, se muestra la representación esquemática del proceso de biodegradabilidad en suelo simulado.

$$\text{Degradación (\%)} = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100 \%$$

Donde w_i y w_f son las masas de las biopelículas antes y después de la degradación, respectivamente.

Figura 6. Representación esquemática del proceso de biodegradabilidad en suelo simulado



Nota. Elaboración propia por parte de los autores (2023).

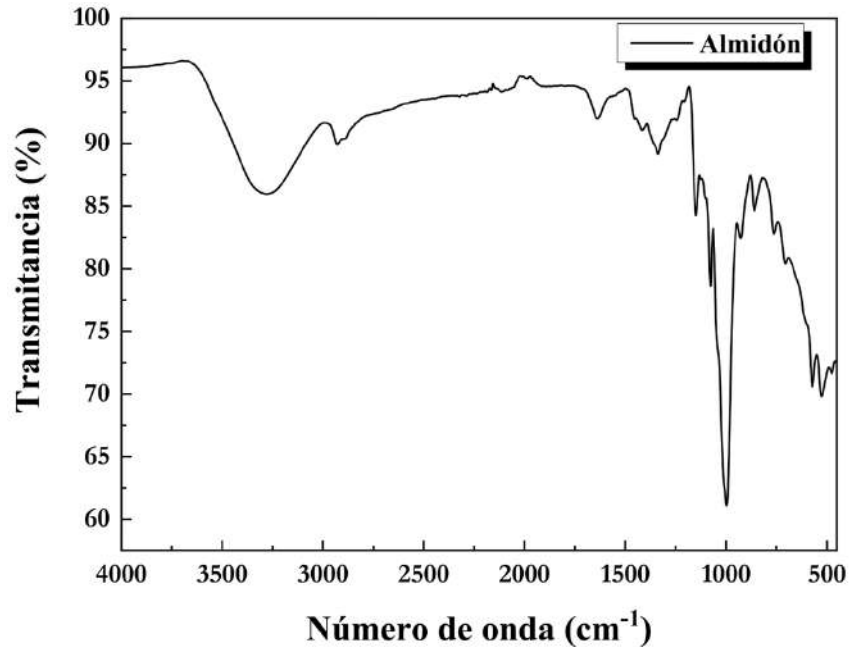
3. RESULTADOS

3.1. EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS COMPONENTES

3.1.1. ALMIDÓN

El almidón fue sintetizado a partir de la yuca (*Manihot esculenta crantz*), utilizando el método de extracción convencional descrito en la sección 2.1.1., con el fin de fabricar nuevos biopolímeros con valor agregado. A partir de este procedimiento se obtuvo un rendimiento del 19.11 %, aproximadamente. Luego de la extracción, el almidón fue caracterizado por espectroscopía de infrarrojo con Transformada de Fourier, tal como se evidencia en la Figura 7.

Figura 7. Espectro FTIR del almidón extraído de la yuca

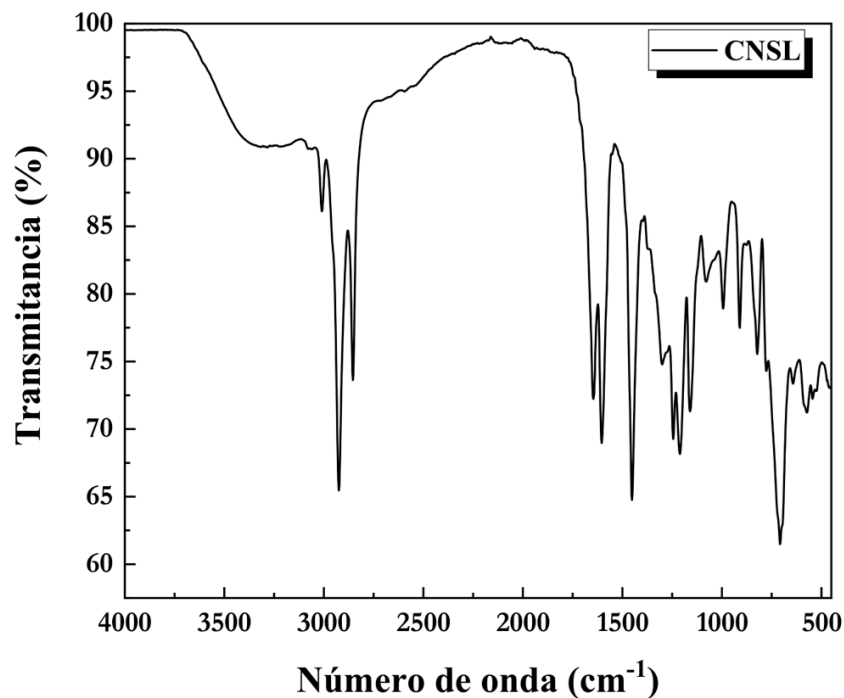


Nota. Elaboración propia por parte de los autores (2023).

3.1.2. LÍQUIDO DE LA CÁSCARA DE NUEZ DEL ANACARDO

El aceite fue sintetizado a partir de la cáscara de nuez del anacardo, utilizando el método de extracción mecánico descrito en la sección 2.1.2., con el fin de fabricar nuevos biopolímeros con el almidón previamente extraído. A partir de este procedimiento se obtuvo un rendimiento del 68.49 %, aproximadamente, puesto que a partir de 7.3 kg de cáscara triturada se obtuvo 5.0 L de aceite. Luego de la extracción, el CNSL fue caracterizado por espectroscopía de infrarrojo con Transformada de Fourier, tal como se evidencia en la Figura 8.

Figura 8. Espectro FTIR del CNSL extraído de la cáscara de la nuez del anacardo






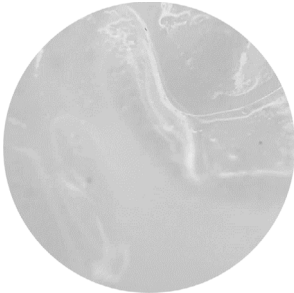



Nota. Elaboración propia por parte de los autores (2023).




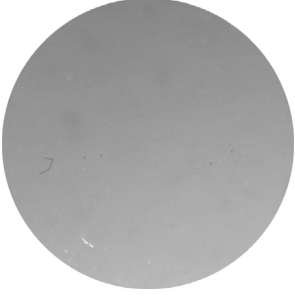



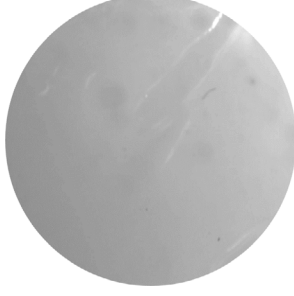




3.2. SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE BIOPOLÍMEROS

Los biopolímeros a base de almidón de yuca (*Manihot Esculenta Crantz*) con líquido de la cáscara de nuez del anacardo fueron sintetizados por medio del procedimiento descrito en la sección 2.2. En la Tabla 2, se muestran los biopolímeros elaborados con almidón y CNSL a diferentes pH y concentración del aceite. En esta se observa que con el aumento de la concentración del CNSL en el biopolímero, este adquiere una tonalidad más oscura y aceitosa. Además, mejora la consistencia de la biopelícula. Ahora, con el aumento del pH, no se logra observar diferencias en cuanto a la apariencia del biopolímero, no obstante, este hecho sí influye en el proceso de biodegradabilidad que se discutirá en la sección 4.1.3.

En la Figura 9, se muestra un esquema de las posibles interacciones químicas entre las moléculas del almidón con los derivados del CNSL, recordar que este aceite es una mezcla de cuatro compuestos fenólicos. A partir de esta figura se observa la formación de enlaces de hidrógeno, puesto que el átomo de hidrógeno está enlazado a un átomo fuertemente electronegativo como el oxígeno. Este hecho provee la fuerza intermolecular que mantiene unidas ambas moléculas, dando así, una estabilidad estructural al biopolímero formado (A. A. Arrieta et al., 2022).

Tabla 3. Biopolímeros de almidón con CNSL, a varias concentraciones del aceite y a diferentes pH

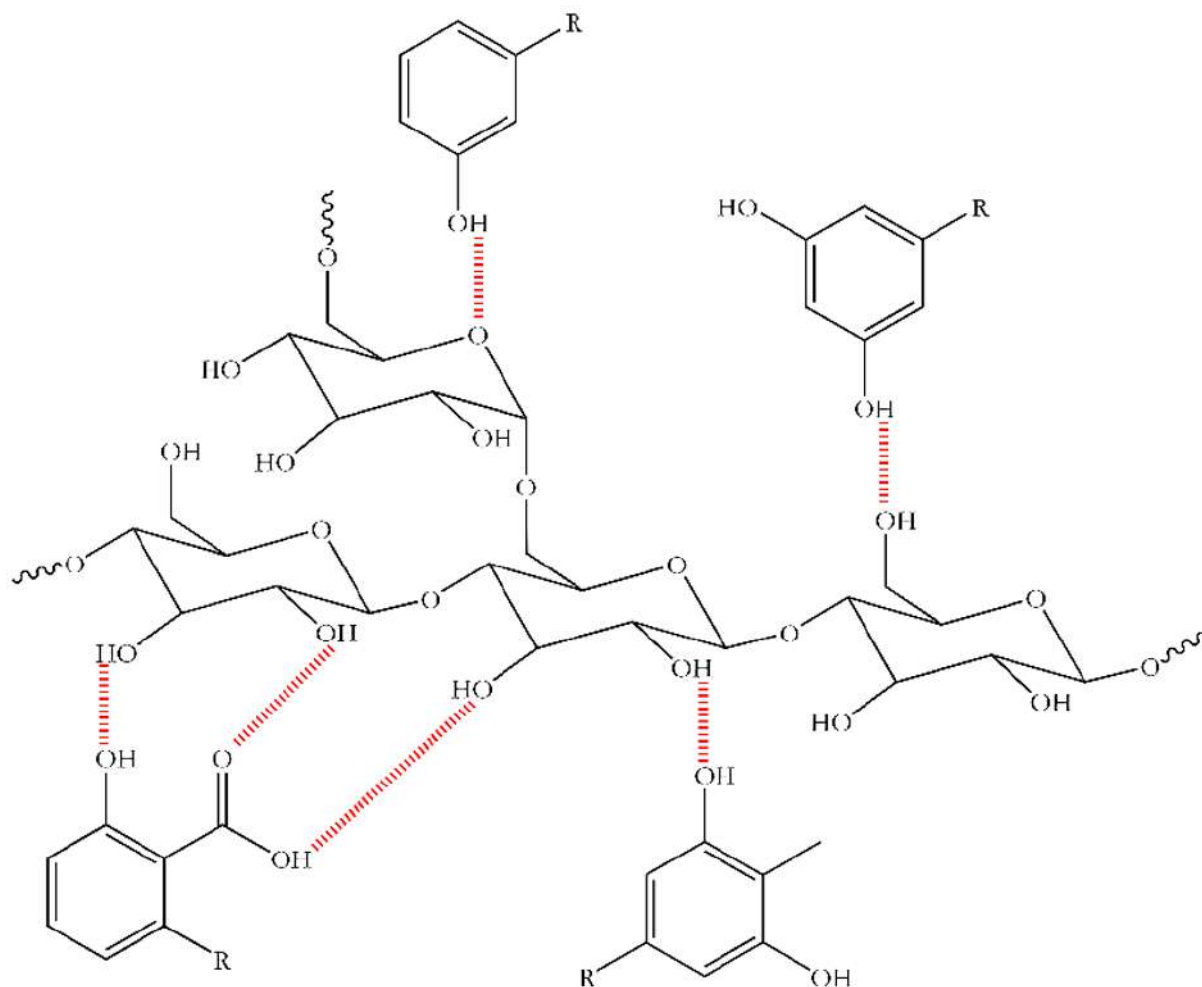
 <p>Almidón + CNSL (0.000 g), pH 3.0</p>	 <p>Almidón + CNSL (0.125 g), pH 3.0</p>	 <p>Almidón + CNSL (0.250 g), pH 3.0</p>
 <p>Almidón + CNSL (0.500 g), pH 3.0</p>	 <p>Almidón + CNSL (0.000 g), pH 5.0</p>	 <p>Almidón + CNSL (0.125 g), pH 5.0</p>
 <p>Almidón + CNSL (0.250 g), pH 5.0</p>	 <p>Almidón + CNSL (0.500 g), pH 5.0</p>	 <p>Almidón + CNSL (0.000 g), pH 7.0</p>

 <p>Almidón + CNSL (0.125 g), pH 7.0</p>	 <p>Almidón + CNSL (0.250 g), pH 7.0</p>	 <p>Almidón + CNSL (0.500 g), pH 7.0</p>
 <p>Almidón + CNSL (0.000 g), pH 9.0</p>	 <p>Almidón + CNSL (0.125 g), pH 9.0</p>	 <p>Almidón + CNSL (0.250 g), pH 9.0</p>
 <p>Almidón + CNSL (0.500 g), pH 9.0</p>	 <p>Almidón + CNSL (0.000 g), pH 10.0</p>	 <p>Almidón + CNSL (0.125 g), pH 10.0</p>
 <p>Almidón + CNSL (0.250 g), pH 10.0</p>	 <p>Almidón + CNSL (0.500 g), pH 10.0</p>	 <p>Almidón + CNSL (0.000 g), pH 12.0</p>



Nota. Elaboración propia por parte de los autores (2023).

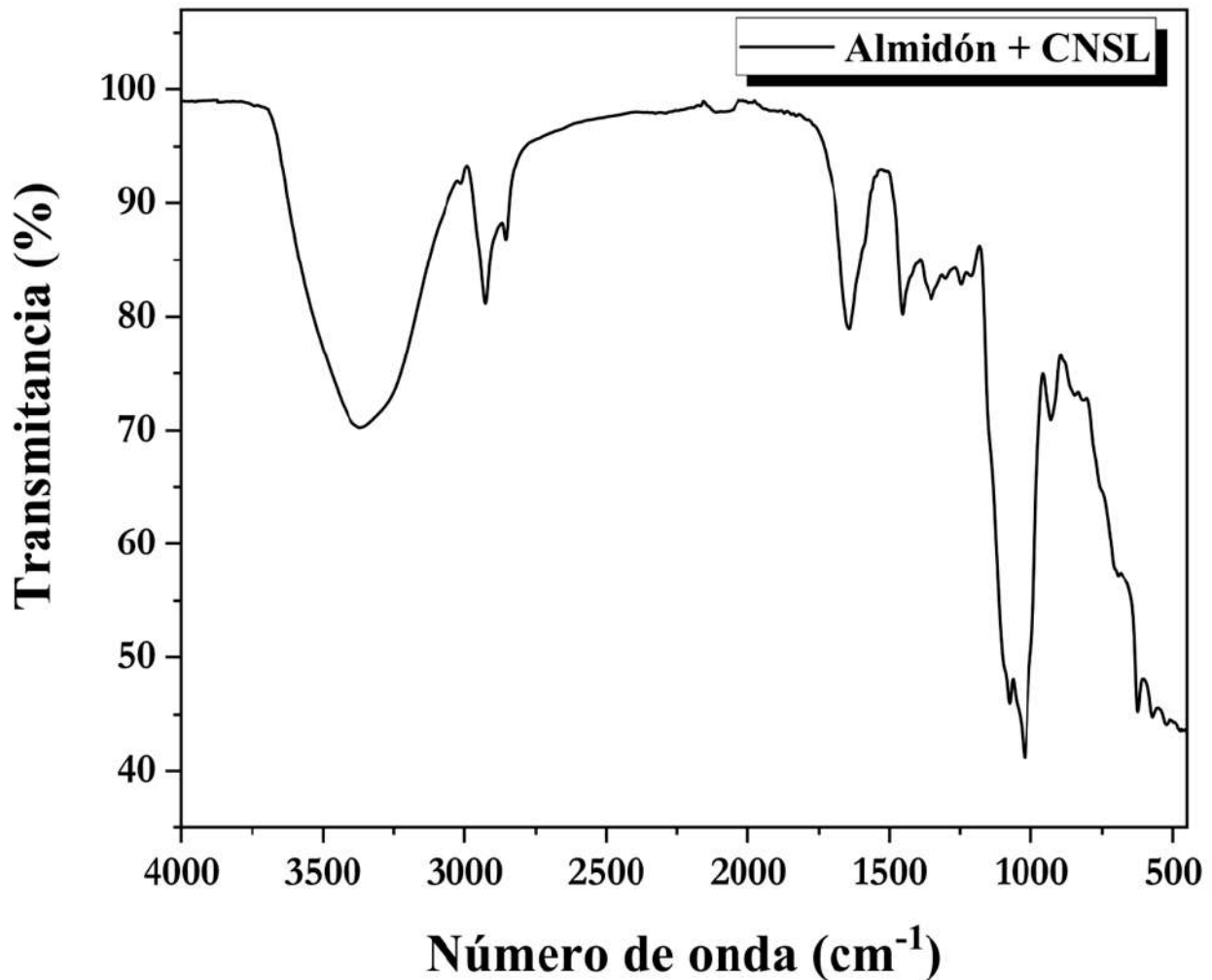
Figura 9. Representación esquemática de los enlaces de hidrógeno formados entre el almidón y derivados del CNSL



Nota. Elaboración propia por parte de los autores (2023).

Por otro lado, los biopolímeros sintetizados con almidón y CNSL pueden ser caracterizado por diferentes técnicas espectroscópicas como la espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR), resonancia magnética nuclear protónica y de carbono 13 (RMN ^1H y RMN ^{13}C), espectroscopía ultravioleta-visible (UV-Vis), entre otras. En este trabajo, los biopolímeros fueron caracterizados por espectroscopía FTIR, la cual permite determinar las posibles interacciones y vibraciones moleculares entre el almidón y CNSL. Por tanto, en la Figura 10, se muestra el espectro FTIR del biopolímero almidón + CNSL (0.500 g) a pH 7.0.

Figura 10. Espectro FTIR del biopolímero almidón + CNSL (0.500 g) a pH 7.0



Nota. Elaboración propia por parte de los autores (2023).

3.3. PROCESO DE BIODEGRADABILIDAD

Se desarrolló el proceso de biodegradabilidad a los biopolímeros sintetizados a base de almidón y CNSL, tal como se describió en la sección 2.4.

En las Tablas 4 y 5 se muestran los resultados obtenidos en el proceso de biodegradabilidad y el porcentaje de degradación, calculado por medio de la ecuación 1 de los biopolímeros formados por almidón y CNSL, a partir de ellas se observa la disminución de la masa de dichos biopolímeros durante el proceso. Por ejemplo, al sexto día, los materiales biopoliméricos formados por almidón + CNSL (0.000 g) a pH 5, almidón + CNSL (0.125 g) a pH 3 y 5, almidón + CNSL (0.250 g) a pH 5, y almidón + CNSL (0.500 g) a pH 7, mostraron un proceso de biodegradación muy acelerado, a tal punto de degradarse por completo. En cambio, los biopolímeros a base de almidón + CNSL (0.000 g) a pH 7 y 9, almidón + CNSL (0.125 g) a pH 10, almidón + CNSL (0.250 g) a pH 3 y 7, y almidón + CNSL (0.500 g) a pH 3, revelaron un proceso de biodegradación moderado, puesto que se degradaron por completo al noveno día.

El resto de biopolímeros se degradaron aún más lento respecto a los mencionados, esto es al doceavo día, con excepción del biopolímero compuesto de almidón + CNSL (0.500 g) a pH 12, ya que este último se degradó al quinceavo día.

Es importante anotar que a medida que aumenta la cantidad de CNSL en el biopolímero, el tiempo de degradación es más prolongado, o bien, existe una mejora significativa de la biodegradabilidad del biocompuesto respecto a aquellos en donde el CNSL está ausente.

De esta manera, las propiedades fenólicas del CNSL son aceptables al momento de elaborar dichos polímeros, tal como se había pronosticado.

Tabla 4. Proceso de biodegradabilidad del biopolímero a base de almidón con CNSL

BIOPOLÍMERO DE ALMIDÓN + CNSL							
CNSL EN EL BIOPOLÍMERO (G)	PROCESO DE BIODEGRADABILIDAD (DÍAS)						
	PH	0	3	6	9	12	15
		MASA DEL BIOPOLÍMERO (G)					
0.000	3	0.9800	0.2650	0.0900	0.0180	B	
	5	0.9500	0.4700	B			
	7	0.8600	0.3100	0.0212	B		
	9	0.8100	0.3700	0.0320	B		
	10	0.9900	0.5000	0.0960	0.0040	B	
	12	0.8800	0.7000	0.0840	0.0180	B	
0.125	3	0.8800	0.6500	B			
	5	0.8800	0.5700	B			
	7	1.1800	0.3600	0.0630	0.0064	B	
	9	1.2500	0.6100	0.2650	0.1292	B	
	10	0.8800	0.2100	0.0630	B		
	12	1.2100	0.4500	0.1470	0.0670	B	
0.250	3	1.0200	0.4400	0.0530	B		
	5	0.8400	0.4700	B			
	7	0.8600	0.5700	0.0300	B		
	9	1.0800	0.5500	0.2250	0.0522	B	
	10	1.0000	0.3000	0.0700	0.0160	B	
	12	1.4500	0.6500	0.2630	0.1070	B	
0.500	3	0.9900	0.4400	0.0470	B		
	5	0.9900	0.6600	0.0350	0.0020	B	
	7	0.9100	0.4800	B			
	9	1.0300	0.4200	0.0920	0.0091	B	
	10	1.4200	0.6900	0.1800	0.0254	B	
	12	1.6500	0.8200	0.3960	0.3440	0.1770	B

Nota. Elaboración propia por parte de los autores (2023).

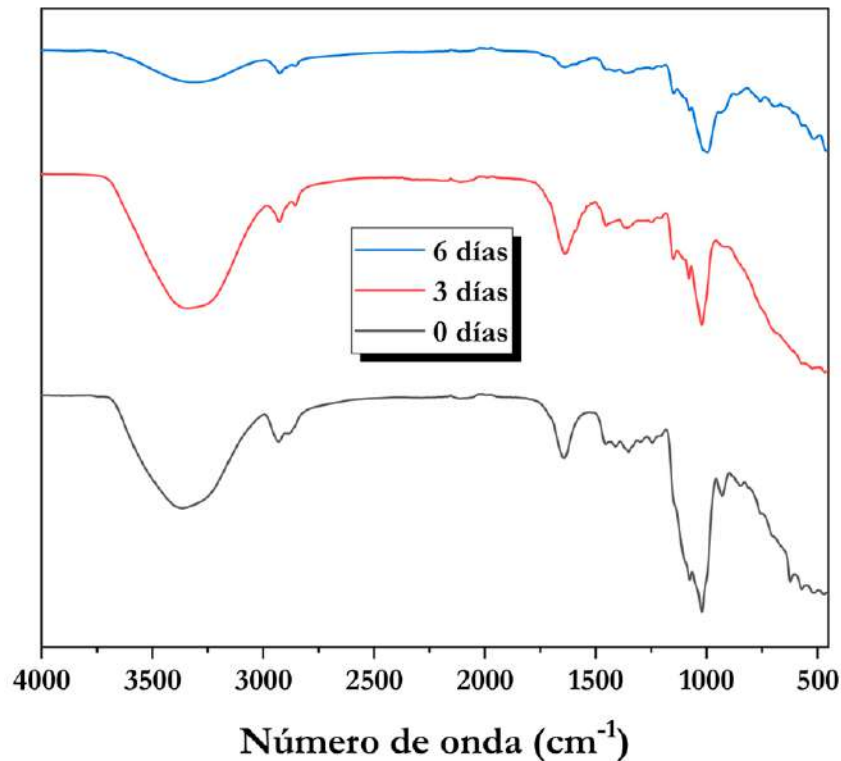
Tabla 5. Porcentaje de degradación del biopolímero a base de almidón con CNSL

BIOPOLÍMERO DE ALMIDÓN + CNSL							
CNSL EN EL BIOPOLÍMERO (G)	PROCESO DE BIODEGRADABILIDAD (DÍAS)						
	PH	0	3	6	9	12	15
		PORCENTAJE DE DEGRADACIÓN (%)					
0.000	3	0.0	73.0	90.8	98.2	100.0	
	5	0.0	50.5	100.0			
	7	0.0	64.0	97.5	100.0		
	9	0.0	54.3	96.0	100.0		
	10	0.0	49.5	90.3	99.6	100.0	
	12	0.0	20.5	90.5	98.0	100.0	
0.125	3	0.0	26.1	100.0			
	5	0.0	35.2	100.0			
	7	0.0	69.5	94.7	99.5	100.0	
	9	0.0	51.2	78.8	89.7	100.0	
	10	0.0	76.1	92.8	100.0		
	12	0.0	62.8	87.9	94.5	100.0	
0.250	3	0.0	56.9	94.8	100.0		
	5	0.0	44.0	100.0			
	7	0.0	33.7	96.5	100.0		
	9	0.0	49.1	79.2	95.2	100.0	
	10	0.0	70.0	93.0	98.4	100.0	
	12	0.0	55.2	81.9	92.6	100.0	
0.500	3	0.0	55.6	95.3	100.0		
	5	0.0	33.3	96.5	99.8	100.0	
	7	0.0	47.3	100.0			
	9	0.0	59.2	91.1	99.1	100.0	
	10	0.0	51.4	87.3	98.2	100.0	
	12	0.0	50.3	76.0	79.2	89.3	100.0

Nota. Elaboración propia por parte de los autores (2023).

En adición, en la Figura 11 se evidencia el proceso biodegradable para el biopolímero almidón + CNSL (0.250 g) a pH 7.0, a partir de esta se observa una disminución en las bandas producto de la pérdida de masa del biocompuesto.

Figura 11. Espectro FTIR del proceso de biodegradabilidad para el biopolímero almidón + CNSL (0.250 g) a pH 7.0



Nota. Elaboración propia por parte de los autores (2023).

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. DISCUSIÓN

4.1.1. EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS COMPONENTES

4.1.1.1. ALMIDÓN

En la Figura 7 se muestra el espectro FTIR del almidón extraído de la yuca. Para lograr una mejor interpretación y caracterización de los principales picos, resulta conveniente dividir la región del espectro en cuatro regiones fundamentales, esto es, por debajo de 800 cm^{-1} , 800-1500 cm^{-1} (huella dactilar), 2800-3000 cm^{-1} (tensión C–H), y 3000-3600 cm^{-1} (estiramiento O–H). Por tanto, los picos inferiores a 800 cm^{-1} se deben a las vibraciones del modo esquelético de la glucopiranososa. La banda de absorción a 1149 cm^{-1} se debe a los estiramientos C–O y C–C, y los modos de flexión C–O–H se evidencia por el pico a 1086 cm^{-1} . Asimismo, las bandas vibratorias (flexión y deformación) en la región 1265-1454 cm^{-1} , están relacionadas con los átomos de carbono e hidrógeno (C–H), y el pico a 1338 cm^{-1} se atribuye a los modos de flexión de CH₂. Por último, la caracterización de las tensiones C–H y O–H se evidencian en la región de 2861-2956 cm^{-1} y 3209-3388 cm^{-1} , respectivamente (Kizil et al., 2002).

4.1.1.2. LÍQUIDO DE LA CÁSCARA DE NUEZ DEL ANACARDO

En la Figura 8 se muestra el espectro FTIR del CNSL extraído de la cáscara de la nuez del anacardo. El espectro evidencia las bandas características del aceite, esto es el modo vibracional del enlace O–H fenólico se observa a 3354 cm^{-1} y 1253 cm^{-1} ; el estiramiento C–H (alifático) se extiende en 2852 y 2932 cm^{-1} ; el pico en 3015 cm^{-1} corresponde al enlace C–H (aromático); la tensión a 1609 y 1450 cm^{-1} se debe al enlace C=C presente en el anillo bencénico y en las cadenas laterales; los picos en 995 y 912 cm^{-1} corresponden a las deformaciones angulares olefínicas RHC=CH₂; las tensiones en 776, 716 y 695 cm^{-1} hacen referencia a las deformaciones angulares aromáticas C–H fuera del plano de los anillos meta-disustituídos y las deformaciones angulares aromáticas fuera del plano C–H de los anillos para-disustituídos en 823 y 865 cm^{-1} (Furtado et al., 2019).

4.1.2. SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE BIOPOLÍMEROS

En la Figura 10 se muestra el espectro FTIR del proceso de biodegradabilidad para el biopolímero almidón + CNSL (0.500 g) a pH 12.0. A partir de esta figura se observan los picos característicos del almidón y CNSL en el biopolímero, esto es las vibraciones de los enlaces C–H (alifáticos) y O–H, se evidencian en la región de 2852 cm^{-1} y 3200-3400 cm^{-1} , respectivamente. Asimismo, la señal a 3010 cm^{-1} se debe al modo vibracional del enlace C–H presentes en el anillo aromático, los picos a 2925 cm^{-1} y 927

cm⁻¹ representa la vibración del grupo –COOH presente en el ácido anacárdico. La tensión a 1642 cm⁻¹ se debe al enlace C=C presente en el anillo bencénico y los modos de flexión C–O–H se evidencian por los picos en 1027 y 1080 cm⁻¹ (Preethi et al., 2021).

4.1.3. PROCESO DE BIODEGRADABILIDAD

Teniendo en cuenta los resultados mostrados en las Tablas 4 y 5 la principal causa de la biodegradación de los biopolímeros a base de almidón con CNSL puede atribuirse a la actividad microbiana presente en la materia orgánica del suelo. Estos microorganismos hidrolizan el biopolímero hasta convertirlo en azúcares elementales de baja masa molecular (monómeros, dímeros u oligómeros) y metabolizarlo como fuente energética. Este hecho es más notorio a pH ácido, puesto que el pH es un factor favorable para la producción y desarrollo de los microorganismos, por tanto, aquellos biopolímeros a pH ácido presentaron una biodegradabilidad acelerada. En cambio, a pH alcalino el proceso es desfavorable, por tal motivo, la degradación es más prolongada. Otra explicación puede atribuirse a factores ambientales que, sin lugar a duda, pueden favorecer o desfavorecer dicho proceso, por ejemplo, la humedad del suelo, ya que un bajo porcentaje de humedad permite la preservación del biopolímero, en cambio, un alto contenido promueve el crecimiento microbiano y, por ende, acelera el proceso de degradación. Asimismo, la temperatura del suelo es otro factor importante durante la biodegradación, puesto que a bajas temperaturas dicho proceso es favorable, mientras que a altas temperaturas (superiores a 30 °C) provoca una baja biodegradabilidad. Este último resultado puede explicarse gracias al papel destructivo de la temperatura sobre los microorganismos. Por otro lado, el proceso de biodegradación puede ser debido a enzimas microbianas, puesto que el carácter hidrofílico del CNSL podría ocasionar un ataque fácil de las enzimas hacia los grupos oxigenados de las cadenas poliméricas, generando así, moléculas con baja masa molecular como, por ejemplo, monómeros y oligómeros (A. L. Da Silva et al., 2016; Majaron et al., 2020; Salimi et al., 2020; Zoungran et al., 2020).

En síntesis, la pérdida de masa durante la biodegradación puede atribuirse a la descomposición microbiana de la cadena molecular, actividad enzimática, reacciones complejas, como oxidación e hidrólisis.

Por otro lado, la espectroscopía FTIR permite evidenciar el hecho descrito anteriormente. Por ejemplo, en la Figura 11 se muestra el espectro FTIR del proceso de biodegradabilidad para el biopolímero almidón + CNSL (0.250 g) a pH 7.0. A partir de esta figura se observan los picos característicos del almidón y CNSL en el biopolímero, esto es, las vibraciones de los enlaces C–H (alifáticos) y O–H, se evidencian en la región de 2850-2940 cm⁻¹ y 3228-3400 cm⁻¹, respectivamente. Así mismo, la señal a 3008 cm⁻¹ se debe al modo vibracional del enlace C–H presentes en el anillo aromático, los picos a 2922 cm⁻¹ y 928 cm⁻¹ representa la vibración del grupo –COOH presente en el ácido anacárdico. La tensión a 1646 cm⁻¹ se debe al enlace C=C presente en el anillo bencénico y los modos de flexión C–O–H se evidencia por el pico a 1081 cm⁻¹ (Preethi et al., 2021).

Además, el proceso de degradación también puede evidenciarse por la disminución en la intensidad de los picos mostrados en la Figura 11, producto de la acción microbiana mediante enzimas que rompen los enlaces presentes en el biopolímero inicialmente, provocando así, una rápida disminución en la masa molecular del mismo.

En síntesis, se puede decir que el material biopolimérico que presentó el mejor proceso de biodegradabilidad fue aquel formado a partir de almidón con la mayor concentración de CNSL a pH 12.0, ya que dicho polímero logró biodegradarse por completo a los 15 días de haber iniciado el proceso.

4.2. CONCLUSIONES

En este estudio se logró sintetizar biopolímeros a base de almidón de yuca con CNSL extraído de la cáscara de nuez del anacardo, a diferentes pH y cantidades de este último. Se observó que la incorporación del CNSL en el biopolímero mejoró la biodegradabilidad del almidón, puesto que este último, al no estar combinado con otro material, sufre un proceso de descomposición acelerado. Asimismo, el material biopolimérico que presentó el mejor proceso de biodegradabilidad fue aquel formado a partir de almidón con la mayor concentración de CNSL (0.500 g) a pH 12.0, ya que dicho polímero logró biodegradarse por completo a los 15 días de haber iniciado el proceso.

Como futuros trabajos, se espera aprovechar el biopolímero con mayor concentración de CNSL a pH 12 para encapsular fertilizantes (NPK), con el propósito de liberarlos lentamente a los cultivos para que las plantas puedan aprovecharlos al máximo.

Este capítulo es producto del proyecto de investigación “Fortalecimiento de las capacidades en CTel para la generación de biomateriales y su aplicación en sistemas de liberación lenta mediante el encapsulado de fertilizantes a partir de los productos y subproductos de la agroindustria de Córdoba y Sucre” BPIN 2020000100027, del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (Minciencias).



REFERENCIAS



- Araujo, J. T. C. de, Martin-Pastor, M., Pérez, L., Pinazo, A., & Sousa, F. F. O. de. (2021). Development of anacardic acid-loaded zein nanoparticles: Physical chemical characterization, stability and antimicrobial improvement. *Journal of Molecular Liquids*, 332. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2021.115808>
- Araújo, R. G., Rodríguez-Jasso, R. M., Ruiz, H. A., Govea-Salas, M., Rosas-Flores, W., Aguilar-González, M. A., Pintado, M. E., Lopez-Badillo, C., Luevanos, C., & Aguilar, C. N. (2020). Hydrothermal-microwave processing for starch extraction from Mexican avocado seeds: Operational conditions and characterization. *Processes*, 8(7). <https://doi.org/10.3390/pr8070759>
- ARRIETA, A. (2021). Thermal and Electrochemical Properties of Solid Biopolymer Electrolytes From Starch of Different Botanical Origin. *Periódico Tchê Química*, 18(38), 137–148. https://doi.org/10.52571/ptq.v18.n38.2021.10_arrieta_pgs_137_148.pdf
- Arrieta, A. A., Ducuara, J. A., & Combatt, E. M. (2022). Bio-Based Electroactive Composite Biopolymer Films From Cassava Starch / Anacardic Acid. *Rasayan Journal of Chemistry*, 2022(Special Issue), 103–109. <https://doi.org/10.31788/RJC.2022.1558189>
- Arrieta, A., Barrera, I., & Mendoza, J. (2022). Impedantometric Behavior of Solid Biopolymer Electrolyte Elaborated from Cassava Starch Synthesized in Different pH. *International Journal of Technology*, 13(4), 912–920. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v13i4.5612>
- Azmir, J., Zaidul, I. S. M., Rahman, M. M., Sharif, K. M., Mohamed, A., Sahena, F., Jahurul, M. H. A., Ghafoor, K., Norulaini, N. A. N., & Omar, A. K. M. (2013). Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: A review. *Journal of Food Engineering*, 117(4), 426–436. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.01.014>
- Balgude, D., & Sabnis, A. S. (2014). CNSL: An environment friendly alternative for the modern coating industry. *Journal of Coatings Technology and Research*, 11(2), 169–183. <https://doi.org/10.1007/s11998-013-9521-3>
- Buono, P., Duval, A., Avérous, L., & Habibi, Y. (2018). Clicking Biobased Polyphenols: A Sustainable Platform for Aromatic Polymeric Materials. *ChemSusChem*, 11(15), 2472–2491. <https://doi.org/10.1002/cssc.201800595>
- Chemat, F., Rombaut, N., Sicaire, A. G., Meullemiestre, A., Fabiano-Tixier, A. S., & Abert-Vian, M. (2017). Ultrasound assisted extraction of food and natural products. Mechanisms, techniques, combinations, protocols and applications. A review. *Ultrasonics Sonochemistry*, 34, 540–560. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2016.06.035>
- Chemat, F., Zill-E-Huma, & Khan, M. K. (2011). Applications of ultrasound in food technology: Processing, preservation and extraction. *Ultrasonics Sonochemistry*, 18(4), 813–835. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2010.11.023>
- Chen, J., Lü, S., Zhang, Z., Zhao, X., Li, X., Ning, P., & Liu, M. (2018). Environmentally friendly fertilizers: A review of materials used and their effects on the environment. *Science of the Total Environment*, 613–614, 829–839. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.186>
- Chen, J., Wang, Y., Liu, J., & Xu, X. (2020). Preparation, characterization, physicochemical property and potential application of porous starch: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 148, 1169–1181. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.02.055>
- Chiaregato, C. G., & Faez, R. (2021). Micronutrients encapsulation, C by starch as an enhanced efficiency fertilizer. *Carbohydrate Polymers*, 271, 118419. <https://doi.org/10.1016/J.CARBPOL.2021.118419>
- Correia, P. R., & Beirão-Da-Costa, M. L. (2012). Starch isolation from chestnut and acorn flours through alkaline and enzymatic methods. *Food and Bioprocess Processing*, 90(2), 309–316. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2011.06.005>
- Da Silva, A. L., Da Silva, L. R. R., De Andrade Camargo, I., Da Silva Agostini, D. L., Dos Santos Rosa, D., De Oliveira, D. L. V., Fachine, P. B. A., & Mazzetto, S. E. (2016). Cardanol-based thermoset plastic reinforced by sponge gourd fibers (*Luffa cylindrica*). *Polimeros*, 26(1), 21–29. <https://doi.org/10.1590/0104-1428.2276>



REFERENCIAS



- Da Silva, L. R., Piler de Carvalho, C. W., Velasco, J. I., & Fakhouri, F. M. (2020). Extraction and characterization of starches from pigmented rice. *International Journal of Biological Macromolecules*, 156, 485–493. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.04.034>

- Dong, G., Mu, Z., Liu, D., Shang, L., Zhang, W., Gao, Y., Zhao, M., Zhang, X., Chen, S., & Wei, M. (2021). Starch phosphate carbamate hydrogel based slow-release urea formulation with good water retentivity. *International Journal of Biological Macromolecules*, 190(May), 189–197. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.08.234>

- Edoga, M. O., Fadipe, L., & Edoga, R. N. (2006). Extraction of Polyphenols from Cashew Nut Shell. *Leonardo Electronic Journal of Practices and Technologies*, 9(9), 107–112.

- Falade, K. O., & Okafor, C. A. (2015). Physical, functional, and pasting properties of flours from corms of two Cocoyam (*Colocasia esculenta* and *Xanthosoma sagittifolium*) cultivars. *Journal of Food Science and Technology*, 52(6), 3440–3448. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1368-9>

- Furtado, L. B., Nascimento, R. C., Seidl, P. R., Guimarães, M. J. O. C., Costa, L. M., Rocha, J. C., & Ponciano, J. A. C. P. (2019). Eco-friendly corrosion inhibitors based on Cashew nut shell liquid (CNSL) for acidizing fluids. *Journal of Molecular Liquids*, 284, 393–404. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2019.02.083>

- Galanakis, C. M. (2012). Recovery of high added-value components from food wastes: Conventional, emerging technologies and commercialized applications. *Trends in Food Science and Technology*, 26(2), 68–87. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2012.03.003>

- Gautam, N., Garg, S., & Yadav, S. (2021). Underutilized finger millet crop for starch extraction, characterization, and utilization in the development of flexible thin film. *Journal of Food Science and Technology*, 58(11), 4411–4419. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04926-0>

- Ghobashy, M. M. (2019). The application of natural polymer-based hydrogels for agriculture. In *Hydrogels Based on Natural Polymers*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816421-1.00013-6>

- Ibrahim, K. A., Naz, M. Y., Shukrullah, S., Sulaiman, S. A., Ghaffar, A., & AbdEl-Salam, N. M. (2019). Controlling nitrogen pollution via encapsulation of urea fertilizer in cross-linked corn starch. *BioResources*, 14(4), 7775–7789. <https://doi.org/10.15376/biores.14.4.7775-7789>

- Ike, D. C., Ibezim-Ezeani, M. U., & Akaranta, O. (2021). Cashew nutshell liquid and its derivatives in oil field applications: an update. *Green Chemistry Letters and Reviews*, 14(4), 618–631. <https://doi.org/10.1080/17518253.2021.1991485>

- Jiang, Q., Gao, W., Shi, Y., Li, X., Wang, H., Huang, L., & Xiao, P. (2013). Physicochemical properties and in vitro digestion of starches from different Dioscorea plants. *Food Hydrocolloids*, 32(2), 432–439. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.02.001>

- Junlapong, K., Majjan, P., Chaibundit, C., & Chantarak, S. (2020). Effective adsorption of methylene blue by biodegradable superabsorbent cassava starch-based hydrogel. *International Journal of Biological Macromolecules*, 158, 258–264. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.04.247>

- Kala, H. K., Mehta, R., Sen, K. K., Tandey, R., & Mandal, V. (2016). Critical analysis of research trends and issues in microwave assisted extraction of phenolics: Have we really done enough. *TrAC - Trends in Analytical Chemistry*, 85, 140–152. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2016.09.007>

- Kizil, R., Irudayaraj, J., & Seetharaman, K. (2002). Characterization of irradiated starches by using FT-Raman and FTIR spectroscopy. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(14), 3912–3918. <https://doi.org/10.1021/jf011652p>

- Koteich-Khatib, S., Vivas, J., Bahsas, A., Rosales-Oballos, Y., & Bullón, J. (2019). Caracterización por RMN y actividad antibacteriana de los componentes del aceite de la semilla de merrey (*Anacardium occidentale* L.). *Avances En Química*, 14(1), 31–40.



REFERENCIAS



- Koteich Khatib, S., Bullón, J., Vivas, J., Bahsas, A., Rosales-Oballos, Y., Marquez, R., Forgiarini, A., & Salager, J. L. (2020). Synthesis, Characterization, Evaluation of Interfacial Properties and Antibacterial Activities of Dicarboxylate Anacardic Acid Derivatives from Cashew Nut Shell Liquid of *Anacardium occidentale* L. *Journal of Surfactants and Detergents*, 23(3), 503–512. <https://doi.org/10.1002/jsde.12384>
- Kyei, S. K., Akaranta, O., Darko, G., & Chukwu, U. J. (2019). Extraction, Characterization and Application of Cashew Nut Shell Liquid from Cashew Nut Shells. *Chemical Science International Journal*, December 2019, 1–10. <https://doi.org/10.9734/csji/2019/v28i330143>
- Kyei, S. K., Darko, G., & Akaranta, O. (2020). Chemistry and application of emerging ecofriendly antifouling paints: a review. *Journal of Coatings Technology and Research*, 17(2), 315–332. <https://doi.org/10.1007/s11998-019-00294-3>
- Lara-Flores, A. A., Araújo, R. G., Rodríguez-Jasso, R. M., Aguedo, M., Aguilar, C. N., Trajano, H. L., & Ruiz, H. A. (2018). Bioeconomy and Biorefinery: Valorization of Hemicellulose from Lignocellulosic Biomass and Potential Use of Avocado Residues as a Promising Resource of Bioproducts. *Energy, Environment, and Sustainability*, 141–170. https://doi.org/10.1007/978-981-10-7431-8_8
- Majaron, V. F., da Silva, M. G., Bortoletto-Santos, R., Klaic, R., Giroto, A., Guimarães, G. G. F., Polito, W. L., Farinas, C. S., & Ribeiro, C. (2020). Synergy between castor oil polyurethane/starch polymer coating and local acidification by *A. niger* for increasing the efficiency of nitrogen fertilization using urea granules. *Industrial Crops and Products*, 154(November 2019), 112717. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112717>
- Morais, S. M., Silva, K. A., Araujo, H., Vieira, I. G. P., Alves, D. R., Fontenelle, R. O. S., & Silva, A. M. S. (2017). Anacardic acid constituents from cashew nut shell liquid: NMR characterization and the effect of unsaturation on its biological activities. *Pharmaceuticals*, 10(1), 1–10. <https://doi.org/10.3390/ph10010031>
- Mwakalesi, A. J., & Potter, I. D. (2021). Targeting of cationic organic pesticide residues using polymer inclusion membranes containing anacardic acid from cashew nut shell liquid as a green carrier. *Journal of Water Process Engineering*, 43(March), 102222. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2021.102222>
- Nambela, L., Haule, L. V., & Mgani, Q. A. (2022). Anacardic acid isolated from cashew nut shells liquid: A potential precursor for the synthesis of anthraquinone dyes. *Cleaner Chemical Engineering*, 3(May), 100056. <https://doi.org/10.1016/j.clce.2022.100056>
- Philip, J. Y. N., Francisco, J. D. C., Dey, E. S., Buchweishaija, J., Mkyayula, L. L., & Ye, L. (2008). Isolation of anacardic acid from natural cashew nut shell liquid (CNSL) using supercritical carbon dioxide. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(20), 9350–9354. <https://doi.org/10.1021/jf801532a>
- Pires, M. B., Amante, E. R., Lucia de Oliveira Petkowicz, C., Esmerino, E. A., Manoel da Cruz Rodrigues, A., & Meller da Silva, L. H. (2021). Impact of extraction methods and genotypes on the properties of starch from peach palm (*Bactris gasipaes* Kunth) fruits. *Lwt*, 150(May), 111983. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111983>
- Preethi, R., Moses, J. A., & Anandharamakrishnan, C. (2021). Development of anacardic acid incorporated biopolymeric film for active packaging applications. *Food Packaging and Shelf Life*, 28(September 2020), 100656. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2021.100656>
- Qamruzzaman, M., Ahmed, F., & Mondal, M. I. H. (2022). An Overview on Starch-Based Sustainable Hydrogels: Potential Applications and Aspects. In *Journal of Polymers and the Environment* (Vol. 30, Issue 1). Springer US. <https://doi.org/10.1007/s10924-021-02180-9>
- Qiao, D., Liu, H., Yu, L., Bao, X., Simon, G. P., Petinakis, E., & Chen, L. (2016). Preparation and characterization of slow-release fertilizer encapsulated by starch-based superabsorbent polymer. *Carbohydrate Polymers*, 147, 146–154. <https://doi.org/10.1016/J.CARBPOL.2016.04.010>
- Qiao, D., Tu, W., Wang, Z., Yu, L., Zhang, B., Bao, X., Jiang, F., & Lin, Q. (2019). Influence of crosslinker amount on the microstructure and properties of starch-based superabsorbent polymers by one-step preparation at high starch concentration. *International Journal of Biological Macromolecules*, 129, 679–685. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.02.019>



REFERENCIAS



- Rwahwire, S., Tomkova, B., Periyasamy, A. P., & Kale, B. M. (2018). Green thermoset reinforced biocomposites. In *Green Composites for Automotive Applications*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102177-4.00003-3>

- Salgado-Ordosgoitia, R. D., Rodríguez-Manrique, J. A., Cohen-Manrique, C. S., & Mendoza-Ortega, G. P. (2018). Characterization of the techno-functional properties of starch from purple yam (*Dioscorea alata*), Hawthorn yam (*dioscorea rotundata*) and Diamante 22-type yam. *DYNA (Colombia)*, 85(207), 143–152. <https://doi.org/10.15446/dyna.v85n207.72869>

- Salimi, M., Motamedi, E., Motesharezadeh, B., Hosseini, H. M., & Alikhani, H. A. (2020). Starch-g-poly(acrylic acid-co-acrylamide) composites reinforced with natural char nanoparticles toward environmentally benign slow-release urea fertilizers. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 8(3), 103765. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.103765>

- Sarkar, A., Biswas, D. R., Datta, S. C., Dwivedi, B. S., Bhattacharyya, R., Kumar, R., Bandyopadhyay, K. K., Saha, M., Chawla, G., Saha, J. K., & Patra, A. K. (2021). Preparation of novel biodegradable starch/poly(vinyl alcohol)/bentonite grafted polymeric films for fertilizer encapsulation. *Carbohydrate Polymers*, 259(December 2020), 117679. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2021.117679>

- Savitri, E., Purwanto, E., Kodrat, A. N., & Yonathan, E. (2019). Controlled release fertilizer based on starch chitosan encapsulation. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 703(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/703/1/012019>

- Setyaningsih, W., Karmila, Fathimah, R. N., & Cahyanto, M. N. (2021). Process optimization for ultrasound-assisted starch production from cassava (*manihot esculenta crantz*) using response surface methodology. *Agronomy*, 11(1). <https://doi.org/10.3390/agronomy11010117>

- Sharma, P., Gaur, V. K., Sirohi, R., Larroche, C., Kim, S. H., & Pandey, A. (2020). Valorization of cashew nut processing residues for industrial applications. *Industrial Crops and Products*, 152(January), 112550. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112550>

- Silva, G. M. de S., Veloso, C. M., Santos, L. S., Melo Neto, B. A. de, Fontan, R. da C. I., & Bonomo, R. C. F. (2020). Extraction and characterization of native starch obtained from the inhambu tuber. *Journal of Food Science and Technology*, 57(5), 1830–1839. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-04216-4>

- Supare, K., & Mahanwar, P. (2022). Starch-chitosan hydrogels for the controlled-release of herbicide in agricultural applications: a study on the effect of the concentration of raw materials and crosslinkers. *Journal of Polymers and the Environment*, 30(6), 2448-2461. <https://doi.org/10.1007/s10924-022-02379-4>

- Supare, K., & Mahanwar, P. A. (2022). Starch-derived superabsorbent polymers in agriculture applications: an overview. *Polymer Bulletin*, 79(8), 5795–5824. <https://doi.org/10.1007/s00289-021-03842-3>

- Torres, M. D., Fradinho, P., Rodríguez, P., Falqué, E., Santos, V., & Domínguez, H. (2020). Biorefinery concept for discarded potatoes: Recovery of starch and bioactive compounds. *Journal of Food Engineering*, 275(December 2019). <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.109886>

- V., Remya; Deepak, Patil; V., Abitha; Ajay, Rane; Raghvendra, M. (2016). Biobased materials for polyurethane dispersions. *Chemistry International*, 2(3), 158–167. https://scholar.google.co.in/citations?view_op=view_citation&continue=/scholar%3Fhl%3Den%26as_sdt%3D0,5%26scilib%3D1&citilm=1&citation_for_view=r6opFNQAAAAJ:UxriW0iASnsC&hl=en&oi=p%0Ahttps://www.researchgate.net/profile/Raghvendra_Mishra3/publication/2871

- Vasconcelos, L., de Souza, M., de Oliveira, J., Filho, E. S., Silva, A., Mazzetto, S. E., Pereira, E. S., Oliveira, R. L., & Bezerra, L. (2021). Elaboration and characterization of bioactive films obtained from the incorporation of cashew nut shell liquid into a matrix of sodium alginate. *Antioxidants*, 10(9). <https://doi.org/10.3390/antiox10091378>

- Vilpoux, O. F., Brito, V. H., & Cereda, M. P. (2018). Starch extracted from corms, roots, rhizomes, and tubers for food application. In *Starches for Food Application: Chemical, Technological and Health Properties*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809440-2.00004-6>



REFERENCIAS



- Vudjung, C., & Saengsuwan, S. (2018). Biodegradable IPN Hydrogels Based on Pre-vulcanized Natural Rubber and Cassava Starch as Coating Membrane for Environment-Friendly Slow-Release Urea Fertilizer. *Journal of Polymers and the Environment*, 26(9), 3967–3980. <https://doi.org/10.1007/s10924-018-1274-8>
- Zafar, N., Niazi, M. B. K., Sher, F., Khalid, U., Jahan, Z., Shah, G. A., & Zia, M. (2021). Starch and polyvinyl alcohol encapsulated biodegradable nanocomposites for environment friendly slow release of urea fertilizer. *Chemical Engineering Journal Advances*, 7, 100123. <https://doi.org/10.1016/j.ceja.2021.100123>
- Zhang, W., Mu, Z., Dong, G., Wei, L., Bai, L., Fu, M., Zhao, X., Han, S., & Wang, S. (2020). Esterification modified starch by phosphates and urea via alcohol solvothermal route for its potential utilization for urea slow-releasing. *International Journal of Biological Macromolecules*, 163, 2448–2456. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.09.186>
- Zoungranan, Y., Lynda, E., Dobi-Brice, K. K., Tchirioua, E., Bakary, C., & Yannick, D. D. (2020). Influence of natural factors on the biodegradation of simple and composite bioplastics based on cassava starch and corn starch. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 8(5), 104396. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104396>
- Zukryandry, Hidayat, B., & Muslihudin. (2021). Timing of Extraction with Ultrasonic Bath System to Improve the Yield and Chemical Characteristics of Cassava Starch. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1012(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1012/1/012016>

EFFECTOS JURÍDICOS DEL USO DEL CONTRATO DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS PARA EVADIR LA CONTRATACIÓN LABORAL DE LA POBLACIÓN DE ENFERMERÍA EN LA CIUDAD DE SANTA MARTA

RECIBIDO: 24/01/2023 ACEPTADO: 20/03/2023 ÚLTIMA VERSIÓN: 10/04/2023

LEGAL EFFECTS OF USING THE SERVICE PROVISION CONTRACT TO AVOID THE EMPLOYMENT OF THE NURSING POPULATION IN THE CITY OF SANTA MARTA

Camila Barón Chipiaje ¹

Universidad Sergio Arboleda, Santa Marta

María Angelica Rey ²

Universidad Sergio Arboleda, Santa Marta

1. PROBLEMÁTICA

La figura del contrato de prestación de servicios nace en la vida jurídica con el fin de regular la prestación de un servicio específico de un particular a otro, acaece que se emplee para regular formalmente convenios que en la práctica configuran una relación laboral. El contrato de prestación de servicios es una figura de naturaleza civil en la que un sujeto se obliga a realizar una labor en función de otro, y por esta actividad se le es remunerado con honorarios. No es compatible entonces con aquellos contratos que oficializan la relación laboral, pues no comporta los elementos propios de un contrato de trabajo, entendidos como: la prestación de un servicio o la labor personal, la subordinación ante quien se obliga el trabajador a realizar la labor efectiva y la remuneración como contraprestación del trabajo, por lo tanto está exento de las garantías que en materia laboral el legislador dispone para proteger a los trabajadores en el territorio nacional. Por el contrario, está regulada por las disposiciones del texto sustancial civil y todas las normas que giran en torno a las obligaciones y los contratos, brindando la posibilidad a quien presta el servicio tampoco quedar constreñido a cumplir las obligaciones de los trabajadores.

En la materia que el contrato de prestación de servicios busca regular, resulta ser un instrumento idóneo, no obstante, cuando se usa para esconder verdaderas relaciones laborales presenta un riesgo para el trabajador. La falta de competencia de la norma laboral para regir un contrato de naturaleza civil lo permea de todas las garantías que tiene el trabajador en una relación laboral y lo blinda de todas las obligaciones que tiene que cumplir el empleador en idéntica situación, causando así que sea la figura perfecta para naturalizar las relaciones jurídicas entre los sujetos a causa de una labor, sin comprometerse a cumplir las disposiciones jurídicas aun cuando haya lugar y fundamento para la operatividad de estas. Para un observador promedio, desconocedor de la norma y de su desarrollo judicial, resulta tortuoso diferenciar entre ambas figuras, pues sus característicos distintivos nacen de criterios meramente legales. Por consiguiente, se torna el contrato de prestación de servicios en una figura ideal para evitar las responsabilidades que conllevan los convenios laborales, fenómeno que se da en todas las áreas y ramas de la sociedad.

Actualmente, en la ciudad de Santa Marta, los profesionales de enfermería, en su mayoría se encuentran adscritos a las entidades donde laboran mediante contrato de prestación de servicios. De acuerdo con lo establecido por Zabalegui Yáñez (2003) la enfermería es una profesión con una carga laboral demandante pues no solo requiere un desempeño compatible con la visión científica que conllevan las ciencias de la salud, para el tratamiento y seguimiento de enfermedades, sino que reporta también un deber humano de brindar atención de calidad al paciente (párr. 29). Lo anterior indica que la labor de un enfermero por antonomasia requiere de una atención constante al paciente, de cumplimiento de horarios supeditados no solo a los estatutos

¹ Universidad Sergio Arboleda, Santa Marta - solouniversidadcami@gmail.com

² Universidad Sergio Arboleda, Santa Marta - maria.rey03@correo.usa.edu.co

de su lugar de trabajo, sino a los padecimientos de quienes los requieren, así como la subordinación indiscutible frente al personal médico que tiene a cargo el diagnóstico y tratamiento del paciente en cuestión. La enfermería entonces, se reporta como de las actividades que, por su permanencia, el cumplimiento de horarios de trabajo y obediencia con el empleador o sus representantes, requiere de un contrato de trabajo para ser reglada pues la actividad desempeñada no es más que una contraprestación de los servicios prestados.

En la legislación vigente laboral prima el principio de la realidad sobre las formas, el cual busca dirimir la divergencia entre aquello consagrado en el contrato y la existencia efectiva de una relación laboral, con el fin de asegurar que el trabajador sea receptor de todas las garantías que por ley ostenta. Esta figura además de ser amparada por la normativa, es de uso constante a la hora de dirimir conflictos en el territorio nacional pues cuenta con una doctrina jurisprudencial extensamente desarrollada. Aun así, existen casos en los que se debe recurrir a esta figura para determinar si la praxis en cuestión efectivamente constituye los elementos de un contrato de trabajo.

El desamparo que existe frente a la situación laboral que enfrentan los enfermeros afiliados a sus empleadores mediante contrato de prestación de servicios requiere de una mirada más detallada, pues se les coarta a estos trabajadores, entendidos como un pilar fundamental del sistema de salud, o, en términos de Paulin García & Gallegos-Torres (2019) el punto de convergencia menos endeble entre el paciente y el sistema de salud (p.272). De esta manera lo comprenden los altos tribunales nacionales, los cuales en distintas providencias han sentado precedentes, como la Sentencia T-388-20, del atropello en el que resulta la mala utilización de este tipo de vínculo jurídico. Es necesario recurrir al principio de la primacía de la realidad sobre las formas, al que previamente han recurrido las Altas Cortes, pues al aterrizar el contexto de la ciudad de Santa Marta, nace el interrogante: ¿cuáles son los efectos jurídicos del uso del contrato de prestación de servicios para evadir la contratación laboral en la población de enfermería Santa Marta?

2. OBJETIVO GENERAL

Describir el alcance jurídico del contrato de prestación de servicios y el contrato de trabajo en los profesionales de enfermería de la ciudad de Santa Marta.

2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comparar el contrato de prestación de servicios frente al contrato de trabajo a la luz del principio de la realidad sobre las formas.
- Identificar las condiciones en la que los profesionales de enfermería se encuentran obligados a prestar su actividad personal dentro de los contratos de prestación de servicios en la ciudad de Santa Marta.
- Establecer si en los contratos de los enfermeros de la ciudad de Santa Marta cumplen con los elementos de esta modalidad.

3. JUSTIFICACIÓN

En Colombia tenemos distintas formas de generar contratos de acuerdo con lo requerido por el contratante. Para este

trabajo es de relevancia exponer las dificultades jurídicas que trae el mal uso del contrato de prestación de servicio por parte de las entidades de salud. En la ciudad de Manizales, los investigadores Arias y Reinosa (2017) demostraron como el contrato de prestación de servicios era usado en una entidad de salud de tal forma que las funciones allí establecidas hacen referencia a un contrato laboral, teniendo las tres características propias de este por lo que se configura el contrato de realidad. El presente trabajo quiere profundizar este tema en el sector salud específicamente con la población conformada por enfermeras y enfermeros de la ciudad de Santa Marta. De esta forma se quiere observar si se está vulnerando algún derecho de los trabajadores en dicha área, como lo muestran Martínez y Díaz (2020) en su investigación en el campo de salud en Colombia.

Es necesario adelantar esta investigación debido al vacío jurídico que existe en el uso indebido del contrato de prestación de servicios en el país, poniendo sobre la mesa la necesidad de tipificar esta conducta para evitar la vulneración de los trabajadores, creando un Estado más proteccionista, fortaleciendo la garantía de los empleados Bonivento (2019). Se vuelve pertinente profundizar en dicha temática en el momento actual debido a la reforma que se quiere proponer donde se quieren establecer limitaciones en el contrato de prestación de servicios en Colombia.

Esta investigación se vuelve distinta ya que pretende mostrar la realidad de los empleados del sector salud en Santa Marta, teniendo en cuenta la función que estos cumplen como rol fundamental a la hora de hacer funcionar los centros de atención en salud en todos los niveles de acción. Es sustentable ejecutar este proyecto ya que no se utilizará o implementará ningún instrumento para adquirir información debido a que se llevará a cabo sólo de manera descriptiva. Por último, esta investigación quiere proporcionar conocimiento útil para la comunidad local y nacional, considerando que es un tema poco difundido, por ende, es conveniente brindar una visión y postura frente al tema, creando un precedente informativo que pueda ser utilizado posteriormente en futuras investigaciones.

4. ESTADO DEL ARTE

En el ámbito nacional, se ha desarrollado un número limitado de investigaciones relacionadas con el tema propuesto. Arias y Reinosa (2017) en su investigación abordan el contrato de prestación de servicios de una entidad pública. Su metodología se basó en analizar los contratos y por medio de entrevistas realizar la recolección de información. Identificaron los factores que inciden en el contrato de prestación de servicios, el cual sería una posible configuración del contrato de realidad, lo que equivale dentro de la formalidad del contrato realizado entre la entidad pública y los contratistas por prestación de servicios. Sin embargo, se encontró que en dicho contrato se establecen los elementos esenciales del contrato laboral, los cuales son la subordinación, prestación personal del servicio y salario, muestra de lo anterior es que, en las entrevistas realizadas, las enfermeras sostuvieron que usaban uniformes, recibieron órdenes por escrito, cumplían horarios establecidos por el contratante, pedir permiso para ausentarse y cumplir con turnos de disponibilidad. Por consiguiente, existió una vulneración al derecho, como las acreencias laborales que tienen los empleados.

Para Martínez y Díaz (2020) en la realización de su artículo enfocado en el principio de la primacía de la realidad sobre las formas en los contratos laborales y prestación de servicios

en el sector salud en Colombia, utilizaron como metodología fuentes como la jurisprudencia emitida por la Corte Suprema de Justicia de Casación Laboral y del Consejo de Estado, además, los sujetos del sector salud de entidades públicas y privadas, analizando cómo el uso del contrato de prestación de servicios puede afectar los derechos fundamentales y laborales de las personas que ofrecen un servicio en el sector señalado anteriormente.

Por otro lado, Quiroga (2022) en su estudio investigó “qué efectos jurídicos genera el contrato de prestación de servicios con relación al principio de estabilidad y los derechos laborales del trabajador, establecidos en el artículo 53 de la Constitución Política de Colombia” (p. 2). Su metodología consistió en analizar los contratos de prestación de servicios en el área de la salud, basándose en la Ley 80 de 1993. También, la normatividad jurisprudencial y laboral, con relación del contrato de realidad en el sector salud. Concluyó con dos efectos jurídicos, el primero, relacionado con la falta de estabilidad laboral, lo que implica que no reciba indemnización al no tener un tiempo establecido, y el segundo efecto, es la falta de pago de prestaciones sociales que están contempladas en el código sustantivo del trabajo como en la constitución en el artículo 53, teniendo en cuenta que el contrato de prestación de servicios está regulado por la Ley 80 de 1993.

Asimismo, Libreros et al. (2022) en su tesis demarcan las repercusiones que conllevan el mal uso del contrato de prestación de servicios en el sector salud y cómo este se utiliza de forma indebida para la intermediación laboral. La metodología que usaron fueron las fuentes formales, normas y materiales, entrevistas. Los resultados obtenidos muestran que las cooperativas utilizan los contratos de prestación de servicios a los intermediarios que prestan un servicio que cuentan con los elementos de una relación laboral, lo cual resultaría en una intermediación laboral ilegal.

En el contexto internacional, la producción investigativa acerca del tema a desarrollar ha sido de igual manera poco abordado. Bejardo (2011) expuso algunas series de criterios legales para diferenciar una relación laboral de una relación civil o comercial y brinda algunas recomendaciones para aquellas entidades que deseen tercerizar o externalizar sus actividades, por medio de contratos civiles o comerciales de prestación de servicios en el país de Bolivia. Las recomendaciones que realizó son identificar las características que describen la validez de la relación laboral que, a su vez, la diferencia de las relaciones jurídicas comerciales o civiles, teniendo en cuenta la subordinación y la dependencia del contratista con la empresa contratante. Hay veces que resulta difuso cuándo los servicios que se contratan obedecen a una externalización de las actividades de la empresa que no hacen parte de la actividad o negocio principal del contratante. Finalmente, sostiene que se debe contar con una empresa especializada para la contratación de este tipo de casos, sustentando con documentos que respalden esto, por ejemplo, NIT, Sistema de seguridad social, matrícula de comercio actualizada, entre otras.

Bonivento y Cespes (2019) en su trabajo se enfocaron en el contrato de prestación de servicios en entidades estatales frente al derecho del trabajo, estabilidad laboral y seguridad social, comparando Colombia y Venezuela. Los resultados que obtuvieron arrojan que ambos países contemplan el contrato de prestación de servicios pero que hay una marcada diferencia en temas de seguridad social y materia laboral. Venezuela muestra más proteccionismo hacia los empleados teniendo

dos instituciones que protegen el trabajo de estos. Mientras que en Colombia se ve un vacío legal en materia laboral con respecto a la contratación de prestación de servicios. Por otro lado, los autores recomiendan tipificar como delito aquellos comportamientos que violen las normativas laborales.

Teniendo en cuenta todos los análisis anteriores, la presente investigación que se llevará a cabo cuyo título es “Efectos jurídicos del uso del contrato de prestación de servicios para evadir la contratación laboral de las enfermeras y enfermeros de la ciudad de Santa Marta” se desarrollará bajo una perspectiva muy distinta, ya que como se puede observar, la mayoría de los enfoques son en un plano demográfico diferente o desde una perspectiva general. Este estudio está basado en lo que plantea Arias y Reinoso (2017) en la ciudad de Manizales. Se quiere determinar si lo investigado por estos autores se ve reflejado en la ciudad de Santa Marta y de esta manera crear un precedente que le sirva a futuras investigaciones.

5. MARCO TEÓRICO

El desarrollo de esta investigación se configura dentro de los fundamentos de la contratación por prestación de servicio y los efectos jurídicos que proyecta dentro del colectivo de enfermeros de la ciudad de Santa Marta, teniendo en cuenta que dicha la modalidad surge como evasión para no ejecutar contratos laborales en razón de esta población del área de la salud.

Se resalta que a finales del Siglo XIX ya en Colombia se venía plasmando la figura de la contratación por prestación de servicio con el código de 1870, se denota que dicha modalidad se incorpora para la ejecución de diferentes actividades autónomas, que estas pueden proceder a partir de una persona jurídica con la que no hay ningún tipo de vasallaje o dependencia, teniendo como fin la realización de alguna actividad o fin referente a las obligaciones que se han pactado dentro del contrato, teniendo en cuenta que para dicha forma de contratar se tiene aspectos específicos para que ello pueda ser factible, factores como la experiencia, formación técnica o profesional, capacidad única de llevar cabo ciertas actividades en una materia en específico con la finalidad de que se cumplan los objetivos que conlleva el contrato respecto a la labor profesional que se desarrolle.

En términos jurídicos versa dicha tipología contractual como aquella que se constituye entre persona y empresa teniendo como límite un periodo dentro del cual desarrollarán actividades específicas, teniendo dentro de este un conglomerado de estipulaciones entre los obligados y quien emplea, cumpliendo con el objetivo que se le asigne, teniendo en cuenta que la formalización del concepto se atañe al año de 1976, donde estos contratos surgen a partir del Decreto Ley 150 de la anualidad apalabrada, el cual menciona que son aquellos que desenvuelven todas aquellas actividades relacionadas con el cumplimiento de las funciones en cabeza de un contratante y con la atención de los negocios.

El Ministerio del Trabajo especifica que dicha concepción contractual tiene ciertas incongruencias al momento de que las entidades o alguna empresa puedan verse en esta modalidad contractual. Para Fonseca (2014) es relevante tener un conocimiento claro de que el contrato de prestación de servicios cuenta con características específicas como lo son la temporalidad de la vinculación, la autonomía e independencia del contratista en el ejercicio de sus labores, no existe para este la subordinación, no cumple horarios ni jornada de

trabajo, poder utilizar sus propios instrumentos y, por último, diligenciar sus actividades por fuera de las instalaciones de la empresa. Menciona, además, que dicha modalidad contractual se encuentra regulado en orden civil o comercial, pero hace claridad, que no se halla dentro de la legislación laboral, por lo cual, no se generan vacaciones, cesantías ni prestaciones sociales. Siendo así, el contratista sólo recibirá el pago por honorarios como remuneración de las actividades que realizó en favor de la empresa. Así las cosas, si el contrato de prestación de servicios no prevé las prerrogativas del contrato de trabajo, las partes interesadas en el contrato de servicios tendrán que acordar el objeto, las condiciones y la calidad de los servicios, sanciones en caso de incumplimiento, el tiempo de ejecución, remuneración por los servicios prestados y demás conceptos, ya que como se mencionó en el marco laboral no se establecen condiciones o procedimientos especiales referente al contrato de prestación de servicios.

Aunado a lo anterior el Consejero ponente Carmelo Perdomo Cueter del Consejo de estado en la sentencia 2016-00304 de 2021 menciona referente a la contratación de prestación de servicio y cómo se desfigura este en cuanto a su esencia mencionando que, un contrato de prestación de servicios es un contrato en el que una persona física se asocia específicamente con el propósito de realizar actividades relacionadas con la administración o la operación de la empresa, o realiza tareas especializadas que no pueden ser realizadas por el personal de la fábrica y no reconoce el elemento de la subordinación por parte del contratista, si bien es cierto, que debe actuar como sujeto autónomo e independiente bajo los términos del contrato y de la ley contractual.

El contrato de prestación de servicios se destruye cuando se prueban los tres componentes de la relación laboral, es decir, la prestación personal de servicios, remuneración y la subordinación permanente que da derecho a prestaciones sociales a favor del contratista. Aplicar el principio de la primacía de la realidad sobre las formalidades establecidas en las relaciones laborales contempladas en el artículo 53 de la constitución política, cuyo objeto es garantizar los derechos mínimos de las personas, que se establecen en los actos reglamentarios sobre la materia.

Es de entender que existe una diferencia significativa entre tipologías de contrato, una prestación de servicio y otra de contrato laboral, que muchas entidades y funcionarios de la contratación constituyen una figura que reemplaza una a la otra, debatiendo en el enfoque jurídico de cada uno de ellos siendo así que el principio de la realidad sobre la forma se haga efectivo al momento de que se ejecuten las obligaciones contraídas por el contratista. De acuerdo con el artículo 22 del Código Sustantivo del Trabajo, se constituye como contrato laboral a una persona física que se compromete a prestar servicios personales a otra, a cambio de una retribución a una persona física o jurídica que sea dependiente o esté subordinada durante mucho tiempo, bajo ese entendimiento este tipo de contrato resulta de manera gravosa para el ente contratante, toda vez que las obligaciones de ley que exigen son puntuales para aquel que haga parte de este, dentro de dichos requisitos existen tales como las prestaciones sociales o de ley, los aportes parafiscales, entre otros requerimientos, motivo por el cual las empresas o entidades se cobijan bajo la figura de prestación de servicio, ya que solo implica como se ha mencionado valor y condiciones que se deben llevar a cabo para que se cumplan los objetivos que en él se enaltece, los cuales se puntualizan en el salario, prestación social y subordinación.

En materia contractual respecto al sistema de salud colombiano se han venido creando figuras que dada la naturaleza de los empleados de ciertas áreas no se podrían celebrar ciertos tipos de contrato que asegure su estancia laboral, es decir, que se han identificado que varios empleadores utilizan la modalidad de prestación de servicio, en este caso los enfermeros, sean contratados bajo dicho concepto evitando el pago de las prestaciones sociales o configurar de alguna manera el estado laboral de los que ahí se ven afectados; desnaturalizando el objetivo del contrato de prestación de servicio, como lo menciona la magistrada ponente Diana Fajardo Rivera en la Sentencia T-388 de 2020:

“El contrato de prestación de servicios se descarta cuando el objetivo que se presenta de acuerdo al tiempo temporal definido, se extiende por varios años, llevando de forma contraria las normas que regulan el trabajo de contrato que se debe desarrollar por el término estrictamente necesario o, en su defecto, crearse los empleos que suplan la necesidad permanente del cargo”.

La Corte reconoce la utilización que los poderes públicos hacen de forma amplia y abierta a la figura del contrato de prestación de servicios para encubrir relaciones laborales y de esta forma evadir el pago de prestaciones sociales.

Por consiguiente, el artículo 32 de la Ley 32 de 1993 establece que el contrato de prestación de servicios en el campo de entidades estatales, son actividades relacionadas con la gestión u operación de la unidad estructural, y sólo puede celebrarse con una persona natural si esta actividad no puede ser realizado por un personal de planta o se necesiten de conocimientos especializados se realiza con equipo personal y no requiere conocimientos especiales.

En este mismo sentido, en los artículos 7 del Decreto 1950 de 1973, 1º del Decreto 3074 de 1968, 17 de la Ley 790 de 2002 y 48 de la Ley 734 de 2002, puede preverse que estos contratos no podrán en ningún caso registrarse para el desempeño de funciones públicas permanentes, en cuyo caso deberán crearse puestos de trabajo adecuados.

[1] Decreto ley 150 de 1976 – Ministerio de Justicia y del derecho

6. METODOLOGÍA

6.1. ENFOQUE Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación tendrá un enfoque cualitativo con entrevistas dado que a través de la misma lo que se persigue analizar los efectos jurídicos del uso del contrato de prestación de servicios para evadir la contratación laboral en la población de enfermería en Santa Marta.

El tipo de investigación será documental porque se centrará en la revisión de literatura y normatividad jurídica relativa al describir el alcance jurídico del contrato de prestación de servicios y el contrato de trabajo en los profesionales de enfermería de la ciudad de Santa Marta.

6.2. DELIMITACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL

Está investigación se desarrollará en Colombia, específicamente en la ciudad de Santa Marta y en cuanto a la delimitación temporal, el estudio del problema de investigación se hará a partir del año de 1870 hasta el 2023. Debido a que

en el año de 1870 se incorporó en el código civil la modalidad de contratación por prestación de servicios. Permitiendo el desarrollo de actividades independientes, sin necesidad de que exista una subordinación o dependencia laboral. De manera que partiendo desde el inicio se podrá comprender de manera general los efectos jurídicos de este modelo de contratación que se ha mantenido vigente hasta el año 2023.

6.3. FUENTES Y TÉCNICAS

Las fuentes a utilizar en la investigación serán primarias y secundarias porque se revisó no sólo literatura sino también jurisprudencia y leyes que regulan el tema.

Las técnicas que se emplearán para desarrollar cada uno de los objetivos de la investigación serán la revisión de literatura a partir de resúmenes analíticos de investigación, análisis jurisprudencial soportado en fichas e interpretación de leyes relacionadas con el uso del contrato de prestación de servicios para evadir la contratación laboral en la población de enfermería en Santa Marta.

6.4. PROCEDIMIENTO

Para desarrollar los dos objetivos específicos de la presente investigación relacionados con la identificación los elementos de la relación laboral al contrato de prestación de servicio en la población de enfermeros y la indagación de las condiciones precarias en la que los profesionales de enfermería se encuentran vulnerados por los contrato de prestación de servicios se hará la revisión a partir de resúmenes analíticos de investigación, análisis jurisprudencial soportado en fichas e interpretación de leyes relacionadas con el uso del contrato de prestación de servicios para evadir la contratación laboral en la población de enfermería en Santa Marta.

6.5. IMPACTO ESPERADO

Con los resultados de la presente investigación se pretende participar a través de ponencias en eventos locales y nacionales de investigación con el fin de brindar claridad a la comunidad académica respecto a la identificación e indagación del uso del contrato de prestación de servicios para evadir la contratación laboral en la población de enfermería en Santa Marta.

7. DESARROLLO

7.1. CAPÍTULO PRIMERO: CONTRATO LABORAL Y CONTRATO DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE ACUERDO A LA JURISPRUDENCIA Y DOCTRINA

El tema se remonta desde hace varios años atrás en el marco nacional del país. Desde que fue establecido en nuestro ordenamiento jurídico, el contrato de prestación de servicios en Colombia se ha visto el mal uso que se ha implementado con este y que cada día tiene más auge, sobre todo en el ámbito de salud, específicamente en la población de enfermeros. De modo que, es necesario establecer ciertos alcances al emprender una investigación jurídica como lo es la presente. Por lo que, con el fin de llevar a cabo el desarrollo de esta investigación, a continuación, se revisará la doctrina pertinente de distintos tratadistas e investigadores, para tener un mejor entendimiento de los conceptos expuestos a lo largo del presente escrito, desde nociones generales hasta conceptos específicos conforme a su naturaleza jurídica. Ahora bien, dentro del rango de análisis del trabajo expuesto, parte desde una perspectiva jurídica, en el derecho laboral como lo es, el

contrato de trabajo, principio de realidad sobre la forma. Y en materia comercial y civil, el contrato de prestación de servicios.

7.1.1. RELACIÓN LABORAL

La relación laboral es el sometimiento de una persona a la subordinación constante de una empresa o persona que contrata, con la finalidad de que el trabajador disponga de sus capacidades físicas, intelectuales y profesionales para una labor determinada. De manera que el empleado está en la obligación cumplir cada una de las indicaciones u órdenes que el empleador le indique. Asimismo, esa relación laboral, se puede comprender como relación de trabajo, que vendría siendo la presencia de un contrato de trabajo escrito o verbal que plasme lo acordado entre las partes. La OIT define la relación de trabajo como un nexo jurídico entre empleador y trabajador, en el que existe cuando una persona brinda en proporción su trabajo o presta su servicio bajo ciertas condiciones a cambios de una remuneración económica. Además, señala que en estas relaciones se establecen derechos y obligaciones en ambas partes. De igual forma indica que este medio de acceso al trabajador le resulta muy beneficioso, ya que el empleador lo asocia a las áreas de la seguridad social y demás complementos que esta modalidad conlleva (2006). Sin embargo, esa relación de trabajo se puede encontrar en la prestación de un servicio personal bajo un contrato comercial o civil. Dejando en claro que la relación laboral solo existe en los contratos de trabajo.

7.1.2. NATURALEZA JURÍDICA DEL CONTRATO DE TRABAJO

Para algunos tratadistas, la naturaleza jurídica del contrato laboral se basa en que es propia, pues tiene elementos que le son propios, ejemplo de lo anterior es la subordinación, la prestación personal de un servicio y la remuneración por la misma. Sin embargo, no hay una definición establecida sobre la misma en la doctrina, pues varía entre diversos pensadores. En este sentido, Cabanellas hace referencia que la subordinación es esa limitación que tiene el trabajador en cuanto a su autonomía pues se encuentra sometido. Siendo así, resulta relevante precisar a lo que se refiere la prestación personal de un servicio, que no es más que la acción ejercida de trabajo de una persona natural de manera personal, por ende, no puede ser delegada a un tercero. Y por último, lo que respecta a la remuneración del servicio, tiene que ver con el pago por la prestación personal de servicio, la Corte Suprema de Justicia se ha referido ante este mencionando que, la determinación del pago realizado por ambas partes no depende de su carácter jurídico, ya que su carácter de salario se deriva necesariamente de la condición de retribución directa por los servicios de los subordinados. Los elementos de las relaciones jurídicas que determinan su carácter profesional y las distinguen de las puramente civiles o de otro tipo consisten en la sujeción o dependencia jurídica y de largo plazo al tipo de empleo (Sentencia 13088/2000).

Por otra parte, es importante mencionar que se ha experimentado una evolución referente al contrato laboral o de trabajo, pues a medida que avanzamos como sociedad así mismo avanza el derecho. En la jurisprudencia, el Consejo de Estado y la Corte Constitucional se han pronunciado al respecto. De acuerdo con el primero, señala que el contrato de prestación de servicios ha incrementado por diversos niveles en entidades públicas, vulnerando muchas veces los derechos de los trabajadores (Consejo de Estado, 1993). Adicionalmente, la Corte Constitucional se ha pronunciado

manifestando que los contratos de prestación de servicios utilizados en entidades públicas pueden suscribirse siempre y cuando se mantenga la independencia, pues es lo que caracteriza dicho contrato (Sentencia C 094/03).

7.1.3. PRINCIPIO DE REALIDAD SOBRE LAS FORMAS

La presencia del principio de realidad sobre las formas en materia laboral es esencial, ya que cuando existe divergencia entre la realidad y lo pactado en el contrato, se le da prevalencia a la práctica. Permitiendo que se declare la existencia o inexistencia de un contrato de trabajo con todos los elementos configurativos que se observan en el artículo 22 del Código Sustantivo del Trabajo. Dicho principio se tiende a observar más en los contratos de prestación de servicio, debido a la constante vulneración de derecho que tienen las personas que trabajan con este tipo de contratos, la sentencia T-392 señala que el principio opera cuando se celebra un contrato de prestación de servicios para ocultar una relación laboral. Es decir que, si se llega a demostrar la relación laboral bajo la denominación de contrato de prestación de servicios, pues se entenderá que existe una transgresión a los derechos laborales y por ende se decreta la protección del derecho al trabajo y las garantías laborales que merece la persona afectada. Asimismo, para la Corte Constitucional, el principio de primacía de la realidad sobre formalidades en relaciones laborales es utilizado en casos donde el Estado encubre en contratos de prestación de servicios la relación laboral, lo que implica el desconocimiento de las prestaciones sociales que son propias de la actividad laboral y de los precipicios del funcionamiento de la función pública (Sentencia SU 040/18).

En el sector salud colombiano se observa que una parte de la población de enfermeros está vinculada bajo el contrato de prestación de servicios. Sin embargo, la mayoría de esos contratos no cumplen con lo pactado, es decir que constantemente existe una subordinación, cumplimiento de horarios, órdenes, obligaciones que no se pactaron en el contrato, entre otras cosas. Por ende, se puede establecer que lo que existe en la práctica de los enfermeros es un contrato de trabajo, que en gran parte cumplen con los requisitos esenciales para declarar la existencia de un contrato de trabajo. El Consejo de Estado en el año 2018 estudió un caso de un auxiliar de enfermería que estuvo vinculado con varios contratos de prestación de servicios en el E.S.E Hospital Meissen ubicado al Sur de la ciudad de Bogotá, el cual se pretende dejar sin efectos el acto administrativo que negó los derechos laborales que fueron reclamados ante la entidad contratante y así mismo que se le reconozcan los mismos. Mediante providencia de fecha 6 de diciembre de 2018, radicado No. 05202 la Sección Segunda, Subsección del Consejo de Estado se pronunció en relación al contrato de prestación de servicio que se suscribió entre la entidad y el auxiliar de enfermería, esclareciendo que el ejercicio del enfermero hace parte de forma integral en el servicio de salud, dejando claro que aunque el Hospital pueda acogerse al literal C del artículo 32 de la Ley 80 de 1993 le permite vincular a personas adicionales cuando haya una insuficiencia en el personal de plata para la prestación del servicio de manera eficaz.

Sin embargo, no da lugar a que la contratación tenga un carácter permanente, sino que esta debe ser por un tiempo estrictamente necesario y que el contratista no puede ser tratado con las mismas condiciones de subordinación o disciplinarias que el empleado público. Además, el Consejo de Estado asegura que el enfermero no podía ejercer de

manera autónoma en las actividades, ya que debía estar sujeto a las instrucciones, jornada de trabajo, reglamentación de las jornadas generales y realizar actividades que estaban establecidas en el plan de gestión de la entidad demandada. De modo que para la corporación la entidad desvirtuó la naturaleza propia del contrato de prestación de servicio en materia temporal y excedió el tiempo que tienden a tener estos contratos. Permitiendo concluir que se evidenció el principio de realidad sobre las formas, en el que la práctica del ejercicio del enfermero era en realidad un contrato de trabajo y no la prestación del servicio como se pactó en el contrato de prestación de servicio. Con base a lo expuesto, los enfermeros sufren constantes violaciones por las entidades contratantes, abusando de las leyes y evadiendo los derechos que realmente tienen los contratistas de la salud.

7.1.4. NATURALEZA DEL CONTRATO DE PRESTACIÓN DE SERVICIO

Se debe tener presente que esta modalidad de contratos depende de su naturaleza, ya que estos no se rigen por la ley laboral, si no por la ley comercial o civil. Sin embargo, los contratos de prestación de servicio tienen naturaleza civil, debido a que en los años de 1870 se incorporó este modelo de contratación en el Código Civil con la finalidad de poder desarrollar una actividad independiente, en el que no exista la subordinación o dependencia por parte del patrón. El Código Civil actual no establece un concepto específico que permita comprender de manera general lo que es un contrato de prestación de servicios. Pero brinda una definición en el artículo 1495 del C.C de lo que vendría siendo un contrato y establece que es el acto en el cual de una de las partes obliga a otra para dar, hacer o no hacer alguna cosa. No obstante, se han venido desarrollando conceptos que han permitido comprender mucho más esta modalidad, que se basa en el acuerdo de dos partes, en el que una de ellas debe realizar un trabajo a cambio de una remuneración. Las características de este modo de contratación, es que el contratista es autónomo de realizar la actividad, no cumple horarios, no existe la subordinación, ni el cumplimiento de reglas o normas por la entidad que fue contratado, es libre de realizar el trabajo por el cual fue contratado.

Además, el contratista no debe recibir, prestaciones sociales, ni seguridad social, ni vacaciones, ya que como no existe una relación laboral, pues los beneficios que traen estas no aplican para esta modalidad y deben ser costeadas por el mismo. Al ser una modalidad tan buena de contratación en el que se ahorra mucho dinero, porque no se aplica la ley laboral que trae consigo unos beneficios al trabajador, se tiende abusar de esta. Tal como lo dice El Consejo de Estado en la sentencia de unificación de jurisprudencia sobre los contratos de prestación de servicios, mediante providencia con fecha de 11 de noviembre del 2021, radicado No 05001-23-33-000-2013-01143-01 la sección segunda señaló que cuando en el contrato de prestación de servicio no se permita que el contratista actúe con total independencia y autonomía, sino que se encuentre bajo subordinación y dependencia de la entidad contratante, ello daría lugar a que se declare una relación laboral. Además, si esto se sigue dando hasta la finalización del contrato, pues el contratista tiene todo el derecho de calcular la prescripción de los derechos laborales, salariales y prestaciones que son exigibles. Con esto, la corporación busca que las entidades revisen o rehacer las contrataciones por prestación de servicio que tienen en estos momentos, además que miren el impacto negativo que se ha general por el uso inadecuado de este modo de contratación.

7.2. CAPÍTULO SEGUNDO: IDENTIFICAR LAS CONDICIONES EN LA QUE LOS PROFESIONALES DE ENFERMERÍA SE ENCUENTRAN OBLIGADOS A PRESTAR SU ACTIVIDAD PERSONAL DENTRO DE LOS CONTRATOS DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS EN LA CIUDAD DE SANTA MARTA

Al hacer una aplicación inadecuada de estos contratos de prestación de servicios en los que se observa la relación de subordinación que tiene los enfermeros frente al personal de médicos, es menester exponer, para el desarrollo óptimo de la presente investigación, que en la suscripción ilícita de los mismos influyen una serie de factores. Este apartado del proyecto girará en torno a identificar aquellas condiciones que dan lugar a que en la realidad se despliegue una relación laboral, y las que surgen como consecuencia de la misma. Se cumplirá con lo anterior demostrando la existencia de la relación laboral no formalizada, que desemboca en una deficiencia en la profesión de enfermería, en la cual se visualiza en el deterioro de la salud física y mental por la alta carga laboral, en algunos casos los enfermeros se encuentran en altos niveles de estrés, ansiedad, inestabilidad laboral, y la afectación de forma significativa en la atención brindada a los pacientes.

La vulneración de los derechos fundamentales y laborales de la población de enfermeros en Santa Marta nace del uso inadecuado del contrato de prestación de servicios que los afilia a la entidad donde laboran. Daza Barros (2023) concluye que, a nivel nacional, las condiciones de trabajo para los profesionales de enfermería no han cambiado en los últimos diez años en la mayoría del territorio (p.51). Consecuentemente, las políticas de contratación para los enfermeros en Santa Marta se asumen también inmóviles, indicando que los factores que serán presentados a continuación han subsistido por más de una década.

Por desarrollo jurisprudencial, se ha decantado que por la labor que desempeña el personal de enfermería, únicamente debe vincularse laboralmente mediante contrato de trabajo. Basta con comparar las actividades de un enfermero en turno para saber que su desempeño cumple con los elementos básicos del contrato de trabajo, estos siendo la continua subordinación y la retribución de aquello laborado. No obstante, el 70% del Talento Humano en Salud labora bajo la modalidad del contrato de prestación de servicios. En función a lo anterior, la Corte Constitucional, con el fin de salvaguardar las garantías inherentes a estos sujetos se ha pronunciado al respecto, en la Sentencia T-388-20 sostiene que la falta de límite temporal definitivo que tiene la afiliación de los enfermeros al sistema de salud en el que trabajan, desnaturalizan la figura del contrato de prestación de servicios.

En complemento, el Consejo de Estado ha propuesto, frente a la contratación estatal, que la contratación de personas naturales para ejercer funciones que no son transitorias, contingentes o eventuales, sino que, son habituales y requieren ser atendidas por personal de planta, son incompatibles con el contrato de prestación de servicios (Consejo de Estado, Sentencia 2013-01143 de 2021). En razón a que las actividades que lleva a cabo el personal de enfermería no pueden ser consideradas esporádicas o limitadas en la prestación del servicio de salud, y que estos sujetos no están en la potestad de determinar sus horarios, ni de definir el lugar donde desempeñan su labor, resulta que no existe autonomía en la supuesta prestación de servicios por la misma naturaleza del trabajador.

El personal de enfermería de Santa Marta es objeto de transgresiones a sus derechos laborales y de violaciones de su derecho fundamental a la salud por el mero hecho de carecer de un contrato laboral que lo vincule al sistema de salud. Este grupo del Talento Humano en la Salud sacrifica su salud mental en el ejercicio de su labor. Se encontró que el personal de enfermería de Santa Marta, por el desempeño de sus funciones se ve afectado en su salud mental y física, demostrando poca satisfacción con la misma, y a su vez un detrimento en la salud mental de su familia nuclear (Canova Barrios, 2017, p. 16). Al comparar este resultado con el de Puello Vilorio et al. (2014) coinciden en que estos trabajadores refieren agotamiento o cansancio psíquico, inconformidades con el salario, así como actividades de entretenimiento, ocio, descanso y afecto minimizadas (p. 96). Relacionan otros autores que el agotamiento psicológico y desmejoramiento en la salud de los profesionales de enfermería nace de las condiciones laborales y físicas de entorno laboral. Al no estar protegidos por la norma laboral por su vínculo aparentemente civil, los empleadores del Talento Humano en la Salud, no obedecen a los lineamientos a la norma del despido por justa causa al que se adhieren los contratos laborales. El caso de un despido, que en el ámbito laboral puede ser considerado injusto y debe ser indemnizado conforme a la norma sustancial correspondiente (Código Sustantivo del Trabajo, 1951, artículo 62), se modifica totalmente en los de prestación de servicio, volviendo la indemnización de los contratos a término equivalente a unos daños de naturaleza civil, y los que tienen término indefinido sin reparación alguna. Consecuentemente, es natural que la existencia de una relación laboral bajo los lineamientos de un contrato de prestación de servicios genera ansiedad y depresión en el personal de enfermería que a él está suscrito, pues se priva al trabajador de la estabilidad laboral con la que debe contar en el desempeño de su actividad, y convierte el ambiente laboral en uno competitivo.

Conforme a lo previsto por la ley, en los contratos de prestación de servicios el aporte a la seguridad social no es automático, corre por cuenta del contratista sobre el valor causado de su remuneración. Es decir, que aquello que es recibido en retribución de su trabajo por los enfermeros vinculados por contrato de prestación de servicios, debe estar sujeto a deducciones posteriores. Así pues, es pertinente traer a colación lo concluido por Vargas Hernandez (2017) quien sostiene que lo devengado por los enfermeros es un mero mínimo de ingresos que permite asegurar la sobrevivencia de sí y de su núcleo familiar, pero limita sus posibilidades de ejecutar y expresar sus potencialidades humanas (p. 41) Lo anterior indica que, en el espectro nacional, la profesión de enfermería, ejercida y vinculada debidamente al sistema de seguridad social mediante contrato de trabajo, es limitante económicamente para sus precursores. En el caso de aquellos vinculados mediante contrato de prestación de servicios, se requiere, de conformidad con la Ley 2277 de 2022, que coticen mensualmente sobre una base mínima del 40%, volviendo ese porcentaje de la remuneración objeto de deducibles de por los criterios de salud, que es el 12%, pensión, 16% y riesgos laborales, 0.522%. Entonces, los enfermeros de la ciudad de Santa Marta que se encuentran laborando bajo un contrato de prestación de servicios no reciben la remuneración correspondiente a sus labores, pues el total de su salario no equivale a la contraprestación del trabajo realizado, y, se les priva de una participación ordinaria y legal en el sistema de seguridad social.

La ausencia de prestaciones sociales recibidas por parte del personal de enfermería vinculado mediante contrato

de prestación de servicios incide en su rendimiento laboral. Se entiende por prestaciones sociales aquel cúmulo de beneficios adicionales que por ley el empleador debe brindar a su subordinado, adicional al pago regular del salario.

Al contraer un vínculo de prestación de servicios, se le prohíbe al trabajador de disfrutar del recargo de horas nocturnas y festivas, primas de servicio, cesantías, intereses de las cesantías y vacaciones. De acuerdo con Zapata Herrera y Zapata Gómez (2015) esto genera en el sujeto frustración, falta de seguridad laboral e insatisfacción con la actividad ejecutada, lo cual desencadena un mal desarrollo de los procesos y falencias en el proceso de atención (p. 219). Lo anterior se ve reflejado en la ciudad de Santa Marta, especialmente en las entidades públicas que prestan servicios de Salud. En el único hospital que posee la ciudad, únicamente el 58,7% de los pacientes y sus familias percibieron un trato humanizado por parte del personal de enfermería. Es decir, que el resto, el 41,3% demostró algún tipo de inconformidad con el servicio. Esta cifra resulta importante, pues indica que, como lo expuso Romero et al. (2008) “ningún sistema de salud puede ser eficiente y digno de sus postulados si sus profesionales viven escasamente para la sobrevivencia día tras día y postergan su pleno desarrollo a escala humana.”

7.3. CAPÍTULO TERCERO: ESTABLECER SI EN LOS CONTRATOS DE LOS ENFERMEROS DE LA CIUDAD DE SANTA MARTA CUMPLEN CON LOS ELEMENTOS DE ESTA MODALIDAD

Actualmente una parte de los enfermeros de la ciudad de Santa Marta son vinculados por contratos de prestación de servicios, en los cuales se plasman unas estipulaciones para el cumplimiento eficiente de la obligación, a cambio de dar una remuneración. No obstante, en lo pactado se evidencia como no se cumplen las características esenciales de esta modalidad de contrataciones, las cuales son la subordinación y la autonomía del contratista para cumplir con el objetivo de este. Ahora bien, dentro de las entidades que brindan servicios a la comunidad en materia de salud, es evidente que, en la ciudad de Santa Marta, la población de enfermería no está adscrita a las entidades por un contrato laboral, teniendo en cuenta que cumple todos los requisitos para que sea así, sino, que los vinculan a través de un contrato de prestación de servicios. Dicha población está siendo vulnerada en cuanto a sus derechos laborales, por no recibir todas las prestaciones sociales que implica un contrato laboral, pues estos al estar contratados bajo la modalidad de prestación de servicios solo reciben el valor acordado por el servicio. Perdiendo así, el pago de licencias, primas, vacaciones, entre otros, del cual sólo serían posible por un contrato laboral.

Señala Quiroga (2022), que el contrato de prestación de servicios no se incluyen las prestaciones sociales señaladas en el art. 53 de la carta magna, ya que en teoría no están bajo el vínculo laboral y por ende el sometimiento al C.S.T, sino como se señaló previamente este opera bajo la Ley 80 de 1993, en otras palabras, el contratista debe pagar sus prestaciones, incluyendo este pago en sus honorarios.

De esta manera, se entiende que el contratista asume el costo de prestaciones sociales que en un contrato laboral hubiese podido recibir. Por ende, los efectos que surgen a partir del contrato realizado por parte de las entidades de salud con la población de enfermería resultan quebrantando derechos a los son merecedores por su labor y función dentro de la misma.

Si bien es cierto que los contratos de prestación de servicios surgen efectos negativos a los enfermeros, pues se ven afectados al no recibir las garantías laborales de la cual debería de serlo por presentar los requisitos de un contrato laboral, pues bien, estos no son los únicos efectos, así lo demuestra la siguiente investigación de Libreros et-al:

Dicha situación acarrea repercusiones hacia el personal prestador del servicio de salud, debido a la pérdida de beneficios laborales, lo que conlleva a una mala prestación del servicio de salud y a futuras afectaciones en el personal sanitario, tales como agotamiento físico y mental, desmotivación hacia el trabajo, entre otras (2022).

Sin duda, una persona que no se encuentre motivada a prestar sus servicios dentro de una entidad trae consigo un deterioro frente a su desempeño lo cual repercute directamente en los pacientes y en el mismo empleado, pues no están recibiendo una atención de calidad y el enfermero se ve afectado tanto psicológica y físicamente. He ahí la importancia de brindarle todas las condiciones dignas de trabajo a los empleados pues de efectuarse las garantías necesarias producida efectos positivos para los enfermeros y para el tratamiento adecuado al paciente. En eso se ve sumergido un sin fin de afectaciones para el mismo y el entorno del cual fue vinculado. Siendo así, la situación que enfrentan los enfermeros en la ciudad de santa marta al ser empleados bajo un contrato de prestación es servicio resulta reprochable, pues existe jurisprudencia y doctrina que demuestra y explica el motivo por el cual estos no deben ser adscritos bajo esta figura y la cantidad de efectos que de allí se derivan a los mismos.

Por todo lo mencionado a lo largo del presente escrito, se llevó a cabo una entrevista a 6 enfermeros del Hospital Universitario Julio Méndez Barreneche que evidencia lo señalado y se plasmará a continuación:

1. ¿Qué modalidad de trabajo tiene usted?

El 100% de los entrevistados respondieron que eran contratados al hospital por medio de un contrato de prestación de servicios.

2. ¿Usted recibe órdenes directas para el cumplimiento de la prestación o tiene independencia?

2 personas de las entrevistadas manifestaron que no reciben órdenes, sin embargo, la población restante indicó que reciben órdenes directas.

3. ¿Cuenta con un horario establecido?

Solo 1 persona respondió que no tiene horario establecido, el resto de los encuestados respondió que sí.

4. ¿Usted realiza actividades que no están establecidas en el contrato?

Solo dos de los entrevistados respondieron que no realizan actividades que no se encuentren en el contrato, el resto de los entrevistados manifestó que sí.

5. ¿En algún momento ha sentido que su salud mental ha sido afectada por su trabajo?

La mayoría de los entrevistados respondió que su salud mental se ve afectada por su trabajo.

De acuerdo con los resultados obtenidos en la entrevista realizada al personal de enfermería en la ciudad de Santa Marta, se observó que el 100% de las personas entrevistadas son vinculadas a la empresa donde trabajan por medio de un contrato de prestación de servicios, sin contar con los requisitos para ello, pues se evidenció según las respuestas obtenidas que, se cumple con todos los elementos esenciales de un contrato de trabajo, los cuales son, la subordinación pues solo un 33,3% manifestó que no recibían órdenes directas, la remuneración debido al salario que reciben por su labor y por último, la prestación personal del servicio, pues ellos de forma personal realizan las actividades por los cuales son contratados. Además, al momento de preguntarles si cumplen con un horario establecido, solo un 16,67% respondió que no, el resto de los entrevistados respondió que sí, por último, al preguntarles si realizaban actividades que no estaban establecidas en el contrato solo el 33,3% respondió que no, mientras la población restante manifestó que sí. Por ende, se desconfigura el contrato de prestación de servicios mostrando que en la práctica es evidente la relación laboral existente por parte de los contratistas con la empresa, es decir, que opera el principio de primacía de realidad sobre la forma, pues en el contrato se estipula una modalidad de contrato la cual no es consecuente con la práctica realizada por los enfermeros, lo que conlleva a que se dé una transgresión de los derechos laborales de los mismos, teniendo en cuenta como ellos manifiestan, no solo se ven afectados por sus garantías laborales sino también, su salud mental, lo que en algunas ocasiones los desmotiva a ejercer su profesión.

Es evidente a que los enfermeros adscritos por medio de un contrato de prestación de servicios en la ciudad de Santa Marta, les están siendo vulnerados los derechos laborales teniendo en cuenta que pese a estar vinculados bajo dicha modalidad de contrato, los mismos cumplen con todos los elementos de un contrato de trabajo. Por ende, su retribución económica no va acorde a sus funciones y además, no gozan de las garantías que tiene un trabajador contratado bajo un contrato laboral, que son las prestaciones sociales. Es así como entra a operar el principio de realidad sobre las formas, pues es notorio que los contratantes quieren ocultar una relación laboral para no brindarles las garantías legales que tienen los trabajadores que son las primas, cesantías e intereses de cesantías.

5. CONCLUSIÓN

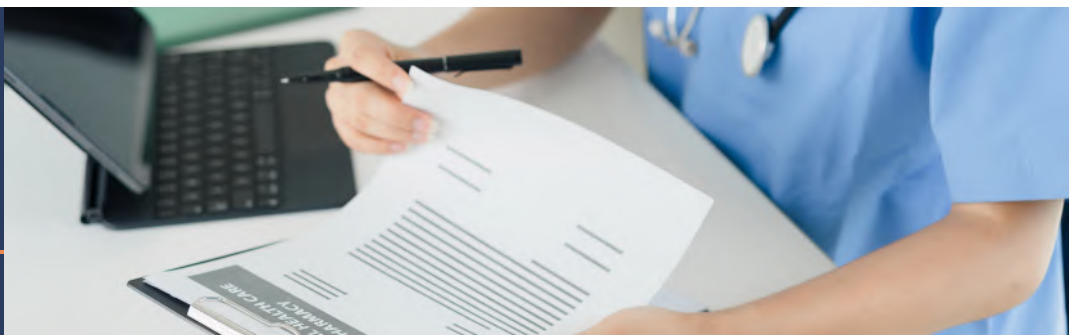
A modo de cierre, desde la creación de los contratos de prestación de servicios se amplió la forma de contratación en el Estado colombiano. Sin embargo, el mal uso de estos, ha ocasionado distintas divergencias que han afectado los derechos laborales y fundamentales de los enfermeros de la ciudad de Santa Marta. En el desarrollo de los objetivos específicos de la investigación, se logró visualizar los conceptos y elementos esenciales de los contratos de prestación de servicios, posterior a ellos se establece que es una relación laboral la cual se determina como el nexo jurídico entre empleador y trabajador.

Esta relación laboral se observa en los contratos laborales de los cuales se estableció un concepto y los requisitos para la validez de estos. Al mismo tiempo se analizó de manera profunda el principio de primacía de la realidad sobre las formas, que consiste en que se le da relevancia a la realidad y no a lo que se encuentra pactado en un contrato. En el continuo desenlace, se observaron las condiciones en las que los enfermeros de la ciudad de Santa Marta deben prestar sus servicios a cambio de una remuneración, esto permitido conocer las cargas laborales, el agotamiento físico y mental que tienen al momento de atender un paciente, la ansiedad que genera la incertidumbre sobre no saber si serán nuevamente contratados o no. Además de esto, el retraso de sus salarios ha ocasionando que estos tengan que buscar dineros por otros medios, para atender a sus necesidades vitales, como consecuencia de las condiciones precarias en las que trabajan. Se enfatizó en los contratos de prestación de servicios de los enfermeros de Santa Marta y en determinar si al momento de desarrollar la labor, se cumplió lo pactado o, de lo contrario, cumplen con las modalidades de un contrato laboral.

Como resultado de las entrevistas realizadas a los enfermeros de distintas entidades de salud se logró sentar una transgresión en los derechos laborales de los enfermeros de la ciudad de Santa Marta. Confirmando que los enfermeros son contratados a través de los contratos de prestación de servicios, pero reciben órdenes directas, una parte de ellos deben de cumplir horarios, al mismo tiempo deben realizar actividades que no están en sus cargos, aumentado la carga laboral, lo que ocasiona un desgaste mental. De manera que en la actualidad sigue existiendo una deficiencia en el alcance jurídico que tienen los contratos de prestación de servicios y cómo el legislador debe buscar los mecanismos idóneos para garantizar la integridad física y profesional de los enfermeros de la ciudad de Santa Marta.



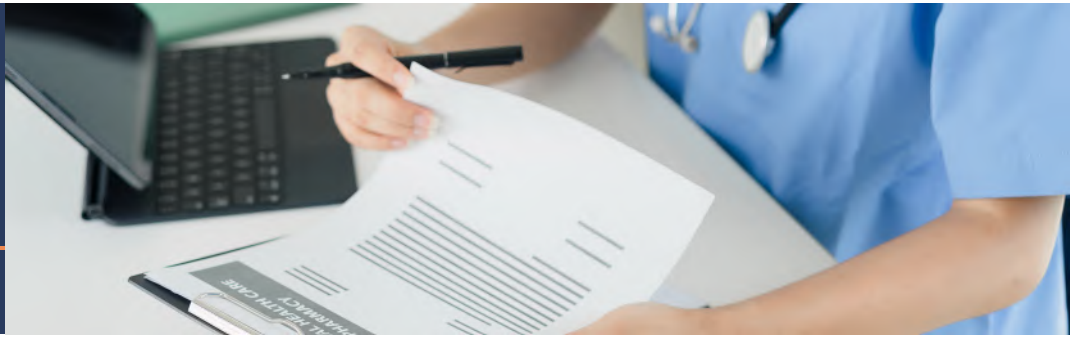
REFERENCIAS




- Arias Roa, D. F., & Reinoso Torres, J. A. (2019). Factores que inciden en la degeneración de contratos de prestación de servicios de contratistas en la clínica de la policía nacional-sede Manizales, entre el 1 de enero y el 30 de junio de 2017. Recuperado de: <https://ridum.umanizales.edu.co/bitstream/handle/20.500.12746/3673/TESIS%20POLICLINICA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bejarano Frías, J. L. (2011). Los contratos de prestación de servicios bajo la legislación laboral vigente en Bolivia: Cuidado con las posibles demandas laborales y sanciones por la utilización de contratos de prestación de servicios. *Iuris Tantum Revista Boliviana de Derecho*, (11), 240–258. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2070-81572011000100011
- Bonivento Sanabria, G. A., & Céspedes Valencia, J. M. (2019). Contrato de prestación de servicios en entidad estatal frente al derecho al trabajo, la estabilidad laboral y la seguridad social. Estudio comparado: Colombia-Venezuela. Recuperado de: <https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/9a6a43cd-5a56-4c31-af3f-fe580d3621c3/content>
- Breand Xavier, M. P., Neira Yohana, D. D. (2020). Principio de la primacía de la realidad sobre las formalidades: una visión jurisprudencial en los contratos de prestación de servicios (2010-2019) en el sector salud de Colombia. Recuperado de: <https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/19411>
- Cavanova, C. (2017). Calidad de vida del personal de enfermería de unidades de cuidados intensivos en Santa Marta, Colombia. *Revista Colombiana de Enfermería*. <https://masd.unbosque.edu.co/index.php/RCE/article/view/2132/1604>
- Contrato de prestación de servicios profesionales y su correlación con la posible existencia de las nóminas paralelas en las entidades públicas. (s. f.). Universidad Libre de Colombia. <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/17446/CONTRATO%20DE%20PRESTACION%20DE%20SERVICIOS%20PROFESIONALES.PDF>
- Colombia Compra Eficiente. (2022). Concepto C-024 de 2022. <https://www.beltranpardo.com/wp-content/uploads/2022/03/Concepto-Colombia-Compra-Suscripcion-de-varios-contratos.pdf>
- Ministerio del Trabajo. (s. f.). Concepto 168781. <https://www.mintrabajo.gov.co/documents/20147/48263/ID+40827+Algunas+caracter%C3%ADsticas+contrato+de+prestaci%C3%B3n+de+servicios.docx>
- Diazgranados, L. A., Perafán del Campo, E. A., (2018) Derecho laboral en Colombia. <https://publicaciones.ucatolica.edu.co/pdf/derecho-laboral-en-colombia-cato.pdf>
- Colombia. Ministerio de Justicia y del Derecho. (1976). Decreto Ley 150 de 1976. https://www.camara.gov.co/sites/public_html/leyes_hasta_1991/decreto/1976/decreto_0150_1976.html
- Libreros Lasso, J. J., Rivadeneira Grajales, J. D., & Valencia Ruiz, D. (2022). La repercusión de los contratos de prestación de servicios en el personal sanitario del Hospital San Rafael del municipio de Zarzal (Valle) durante los años 2020–2021. <https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/1e04fc75-10af-42b3-9826-f4c819acaffb/content>
- Quiroga-Cabrera, B. (2022). Análisis del contrato de prestación de servicio como causa de inestabilidad y violación a los derechos laborales en el sector de la salud. Recuperado de: <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/f1a524fc-a8a7-482d-a2f7-fd2180fc5824/content>
- República de Colombia, Consejo de Estado, sección segunda, subsección A (2018) Sentencia 005202 de 2018, C.P. Julio Ernesto Cárdenas Pulgarín.
- Sentencia T 388 de 2020 - Corte Constitucional de Colombia. <https://www.corteconstitucional.gov.co/Relatoria/2020/T-388-20.htm>
- Sentencia 13088 del primero de marzo de 2000 - Corte Suprema de Justicia. <https://vlex.com.co/vid/691832909>



REFERENCIAS



- Sentencia C 094/03. <https://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2003/C-094-03.htm>
- Sentencia SU 040/18. <https://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2018/SU040-18.htm>
- Tovar, Reyes, S. L (2018) La aplicación del principio de la primacía de la realidad. cuando el estado oculta la vinculación de los empleados públicos en contratos de prestación de servicios. https://www.jstor.org/stable/j.ctv1ddcwmw?turn_away=true
- Zapata-Herrera, M., & Zapata-Gómez, N. E. (2015). Condiciones de trabajo de las enfermeras y las formas de contratación en Medellín, Colombia. *Universidad y salud*, 17(2), 212-223.



ESTUDIO Y OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE CARBONIZACIÓN DE ENDOCARPIO DE COCO PARA GENERAR MATERIALES CARBONÁCEOS DE INTERÉS COMERCIAL

RECIBIDO: 24/01/2023 ACEPTADO: 20/03/2023 ÚLTIMA VERSIÓN: 10/04/2023

STUDY AND OPTIMIZATION OF THE COCONUT ENDOCARP CARBONIZATION PROCESS TO GENERATE CARBONACEOUS MATERIALS OF COMMERCIAL INTEREST

Carlos Fernando Vanegas Vitola ¹

Estudiante del programa de biología del Departamento de Biología y Química

Reynaldo José Pestana Arrieta ²

Químico investigador del Departamento de Biología y Química

Álvaro Ángel Arrieta Almario ³

Profesor e investigador del Departamento de Biología y Química

RESUMEN

En el presente trabajo se presenta la síntesis de materiales a base de carbono a partir del endocarpio de la semilla de cocoteros (*Cocos nucifera*), con el fin de estandarizar la producción de biocarbón por medio de la maximización de los parámetros de rendimiento y la correlación con una muestra estándar de grafito comercial. La biomasa fue recolectada y sometida a calentamiento aplicando la metodología de diseño experimental de superficie de respuesta con un total de 20 experimentos, a partir de la interacción entre el tiempo y la temperatura. Además, se calculó el porcentaje de rendimiento (%R) para cada tratamiento, y se estimó una correlación que comparo cada grafito obtenido con una muestra estándar comercial, utilizando la técnica de Espectrometría de Infrarrojo por Transformada de Fourier (FTIR). Por otro lado, se realizó una caracterización de la biomasa aplicando el análisis termogravimétrico (TGA/DSC). Se pudo demostrar que la temperatura y el tiempo de calentamiento influencia significativamente los parámetros estudiados de los tratamientos en el proceso de carbonización. En cuanto a la caracterización, se pudo evidenciar que a una temperatura de 800°C la biomasa experimenta un cambio en el flujo de calor que tras exponer la muestra a temperatura ambiente ocasiona que esta se humedezca con facilidad. El rendimiento y la correlación de similitud para el proceso de carbonización del endocarpio de la semilla de cocotero, encuentra una optimización bajo un tiempo de 3 h y una temperatura de 632°C, con un con un porcentaje de rendimiento de 16.29% y un índice de similitud de 0.5526.

PALABRAS CLAVE: biomateriales, desechos agroindustriales, endocarpio de coco, FTIR, TGA/DSC.

ABSTRACT

This work presents the synthesis of carbon-based materials from the endocarp of coconut (*Cocos nucifera*) seeds, with the aim of standardizing biochar production by maximizing yield parameters and correlating them with a standard commercial graphite sample. The biomass was collected and heated using a response surface design methodology with a total of 20 experiments, based on the interaction between time and temperature. The percentage yield (%R) was calculated for each treatment, and

¹ Estudiante del programa de biología del Departamento de Biología y Química - Universidad de Sucre, UDS, Colombia - carlosvanegas0619@gmail.com

² Químico investigador del Departamento de Biología y Química - Universidad de Sucre, UDS, Colombia - reinaldopestan10@gmail.com

³ Profesor e investigador del Departamento de Biología y Química - Universidad de Sucre, UDS, Colombia - alvaro.arrieta@unisucru.edu.co

a correlation was estimated comparing each graphite obtained with a standard commercial sample using Fourier Transform Infrared Spectrometry (FTIR). Furthermore, the biomass was characterized using thermogravimetric analysis (TGA/DSC). It was demonstrated that temperature and heating time significantly influence the studied parameters of the carbonization process. Regarding the characterization, it was observed that at a temperature of 800°C, the biomass undergoes a change in heat flow, which, upon exposure to ambient temperature, causes the sample to become easily moistened. The yield and similarity correlation for the carbonization process of the coconut seed endocarp show an optimization at a time of 3 h and a temperature of 632°C, with a yield percentage of 16.29% and a similarity index of 0.5526.

KEYWORDS: biomaterials, agro-industrial wastes, coconut endocarp, FTIR, TGA/DSC.

RESUMO

Este trabalho apresenta a síntese de materiais à base de carbono a partir do endocarpo de sementes de coco (*Cocos nucifera*), com o objetivo de padronizar a produção de biochar, maximizando os parâmetros de rendimento e correlacionando-os com uma amostra comercial padrão de grafite. A biomassa foi coletada e aquecida utilizando uma metodologia de planejamento de superfície de resposta com um total de 20 experimentos, baseada na interação entre tempo e temperatura. O rendimento percentual (%R) foi calculado para cada tratamento e uma correlação foi estimada comparando cada grafite obtido com uma amostra comercial padrão utilizando Espectrometria de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR). Além disso, a biomassa foi caracterizada por meio de análise termogravimétrica (TGA/DSC). Demonstrou-se que a temperatura e o tempo de aquecimento influenciam significativamente os parâmetros estudados do processo de carbonização. Em relação à caracterização, observou-se que a uma temperatura de 800 °C, a biomassa sofre uma alteração no fluxo de calor que, ao ser exposta à temperatura ambiente, faz com que a amostra se umedeça facilmente. A correlação entre rendimento e similaridade para o processo de carbonização do endocarpo da semente de coco mostra uma otimização em um tempo de 3 h e uma temperatura de 632°C, com uma porcentagem de rendimento de 16,29% e um índice de similaridade de 0,5526.

PALAVRAS-CHAVE: biomateriais, resíduos agro-industriais, endocarpo de coco, FTIR, TGA/DSC.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. MATERIALES CARBONÁCEOS

Los materiales carbonosos son materiales versátiles que han encontrado su lugar en una infinidad de aplicaciones para una sociedad “neutral en carbono” [1]. Los materiales carbonosos exhiben una diversidad impresionante de propiedades, que los convierten en elementos irremplazables en una extensa gama de aplicaciones. Su versatilidad abarca diversos campos, destacándose como componentes indispensables en una variedad extraordinaria de contextos y usos [2]. Ya se están utilizando como sensores, biomateriales, electrodos de almacenamiento, conversión de energía y remediación de efluentes [1]. Estos materiales carbonosos encuentran aplicación en diversas áreas, como la electrónica, la industria automotriz, la medicina, la energía y la investigación científica. Además, la investigación continua en este campo busca descubrir nuevas formas de aprovechar las propiedades únicas del carbono para desarrollar materiales innovadores con aplicaciones aún más amplias [1, 2].

Los materiales carbonáceos se originan a partir de la disposición de capas de grafeno provenientes de grafito de cristalización única. Estas capas, que sirven como unidades fundamentales de construcción, exhiben variabilidad en sus dimensiones y en la forma en que se organizan. Este rango de posibilidades en la organización de las capas da lugar a la creación de diversos materiales carbonáceos con propiedades distintivas, dependiendo de cómo se lleva a cabo su ensamblaje [3].

1.2. TIPOS DE MATERIALES CARBONÁCEOS

Los materiales carbonáceos incluyen una amplia gama de sustancias tales como carbono amorfo, carbón activado,

grafito, carbono pirolítico, nanotubos de carbono, grafeno, celulosa, lignina, puntos cuánticos de carbono, nitruro de carbono gráfico y nanofibras de carbono [4].

1.2.1. CARBONO AMORFO

El carbono amorfo, una variante no cristalina del carbono, se destaca por su excepcional versatilidad y su amplio espectro de aplicaciones. La síntesis de este material se logra mediante métodos como la síntesis hidrotérmica, empleando sacarosa y ácido cítrico. Este proceso permite controlar el tamaño de las microsferas de carbono producidas, un aspecto crucial para su aplicación en contextos específicos [5].

La exploración en la producción de materiales de carbono dopados con nitrógeno mediante la técnica de deposición química de vapor ha revelado perspectivas prometedoras. La inclusión de metales de transición durante este proceso modifica la cantidad y las características del carbono depositado, influyendo directamente en sus propiedades capacitivas [6]. En un ámbito diferente, se ha investigado el uso de fotocatalizadores basados en carbono derivados de biomasa para la degradación de contaminantes bajo luz visible. Este enfoque destaca por su eficacia y sostenibilidad, abriendo nuevas posibilidades en la remediación ambiental [7].

En investigaciones más recientes, se ha profundizado en la influencia del soporte de carbono en la reacción de reducción de oxígeno en entornos alcalinos. Estos estudios resaltan la importancia de la cristalinidad, conductividad y dopaje del carbono en su desempeño como electrocatalizador [4]. Estos

avances colectivos subrayan la importancia del carbono amorfo en campos tan diversos como la síntesis química, el almacenamiento de energía y la remediación ambiental, posicionándolo como un actor clave en la vanguardia de la investigación y aplicación científica [8].

1.2.2. CARBÓN ACTIVADO

Es un tipo de carbón poroso con una gran área superficial. Su capacidad para absorber impurezas y gases lo hace valioso en aplicaciones de purificación de agua y aire, así como en la industria farmacéutica [3]. Las propiedades fisicoquímicas del carbón activado están intrínsecamente vinculadas a diversos factores, entre los que destacan el método de preparación y la fuente de carbono empleada. Estas propiedades pueden evaluarse mediante parámetros clave como área superficial, volumen de poro, distribución del tamaño de poro, densidad y grado de defectos [9]. El carbón activado, en virtud de su alto grado de porosidad, área superficial bien desarrollada y la presencia de diversos grupos funcionales, se posiciona como un material excepcionalmente apto para la adsorción de contaminantes tanto de soluciones acuosas como de la atmósfera [4]. Las propiedades multifacéticas del carbón activado, desde su eficacia en la adsorción de contaminantes hasta sus cualidades térmicas y electroquímicas, lo consolidan como un material de interés en una variedad de aplicaciones científicas, tecnológicas y medioambientales [9, 10].

La versatilidad del carbón activado se extiende más allá de sus propiedades adsorbentes, ya que también exhibe destacadas propiedades térmicas. Esta característica lo hace idóneo como aislante térmico en materiales de construcción, contribuyendo así a la eficiencia energética y al control de la temperatura [11]. Adicionalmente, se ha evidenciado que el carbón activado presenta excelentes propiedades electroquímicas, lo que lo convierte en una opción idónea para aplicaciones en supercondensadores. Su capacidad para almacenar y liberar energía de manera eficiente en entornos electroquímicos refuerza su posición como material avanzado en la ingeniería de almacenamiento de energía [11].

La elaboración de carbón activado se realiza primordialmente a través de dos enfoques: la activación física, también denominada térmica, y la activación química. En el método de activación física, el material carbonáceo se somete inicialmente a un proceso de carbonización en una atmósfera inerte, seguido de la activación mediante un agente oxidante, como dióxido de carbono o vapor de agua. Por otro lado, la activación química involucra el tratamiento del material con un agente deshidratante, como ácido fosfórico, cloruro de zinc o hidróxido de potasio, seguido por la eliminación cuidadosa de dicho agente a través de un lavado con agua [3].

1.2.3. GRAFITO

El grafito, una estructura compuesta por capas de átomos de carbono dispuestos en una configuración de anillo condensado, se destaca por sus notables propiedades termomecánicas, estructurales y de moderación de neutrones. Esta combinación única de características lo convierte en un material idóneo para su implementación en reactores refrigerados por gas de alta temperatura (HTGR) [12]. La relevancia del grafito en este contexto radica en su capacidad para resistir condiciones extremas y contribuir eficientemente a la gestión térmica y neutra de tales reactores, siendo utilizado en aplicaciones como electrodos en baterías y lubricantes sólidos [12]. En

el ámbito de la purificación del grafito, diversos métodos han sido desarrollados por investigadores, y el método del ácido fluorhídrico activado por calor (HAH) destaca como un ejemplo notable. Este método ha demostrado una eficacia sobresaliente al purificar el grafito en escamas sin procesar hasta un 99% de pureza [13, 14]. La purificación del grafito no solo mejora sus propiedades intrínsecas, sino que también amplía su aplicación en diversas áreas de investigación y desarrollo [13, 14].

Más allá de su papel fundamental en reactores nucleares, el grafito ha despertado un creciente interés por sus posibles aplicaciones en catálisis y en otros dominios. La exploración de estas aplicaciones adicionales resalta la versatilidad y el potencial multifacético del grafito en diversas disciplinas científicas y tecnológicas [15].

La resistencia excepcional del grafito a condiciones extremas, como altas temperaturas y radiación, lo hace ideal para su uso en reactores HTGR. Además, su capacidad para moderar neutrones, es decir, reducir su velocidad de manera eficiente, contribuye significativamente a la seguridad y eficacia de estos sistemas nucleares. El método de purificación HAH representa un avance significativo en la mejora de la calidad del grafito. Al lograr un nivel tan alto de pureza, se abren nuevas posibilidades para su aplicación en áreas que requieren materiales de alto rendimiento, como en la fabricación de electrodos para baterías de alto rendimiento y lubricantes sólidos utilizados en condiciones exigentes [14, 15].

La exploración de aplicaciones adicionales del grafito, como en catálisis, resalta su versatilidad y su capacidad para desempeñar roles fundamentales en diversas disciplinas. En catálisis, su estructura única puede proporcionar sitios activos para reacciones químicas, lo que amplía aún más su utilidad más allá de su función tradicional en reactores nucleares. El grafito, con sus propiedades termomecánicas excepcionales y su capacidad única de moderación de neutrones, demuestra ser un material crucial en el ámbito de la energía nuclear. La purificación mejorada y la exploración de aplicaciones adicionales resaltan su versatilidad y potencial multifacético en diversas disciplinas científicas y tecnológicas, promoviendo un continuo interés en su estudio y desarrollo [14, 15].

1.2.4. CARBONO PIROLÍTICO

El carbono pirolítico, un material derivado de procesos sostenibles como la pirólisis de materiales carbonáceos, ofrece una versatilidad única que puede ser modificada mediante diversas técnicas, entre las que se incluyen oxidación, cicloadiciones y reacciones radicales [16]. La aplicación de diferentes tecnologías de separación para placas de circuito impreso (PCB) emerge como un factor influyente en las propiedades del carbono pirolítico, incidiendo en sus estructuras morfológicas y porosas [17]. En conjunto, el carbono pirolítico se erige como un material polifacético con aplicaciones desde la nanotecnología hasta la energía sostenible, demostrando su relevancia en múltiples disciplinas científicas y tecnológicas.

La estructura precursora del carbono duro ejerce un impacto significativo en la estructura y el rendimiento electroquímico de los materiales del cátodo de carbono fluorado [18]. Esta interrelación subraya la importancia de considerar la composición inicial al buscar optimizar las propiedades finales del carbono pirolítico en aplicaciones específicas [18].

En el ámbito de la deposición de carbono pirolítico mediante el uso de metano e hidrógeno, se observa la formación de conos basados en grafeno con ápice nanomezado [19]. Estas estructuras no solo poseen propiedades únicas, sino que también tienen aplicaciones potenciales en áreas como la emisión de electrones y la microscopía de campo cercano [19]. Esta versatilidad funcional del carbono pirolítico abre nuevas posibilidades en la investigación de materiales avanzados y tecnologías emergentes. Adicionalmente, el carbono pirolítico puede ser producido eficientemente en un sistema de coproducción de calor, donde la pirólisis de biomasa genera gas utilizable para la producción de vapor limpio y el suministro de calor [19].

1.2.5. NANOTUBOS DE CARBONO

Los nanotubos de carbono se revelan como estructuras tubulares extraordinarias, caracterizadas por su diámetro nanométrico y una impresionante relación longitud/diámetro. Dotados de propiedades físicas y mecánicas excepcionales, como un elevado módulo de Young y una resistencia a la tracción sobresaliente, estos nanotubos encuentran aplicaciones prometedoras en materiales compuestos y dispositivos electrónicos [20, 21]. Los nanotubos de carbono han captado la atención significativa de la comunidad científica y tecnológica gracias a sus propiedades únicas y su potencial versatilidad en diversas aplicaciones. Desde la nanotecnología hasta la medicina, estos nanotubos representan un campo emocionante de investigación y desarrollo con el potencial de transformar numerosos sectores industriales [20, 21].

La diversidad intrínseca de los nanotubos de carbono se manifiesta en su capacidad para adoptar formas metálicas o semiconductoras, dependiendo de sus parámetros estructurales. Esta flexibilidad estructural amplía su utilidad en una variedad de aplicaciones, que incluyen transistores de efecto de campo, transistores de un solo electrón y diodos rectificadores [22, 23]. Su versatilidad se extiende a campos tan diversos como la aeroespacial, electrónica, medicina, defensa, automotriz, energía, construcción y administración de fármacos [24, 25]. En este orden de ideas, la fabricación de nanotubos de carbono abarca diversos métodos avanzados, como la deposición química de vapor, descarga de arco, ablación láser y antorcha de plasma. Estos enfoques innovadores permiten la síntesis controlada de nanotubos con propiedades específicas, potenciando su aplicación en una amplia gama de sectores [24, 25].

1.2.6. GRAFENO

El grafeno, una lámina aislada de grafito, emerge como un cristal bidimensional de singular importancia en la investigación y desarrollo científico y tecnológico. Su obtención se lleva a cabo mediante un proceso innovador que implica la separación de las capas de grafito utilizando cinta adhesiva, dando lugar a una estructura bidimensional única [6, 7]. Aunque comparte similitudes estructurales con el grafito tridimensional, el grafeno exhibe propiedades excepcionales que lo distinguen significativamente. La singularidad de su estructura bidimensional confiere al grafeno propiedades eléctricas, mecánicas y térmicas notables, que lo posicionan como un material de gran interés y relevancia en diversas aplicaciones [26, 27].

Este proceso de obtención es crucial para entender las propiedades únicas del grafeno. La separación de las capas de grafito revela una lámina de carbono con una estructura

hexagonal de átomos dispuestos de manera ordenada. Este arreglo atómico especial es responsable de las propiedades extraordinarias del grafeno. La definición del grafeno como un cristal bidimensional subraya su carácter distintivo, marcando una diferencia esencial con respecto al grafito tridimensional del cual proviene. Mientras que ambos comparten una raíz común, el grafeno se erige como una entidad única con propiedades sobresalientes que lo destacan en la investigación y desarrollo científico y tecnológico [26, 27].

Desde una perspectiva más detallada, las propiedades eléctricas del grafeno son excepcionales debido a su estructura de banda de energía única, que permite la conducción ultra eficiente de la corriente eléctrica. Esto ha llevado a numerosas investigaciones y aplicaciones en dispositivos electrónicos avanzados, como transistores y dispositivos fotovoltaicos [28]. En cuanto a las propiedades mecánicas, el grafeno es increíblemente resistente y liviano. Su resistencia excepcional se atribuye a los enlaces carbono-carbono fuertes y su estructura en capas. Esto ha llevado a exploraciones en aplicaciones como materiales compuestos y nanotecnología [28].

Las propiedades térmicas del grafeno también son notables. Su alta conductividad térmica lo hace ideal para aplicaciones en disipadores de calor y sistemas de refrigeración avanzados. Estudios adicionales sobre el grafeno incluyen su comportamiento en campos magnéticos y su potencial en aplicaciones médicas, como sensores y dispositivos biomédicos [26, 27, 28]. Cabe decir que, la obtención y definición del grafeno como un cristal bidimensional no solo resalta su origen en el grafito tridimensional, sino que también destaca sus propiedades únicas que lo hacen excepcionalmente valioso en diversas aplicaciones científicas y tecnológicas. La investigación continua en este campo promete revelar aún más aspectos fascinantes y posibilidades innovadoras para el grafeno [26, 27, 28].

1.3. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LOS MATERIALES CARBONÁCEOS

El papel de los materiales carbonáceos en la catálisis está intrínsecamente vinculado a sus excepcionales propiedades físicas. Un contribuyente significativo a su destreza catalítica es la extensa área de superficie interna y el volumen de poros que los dota de notables capacidades adsorbentes [3]. La adaptación de la estructura porosa de estos materiales se convierte en una herramienta invaluable, permitiendo el ajuste preciso de la distribución del tamaño de los poros para satisfacer las demandas de aplicaciones específicas [3]. La versatilidad de los carbones porosos se ejemplifica en sus diversas formas físicas, desde telas de carbón activado hasta monolitos, cada uno diseñado para abordar aplicaciones novedosas [3].

En el ámbito de la catálisis, los materiales carbonáceos encuentran aplicación como catalizadores y soportes catalíticos en diversas industrias. Desde la conversión de metanol hasta la hidrodesulfuración (HDS) del tiofeno y la síntesis de Fischer-Tropsch, su utilidad abarca procesos críticos [3]. Las propiedades físicas controlables, incluida el área de superficie, el volumen de poros y la distribución del tamaño de los poros ofrecen un lienzo para la personalización. Esto permite la creación de un área de superficie generosa para la dispersión efectiva de fases activas, una distribución óptima del tamaño de poro que facilita la difusión eficiente de reactivos y productos, y

la obtención del carácter ácido-base necesario para un rendimiento óptimo [3].

Los materiales carbonáceos destacan como la elección preferida para una multitud de reacciones, celebrados por sus excelentes atributos [3]. Entre ellos se encuentran su destacada conductividad, elevada estabilidad, rentabilidad, ventanas de potencial amplias y la facilidad con la que se pueden modificar sus superficies [3]. Este conjunto de propiedades subraya la utilidad inigualable de los materiales carbonáceos en la catálisis, consolidando su estatus como componentes indispensables en una variedad de procesos químicos [3].

La estructura física de los materiales carbonáceos, como los carbones activados, se caracteriza por una disposición desorganizada de láminas y tiras aromáticas, generalmente dobladas, que se asemejan a una mezcla de virutas de madera y papel arrugado, con brechas variables de dimensiones moleculares entre ellas, que son los microporos [3]. Esta estructura desorganizada depende del material precursor y su pretratamiento. Durante la pirólisis del precursor, heteroátomos como oxígeno, nitrógeno e hidrógeno se eliminan como productos volátiles, y los átomos de carbono restantes se agrupan en pilas de láminas aromáticas planas entrecruzadas de manera aleatoria [3]. La disposición irregular de estas láminas deja intersticios libres entre ellas, que pueden obstruirse con alquitranes y otros productos de pirólisis que generan átomos de carbono desorganizados. Durante la activación térmica, este carbono desorganizado es el primero en reaccionar, despejando la porosidad incipiente del carbón. Posteriormente, los átomos de carbono en las láminas aromáticas comienzan a reaccionar para desarrollar porosidad lo que a su vez depende de la extensión de la activación [3]. Los poros en el carbón activado pueden clasificarse en tres grupos principales según sus tamaños: microporos, mesoporos y macroporos [3]. Los microporos son poros con un tamaño inferior a 2 nm y son el tipo de poro más abundante en los carbones activados [3]. Los mesoporos tienen un tamaño entre 2 y 50 nm, y los macroporos tienen un tamaño superior a 50 nm [3]. La estructura física de los materiales carbonáceos, especialmente la estructura de poros, desempeña un papel crucial en sus propiedades de adsorción y química de superficie, haciéndolos adecuados para diversas aplicaciones en industrias como adsorción, catálisis y procesos de separación [3].

Por ejemplo, la capacidad de adsorción del carbón activado se ve significativamente afectada por su estructura física. Esta estructura incluye parámetros como área superficial, volumen de poros y distribución de tamaño de poro, los cuales determinan la capacidad de adsorción del adsorbente [3]. El carbón activado es principalmente un sólido amorfo con una estructura física relacionada con la del grafito. Se forma mediante capas de átomos de carbono sp^2 , dispuestos en hexágonos regulares, y contiene pequeños cristalitas formados por capas paralelas de hexágonos de carbono, las capas de grafeno, que no están perfectamente orientadas con respecto a su eje perpendicular y pueden superponerse de manera irregular [3].

La presencia de una gran área superficial interna y una estructura porosa polimodal, especialmente la microporosidad, contribuye a la alta capacidad de adsorción del carbón activado [3]. Los microporos, con tamaños menores a 2 nm, proporcionan una gran área superficial para la adsorción y son el tipo de poro más abundante en los carbones activados

[3]. La estrecha distribución de tamaños de microporos puede adaptarse para dar carbones activados con diferentes tamaños de microporos, los cuales pueden ser adecuados para aplicaciones específicas en procesos de adsorción en fase gaseosa o líquida [3].

La estructura física del carbón activado también influye en su química de superficie, lo que a su vez afecta las propiedades adsorptivas [3]. La modificación de la química de la superficie mediante la introducción de heteroátomos como oxígeno y nitrógeno puede tener un efecto importante en las interacciones adsorbente-adsorbato y, por ende, en las propiedades adsorptivas resultantes [3]. La presencia de complejos superficiales o grupos funcionales, como carboxilo, fenol y carbonilo, principalmente ácidos, proporciona al carbón activado un carácter específico, permitiéndole comportarse como un ácido sólido [3].

En resumen, la estructura física del carbón activado, incluyendo su área superficial, volumen de poros y distribución de tamaño de poro, desempeña un papel crucial en la determinación de su capacidad de adsorción [3]. La presencia de una gran área superficial interna, microporosidad y una química de superficie adaptada permite que el carbón activado adsorba selectivamente una amplia gama de moléculas, convirtiéndolo en un adsorbente versátil para diversas aplicaciones en procesos de adsorción en fase gaseosa y líquida [3].

1.4. FORMACIÓN NATURAL DE LOS MATERIALES CARBONÁCEOS

Los materiales carbonáceos, elementos fundamentales en diversas formaciones geológicas, se originan a partir de la alteración de materia orgánica, como la biomasa, durante procesos geológicos significativos, tales como la diagénesis y el metamorfismo. Estos materiales, presentes en rocas sedimentarias, ígneas y metamórficas, abarcan una variedad de compuestos como kerógeno, pirobetún, carbón grafitizante y grafito cristalino, todos productos de procesos geológicos complejos [28, 29].

La formación de materiales carbonáceos puede adoptar dos enfoques fundamentales: biogénico, donde su origen se vincula a organismos vivos, y abiogénico, emergente de procesos químicos no biológicos [29, 30]. Esta dualidad en su génesis añade una dimensión intrigante a la diversidad de estos materiales y su papel en la historia geológica de la Tierra [29, 30].

La presencia ubicua de materiales carbonáceos en distintos tipos de rocas confiere una ventaja única, ya que actúan como archivos que preservan información crucial sobre la historia temprana de nuestro planeta y la evolución de la vida [29]. Estos materiales, al ser testigos de procesos geológicos a lo largo del tiempo, ofrecen pistas valiosas sobre la Tierra primitiva y los eventos que moldearon su superficie y atmósfera en las eras tempranas [29].

Entender la presencia y la composición de los materiales carbonáceos es vital para desentrañar los procesos biogeoquímicos en la Tierra primitiva [29, 30]. Además, la capacidad de estos materiales para contener pistas sobre la existencia de vida temprana añade una capa adicional de fascinación y relevancia científica a su estudio [29, 30]. En conjunto, los materiales carbonáceos se revelan como tesoros geológicos que permiten acceder a los secretos más profundos de la historia de nuestro planeta [29, 30].

1.5. FUENTES DE OBTENCIÓN DE LOS MATERIALES CARBONÁCEOS

La obtención de materiales carbonáceos, regida por principios específicos según diversas fuentes especializadas, es un proceso diverso que involucra la utilización de una variedad de precursores [1, 31]. Estos precursores abarcan desde biomasa, polímeros y líquidos iónicos hasta sales fundidas, e incluso compuestos orgánicos notables como la cafeína. La selección cuidadosa de estos precursores desempeña un papel fundamental en la preparación de materiales carbonáceos con propiedades altamente específicas, como porosidad controlada y composición química modificada [1, 31]. La versatilidad excepcional de los materiales resultantes, derivada de estas características particulares, los posiciona como soluciones idóneas para una amplia variedad de aplicaciones en campos diversos. La literatura especializada destaca la importancia de estas elecciones en la obtención de materiales carbonáceos avanzados, enfatizando su capacidad para adaptarse a requisitos específicos y ofrecer soluciones innovadoras en distintos ámbitos de aplicación [1, 31].

En este contexto, la diversidad de precursores no sólo amplía el rango de propiedades que se pueden lograr, sino que también permite la adaptación de los materiales a aplicaciones específicas [1, 31]. Por ejemplo, la utilización de compuestos orgánicos notables, como la cafeína, puede introducir propiedades únicas en los materiales carbonáceos resultantes, lo que podría tener aplicaciones específicas en campos como la catálisis o la adsorción selectiva [1, 31]. Además, la atención a la composición química modificada abre la puerta a la personalización de propiedades que son cruciales en aplicaciones específicas. Por ejemplo, la capacidad de controlar la porosidad puede ser esencial en aplicaciones como la captura y almacenamiento de gases, donde la eficiencia está directamente relacionada con la estructura porosa del material [1, 31].

Por otra parte, la elección de precursores en la obtención de materiales carbonáceos no solo es un paso crucial, sino que también influye directamente en las propiedades y aplicaciones potenciales de los materiales resultantes [1, 31]. La diversidad en estos precursores no sólo amplía el espectro de propiedades disponibles, sino que también resalta la capacidad de estos materiales para adaptarse a requisitos específicos y proporcionar soluciones innovadoras en diversos campos científicos y tecnológicos [1, 31].

1.6. MÉTODOS DE EXTRACCIÓN Y SÍNTESIS DE MATERIALES CARBONÁCEOS

La elaboración de materiales carbonáceos, como se ha detallado en una exhaustiva revisión científica, se rige por pautas específicas que destacan la importancia de la síntesis “verde” y sostenible [1, 32, 33]. Esta perspectiva impone la necesidad de que la síntesis de estos materiales sea respetuosa con el medio ambiente, utilizando precursores de origen renovable [32]. La literatura científica resalta la exigencia de que los materiales resultantes no solo cumplan con estándares de referencia elevados, sino que también superen las expectativas asociadas a metales nobles [1, 32].

Una recomendación fundamental proveniente de la revisión científica es la minimización tanto de residuos como de productos químicos empleados en el proceso de síntesis. Se aboga por la simplificación de dichos procesos y la reducción

significativa del consumo de energía como una estrategia clave para avanzar hacia prácticas más sostenibles y eficientes en la obtención de materiales carbonáceos avanzados [1, 32]. En este contexto, es crucial no sólo evaluar la eficacia de los métodos de síntesis, sino también considerar su impacto ambiental [1, 32]. La investigación actual se centra en el desarrollo de técnicas que no solo sean eficientes desde el punto de vista de la producción de materiales avanzados, sino que también minimicen la huella ambiental asociada con la síntesis de materiales carbonáceos. Este enfoque implica una revisión integral de los procesos, desde la elección de precursores hasta la manipulación de residuos, con el objetivo de optimizar la sostenibilidad del ciclo de vida de estos materiales [1, 32].

La selección cuidadosa de precursores de origen renovable y la optimización de procesos para reducir residuos y productos químicos son áreas clave de interés en la vanguardia de la síntesis de materiales carbonáceos sostenibles [32, 33]. Además, se está explorando la integración de tecnologías más limpias y eficientes, como la energía renovable, para abordar el consumo de energía en estos procesos [32, 33]. Esta diversificación en las fuentes de energía no solo tiene beneficios ambientales directos, sino que también contribuye a la reducción de la dependencia de recursos no renovables [32, 33].

Es relevante destacar que este proceso de síntesis de materiales carbonáceos avanzados no solo se enfoca en la eficacia y las propiedades intrínsecas de los materiales, sino que también aboga por prácticas sostenibles y respetuosas con el medio ambiente [32, 33]. La integración de estas consideraciones en la investigación y desarrollo de nuevos materiales no solo responde a una responsabilidad científica, sino que también abre nuevas posibilidades para el desarrollo de materiales carbonáceos avanzados con aplicaciones más amplias en campos como la nanotecnología, la electrónica y la catálisis. Este enfoque holístico promete avanzar hacia una producción más responsable y ética en el campo de la ciencia de materiales carbonáceos, contribuyendo significativamente a la sostenibilidad y la innovación en la comunidad científica [32, 33].

1.6.1. MÉTODOS MECÁNICOS

La síntesis de materiales carbonáceos mediante métodos mecánicos ha experimentado notables avances en los últimos años, con un enfoque particular en la síntesis asistida por microondas [34].

Esta técnica ha demostrado ser altamente eficiente, facilitando la creación de nanopartículas carbonáceas luminiscentes. Un aspecto destacado de esta metodología es su carácter ecológico, proporcionando una vía más eficiente para la producción de seda de gusano de seda fluorescente [34].

En el ámbito de la síntesis de grafeno, se han explorado métodos alternativos que incluyen la irradiación por microondas y la aplicación de energía ultrasónica [35]. Estas variaciones en las técnicas de síntesis no solo ofrecen nuevas perspectivas, sino que también amplían significativamente las posibilidades de producir grafeno a partir de una diversidad de materiales [35]. Un avance significativo en la convergencia de materiales es la creación de compuestos de óxido de titanio con grafeno, así como el grafeno inducido por láser, diseñado específicamente para aplicaciones ambientales [36]. Destaca la eficiencia de los métodos de síntesis de un solo paso, lo

que sugiere un potencial considerable para la producción de materiales avanzados con propiedades mejoradas [36].

Finalmente, la síntesis de materiales carbonáceos a partir de residuos biológicos para su aplicación en supercapacitores ha sido objeto de una revisión exhaustiva [37]. Se ha resaltado la importancia de la activación química y la carbonización en este contexto, ya que contribuyen significativamente a mejorar la porosidad y la eficiencia electroquímica de los materiales resultantes [37].

En conjunto, estos avances subrayan la diversidad y la innovación en los métodos de síntesis de materiales carbonáceos, evidenciando su potencial no solo en la producción de materiales fluorescentes y grafeno, sino también en aplicaciones medioambientales y electroquímicas [37].

La continua exploración de nuevas técnicas y enfoques en este campo promete abrir nuevas fronteras para el desarrollo de materiales carbonáceos con propiedades mejoradas y aplicaciones más amplias [37].

1.6.2. MÉTODOS QUÍMICOS

Los métodos químicos para la síntesis de materiales carbonáceos han experimentado avances significativos, ofreciendo nuevas posibilidades en diversas aplicaciones.

Un enfoque notable es el uso de métodos asistidos por microondas para sintetizar nanopartículas carbonáceas luminiscentes, un proceso que combina eficiencia y sostenibilidad [38]. Además, se ha desarrollado un método de síntesis de un solo paso para la producción de HMF a partir de carbohidratos utilizando un catalizador carbonáceo ácido-base funcional soportado en nanotubos de haloisita, lo que representa un avance en la química de conversión de biomasa [39]. Otro estudio importante se centró en la síntesis y caracterización de carbón activado a partir de materiales de desecho biológico, demostrando su eficacia como adsorbente de bajo costo para la eliminación de impurezas del agua [40]. Por último, se ha revisado la síntesis de puntos cuánticos de grafeno derivados de biomoléculas, destacando su potencial en aplicaciones avanzadas como la optoelectrónica y la biomedicina [41].

Estos avances ilustran la diversidad y la innovación en los métodos químicos de síntesis de materiales carbonáceos, resaltando su potencial en una amplia gama de aplicaciones.

1.7. USO Y APLICACIONES POTENCIALES

Los materiales carbonáceos, con sus diversos alótropos, desempeñan un papel fundamental en una amplia gama de aplicaciones, desde la generación de energía en celdas de combustible hasta usos medicinales, cosméticos y como catalizadores [42]. Dentro de este abanico, destacan tres clases principales de alótropos de carbono: los carbones activados, los nanotubos de carbono y el grafeno. La investigación en torno a estos materiales se ha centrado tanto en entender sus metodologías de síntesis como en explorar sus aplicaciones sostenibles, que incluyen el tratamiento de agua, almacenamiento de energía y eliminación de dióxido de carbono de la atmósfera [42].

En particular, los carbones activados han encontrado un amplio campo de aplicación en el tratamiento del agua,

donde su capacidad para absorber contaminantes ha sido explotada de manera exitosa [42]. Por otro lado, los nanotubos de carbono y el grafeno se han destacado en el ámbito del almacenamiento de energía y la captura de CO₂, contribuyendo significativamente a resolver la crisis energética y abordar preocupaciones medioambientales [42].

La versatilidad y utilidad de estos alótropos de carbono radican en sus propiedades físicas y químicas sobresalientes [42]. La sólida resistencia mecánica, la estabilidad química excepcional, la elevada área superficial y la presencia de numerosos grupos funcionales hacen de estos materiales opciones prometedoras para diversas aplicaciones [42]. Además, el proceso de obtención de carbón activado a partir de diversos tipos de residuos sólidos, como desechos domésticos, municipales e industriales, mediante métodos de activación como procesos físicos, químicos, fisicoquímicos y de microondas, demuestra la viabilidad de aprovechar recursos disponibles para fines beneficiosos [42].

Los materiales carbonáceos se erigen como activos invaluable en el ámbito del almacenamiento de energía, ofreciendo una multitud de ventajas [42]. Los carbones activados, el grafeno y los nanotubos de carbono destacan como actores clave, mostrando un rendimiento excepcional tanto en la mitigación de la crisis energética como en la abordación de preocupaciones ambientales [42]. Sus características distintivas, como notables áreas de superficie, conductividad eléctrica superior y sólida resistencia mecánica, los convierten en contribuyentes fundamentales para abordar ambos desafíos [42].

Dentro del ámbito del almacenamiento de energía, los materiales basados en carbono toman protagonismo, principalmente debido a su rentabilidad, disponibilidad abundante y atributos respetuosos con el medio ambiente [42]. Los carbones activados, el grafeno y los nanotubos de carbono sobresalen como opciones altamente efectivas para supercondensadores, gracias a su sustancial área de superficie específica y excepcional conductividad eléctrica, lo que los hace versátiles para una amplia gama de aplicaciones de almacenamiento de energía [42].

Las propiedades de estos materiales, influenciadas intrínsecamente por su tamaño y características superficiales, desempeñan un papel crucial en la mejora de las actuaciones de conversión y almacenamiento de energía [42]. Los carbones activados, en particular, son objeto de una exploración extensa por su potencial como electrodos en supercondensadores de alta calidad, capitalizando sus sustanciales áreas de superficie y poros en la superficie superior [42]. En resumen, la utilización de materiales carbonáceos en el almacenamiento de energía no solo resulta rentable, sino que también ofrece ventajas significativas, que incluyen áreas de superficie sustanciales, excelente conductividad eléctrica y un impacto ambiental favorable [42].

1.8. ¿QUÉ MÉTODOS SE PUEDEN USAR PARA CARACTERIZAR LOS MATERIALES CARBONÁCEOS?

La caracterización de materiales carbonáceos implica la utilización de diversas técnicas analíticas altamente especializadas para llevar a cabo una evaluación y descripción detallada de sus propiedades. Entre los métodos destacados se encuentran la espectroscopía Raman, la espectroscopía infrarroja con transformada de Fourier (FTIR), la microscopía electrónica de transmisión (TEM) y la espectrometría de masas de iones secundarios (SIMS) [43].

La espectroscopía Raman se destaca por su capacidad para proporcionar información detallada sobre las vibraciones moleculares y la estructura cristalina de los materiales carbonáceos. Al incidir luz láser sobre el material, se obtiene un espectro Raman que revela las frecuencias de vibración características, permitiendo una identificación precisa de los enlaces químicos y la composición molecular [43].

La espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) se centra en las vibraciones moleculares asociadas con los enlaces químicos [43]. Este método ofrece una visión detallada de la composición química de los materiales carbonáceos, permitiendo la identificación de grupos funcionales específicos y proporcionando información valiosa sobre la funcionalidad química del material [43].

La microscopía electrónica de transmisión (TEM) es esencial para la caracterización morfológica a nivel nanométrico [43]. Permite la observación directa de la estructura interna de los materiales carbonáceos, revelando detalles sobre la distribución de partículas, la porosidad y la uniformidad estructural [43].

La espectrometría de masas de iones secundarios (SIMS) ofrece información sobre la composición elemental de la superficie de los materiales carbonáceos [43]. Mediante el bombardeo de iones primarios, se generan iones secundarios que se analizan para determinar la presencia y la abundancia de elementos en la superficie del material [43].

Estas técnicas analíticas, utilizadas en conjunto, proporcionan una panorámica integral de las propiedades estructurales, químicas y morfológicas de los materiales carbonáceos. Esta aproximación exhaustiva es crucial para desentrañar las complejidades inherentes a estos materiales y maximizar su aplicación en diversas disciplinas científicas y tecnológicas [43]. La combinación de estos métodos permite a los investigadores obtener una comprensión profunda y precisa de las características intrínsecas de los materiales carbonáceos, facilitando su optimización y aplicación en campos que van desde la nanotecnología hasta la catálisis y más allá [43].

Existen otros métodos como el análisis termogravimétrico (TGA) y el análisis por calorimetría diferencial de barrido (DSC), que permiten comprender el comportamiento de la composición de los materiales.

1.8.1. ESPECTROSCOPIA RAMAN

La espectroscopía Raman emerge como una herramienta clave en este proceso, proporcionando información única sobre la vibración molecular y la estructura cristalina de los materiales carbonáceos [44]. Este enfoque no invasivo emerge como una herramienta esencial al proporcionar una rica fuente de información sobre la estructura, calidad y propiedades físicas inherentes a los materiales carbonáceos [44, 45]. La aplicación de técnicas de dispersión Raman en este contexto revela su capacidad para desentrañar la relación entre enlaces sp^2 y sp^3 en nanomateriales de carbono, un aspecto crítico que influye directamente en sus propiedades mecánicas, eléctricas y térmicas [44].

La versatilidad de la espectroscopía Raman se extiende a la electroquímica, donde ha desempeñado un papel fundamental en la investigación de nanotubos de carbono. Su aplicación se evidencia en la exploración de la absorción óptica en diversas soluciones electrolíticas y en el análisis de

la funcionalización química de nanotubos de carbono [45, 46]. Un aspecto adicional de su utilidad radica en su capacidad para caracterizar materiales bidimensionales sintetizados sobre sustratos metálicos, donde la mejora de la intensidad Raman se logra mediante el uso estratégico de películas de nitruro de boro [45, 46].

1.8.2. ESPECTROSCOPIA INFRARROJA POR TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR)

Por otro lado, la aplicación de la espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) emerge como una herramienta esencial en el análisis detallado de materiales carbonáceos. Esta técnica avanzada ofrece una profunda comprensión de las características químicas de estos materiales al identificar las vibraciones moleculares asociadas con sus enlaces [47]. La espectroscopía FTIR se basa en la interacción de la radiación infrarroja con las moléculas de un material. Cuando la radiación infrarroja incide sobre un material carbonáceo, las moléculas absorben la energía en modos vibracionales específicos. La FTIR registra estas absorciones, generando un espectro que revela información detallada sobre la composición química y la estructura molecular del material en cuestión [47].

Uno de los aspectos cruciales de la espectroscopía FTIR aplicada a materiales carbonáceos es su capacidad para identificar enlaces específicos presentes en la estructura molecular [47, 48]. Por ejemplo, puede discernir entre enlaces carbono-carbono, carbono-oxígeno y carbono-nitrógeno, proporcionando una visión detallada de la funcionalidad química presente en el material [47, 48]. En el caso de materiales carbonáceos obtenidos mediante síntesis asistida por microondas, la espectroscopía FTIR puede destacar la presencia de grupos funcionales específicos que han surgido durante la reacción química inducida por las microondas [47]. Esto no sólo valida la eficacia de la síntesis, sino que también permite una comprensión más profunda de los cambios moleculares que han ocurrido durante el proceso [47, 48].

Además, la espectroscopía FTIR brinda información sobre la presencia de impurezas o residuos que podrían afectar las propiedades finales de los materiales carbonáceos. La capacidad de detectar y cuantificar estas impurezas es esencial para garantizar la pureza y calidad del producto final [47, 48]. En términos de aplicaciones prácticas, la espectroscopía FTIR en materiales carbonáceos encuentra relevancia en una variedad de campos, desde la nanotecnología hasta la catálisis [47, 48]. Por ejemplo en la nanotecnología el análisis detallado de la estructura molecular puede guiar la modificación precisa de propiedades para aplicaciones específicas, como la mejora de la conductividad eléctrica en nanomateriales carbonáceos [47, 48].

1.8.3. ESPECTROMETRÍA DE MASAS DE IONES SECUNDARIOS (SIMS)

La espectrometría de masas de iones secundarios (SIMS) agrega otra dimensión a la caracterización de los materiales carbonáceos al facilitar la identificación de elementos específicos y la determinación de su distribución espacial en la muestra [49]. Esta técnica analítica avanzada ha revolucionado el análisis de superficies y la caracterización de materiales [49]. El SIMS es capaz de proporcionar información detallada sobre la composición química, elemental e isotópica de áreas localizadas de un objetivo sólido, lo que lo hace invaluable en una amplia gama de aplicaciones científicas y tecnológicas [50].

Una de las aplicaciones clave de SIMS es en el análisis de superficies, donde se ha utilizado para estudiar desde nanopartículas poliméricas hasta minerales y materiales geológicos. Por ejemplo, se ha aplicado para cuantificar la distribución del tamaño de partículas en nanopartículas poliméricas, proporcionando una correlación precisa entre los tamaños medidos por SIMS y otras técnicas como la dispersión dinámica de luz [51]. Además, SIMS ha sido fundamental en el estudio de minerales, permitiendo observar la morfología y composición química de minerales como dolomita, calcita y goethita [52].

En el campo de la electroquímica, SIMS se ha combinado con técnicas de microscopía para la creación y análisis a escala atómica de nanoestructuras, como en el caso de la electrodeposición de nanopartículas de platino (Pt) [53]. Además, se ha demostrado la utilidad de SIMS en estudios paleotermométricos, como en el análisis de isótopos de oxígeno en apatito de conodontes del Ordovícico, proporcionando información valiosa sobre las temperaturas oceánicas pasadas [53]. Estos estudios destacan la importancia de SIMS como una herramienta esencial para la investigación y el desarrollo de materiales avanzados [53].

1.8.4. MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE TRANSMISIÓN (TEM)

La aplicación de la microscopía electrónica de transmisión (TEM) constituye un paso esencial en la caracterización, permitiendo la observación a nivel nanométrico de la morfología y la estructura de los materiales [54]. Esta técnica ofrece una visión detallada de la disposición y la interacción de los componentes a una escala microscópica [54]. Por ejemplo, se ha utilizado TEM para cuantificar la distribución del tamaño de partículas de nanopartículas poliméricas, proporcionando una correlación precisa entre los tamaños medidos por TEM y por dispersión dinámica de luz (DLS) [54]. Además, TEM ha sido fundamental en el estudio de minerales, permitiendo observar la morfología y composición química de minerales como dolomita, calcita y goethita [55]. En el campo de la electroquímica, TEM se ha combinado con microscopía electroquímica de células de barrido para la creación y análisis a escala atómica de nanoestructuras, como en el caso de la electrodeposición de nanopartículas de Pt [56]. Además, se ha demostrado el crecimiento de nanocables de Ge en agua a temperatura ambiente dentro de un soporte de microscopía electrónica de transmisión líquida, proporcionando información valiosa sobre los procesos de nucleación y crecimiento de nanocables [57]. Estos estudios destacan la importancia de TEM como una herramienta esencial para la investigación y el desarrollo de materiales avanzados [57].

1.8.5. ANÁLISIS TERMOTERMIGRÁFICO (TGA)

El análisis termogravimétrico (TGA) es una técnica analítica esencial en la caracterización de materiales, especialmente útil para estudiar la estabilidad térmica y la composición de diversos compuestos [58]. TGA mide la pérdida de masa de una muestra en función de la temperatura o el tiempo bajo un ambiente controlado. Esta técnica es ampliamente utilizada en la investigación y desarrollo de materiales, incluyendo polímeros, compuestos inorgánicos, nanomateriales y biomasa [58].

Una aplicación significativa de TGA es en la evaluación de la pirólisis de biomasa para la producción de bioenergía y biocombustibles. Proporciona información valiosa sobre las

características térmicas de diferentes tipos de biomasa, lo que es crucial para optimizar los procesos de conversión térmica [59]. Además, se ha empleado para caracterizar materiales de grafeno, donde se estudia la influencia del tamaño de partícula y la presencia de grupos oxigenados en las propiedades térmicas del grafeno, óxido de grafeno y grafito [60].

En el campo de los nanomateriales, se utiliza para investigar la estabilidad térmica y las propiedades termodinámicas de nanopartículas de óxidos metálicos. Estos estudios son fundamentales para comprender la composición y las impurezas de los nanomateriales, así como para calcular parámetros cinéticos y termodinámicos como la energía de activación y la entalpía [61]. Además, ha demostrado ser una herramienta valiosa en la lucha contra los materiales de grafeno falsificados, permitiendo la caracterización y el control de calidad de los materiales de grafeno fabricados industrialmente [61].

1.8.6. ANÁLISIS POR CALORIMETRÍA DIFERENCIAL DE BARRIDO (DSC)

El análisis por calorimetría diferencial de barrido (DSC) es una técnica analítica fundamental en la caracterización de materiales, utilizada para medir las transiciones de fase y las propiedades térmicas de una amplia gama de sustancias [62]. DSC mide la diferencia en la cantidad de energía absorbida o liberada por una muestra en comparación con un estándar de referencia, como función de la temperatura o el tiempo. Esta técnica es ampliamente utilizada en campos como la química de polímeros, la farmacología, la investigación de alimentos y la ciencia de materiales [62].

Una aplicación importante es en el estudio de microplásticos en aguas residuales y otros entornos ambientales [63]. Esta técnica ha demostrado ser una herramienta eficaz para identificar y cuantificar microplásticos, como polietileno (PE), poliestireno (PS), polipropileno (PP) y tereftalato de polietileno (PET), en muestras ambientales [63]. Además, se utiliza en la industria alimentaria y farmacéutica para estudiar transiciones de fase y propiedades térmicas de alimentos y fármacos, lo que es crucial para el desarrollo de nuevos productos y la mejora de los existentes [64].

En el campo de los materiales amorfos y las aleaciones metálicas, DSC es una herramienta esencial para investigar la relajación estructural, la temperatura de Curie, la temperatura de transición vítrea, la cristalización, la separación de fases y la cinética de transformaciones microestructurales inducidas por tratamiento térmico [65]. Además, el análisis por calorimetría diferencial de barrido ha demostrado ser una técnica valiosa para la cuantificación rápida y precisa de microplásticos semicristalinos en matrices ambientales, mejorando la detección y la precisión en la cuantificación de estos contaminantes [65].

1.9. USO DE DESECHOS AGROINDUSTRIALES PARA LA SÍNTESIS DE MATERIALES CARBONÁCEOS

La utilización de residuos agroindustriales para la síntesis de materiales carbonáceos, como el carbón activado, presenta una innovadora vía para abordar desafíos ambientales y mejorar la calidad de vida en diversas comunidades [66]. Un estudio significativo destacó la viabilidad de este enfoque al demostrar la síntesis exitosa de carbón activado a partir de residuos agrícolas mediante un método sencillo y eficiente [66].

En este estudio, se seleccionaron precursores abundantes y ricos en carbono, como la cáscara de arroz, la mazorca de maíz y la paja de trigo, para la producción de carbón activado [66, 67]. Estos materiales, comúnmente desechados en la agroindustria, se revelaron como fuentes valiosas para la generación de un recurso útil y versátil como el carbón activado [66, 67, 68]. El método empleado para la activación química con NaCl añade un componente de simplicidad y rentabilidad al proceso, lo que subraya la viabilidad de su implementación a mayor escala [66, 67, 68].

La caracterización detallada del carbón activado sintetizado a través de diversas técnicas analíticas, como la microscopía electrónica de barrido (SEM), la espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR), la espectroscopía de dispersión de energía de rayos X (EDS) y el análisis de área superficial por Brunauer-Emmett-Teller (BET), proporciona una comprensión profunda de sus propiedades estructurales y químicas [68]. Estas técnicas ofrecen una visión detallada de la morfología, la composición y la superficie del carbón activado, respaldando así la evaluación de su idoneidad para aplicaciones específicas [68].

Los experimentos de adsorción realizados, utilizando azul de metileno como modelo de contaminante, revelaron la alta capacidad de adsorción del carbón activado sintetizado [68]. La investigación detallada sobre los efectos del tiempo de contacto, la cantidad de adsorbente y el pH de la solución en el proceso de adsorción destaca la versatilidad y la adaptabilidad de este material en diversas condiciones [68].

Los resultados obtenidos indican que el carbón activado derivado de residuos agroindustriales podría representar una alternativa eficaz y asequible al carbón activado comercial para la purificación del agua y otras aplicaciones de adsorción. Este enfoque, además de ofrecer beneficios medioambientales al reciclar residuos, tiene el potencial de mejorar significativamente la calidad de vida en áreas rurales y remotas, donde el acceso a agua potable segura es limitado [66, 68]. La implementación de este método sencillo y económico podría tener un impacto positivo, proporcionando soluciones prácticas y sostenibles para desafíos críticos en comunidades vulnerables [68, 69].

1.10. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El coco es un fruto tipo drupa con una estructura dividida en epicarpio, mesocarpio y endocarpio, cada una compuesta principalmente de fibras de celulosa y lignina que le dan su dureza y resistencia [70]. Estos componentes en el sector alimentario y comercial se convierten en desechos, los cuales pueden ser aprovechados para diversos fines, tales como la creación de artesanías, utensilios, herramientas, sustratos y síntesis de compuestos [70]. De acuerdo con los datos proporcionados por la FAOSTAT, la producción mundial de coco alcanzó la considerable cifra de 63.6 millones de toneladas en 2021, generando así un notable volumen de desechos agroindustriales. Esta abundancia de biomasa residual, como las conchas de coco, representa una oportunidad para contribuir a la sostenibilidad y la economía circular [71]. En el ámbito nacional, durante el año 2022, la producción de coco en [nombre del país] alcanzó las 153,832 toneladas, consolidándose como un sector económico destacado, especialmente en la región del Caribe colombiano [71].

No obstante, la gestión adecuada de los residuos vegetales, en particular las conchas generadas tras el consumo del endospermo de las semillas de coco, plantea un desafío ambiental [70]. Aquí es donde se abre una ventana de oportunidad para aplicar tratamientos innovadores, aprovechando la capacidad inherente de los desechos agroindustriales para ser reutilizados en diversos procesos [72].

Sin embargo, la realización de este tipo de estudios requiere del uso de técnicas como el análisis termogravimétrico (TGA) y la calorimetría diferencial de barrido (DSC), ya que por medio de estos procesos analíticos se revelan componentes esenciales para el estudio exhaustivo de los materiales en cuestión, contribuyendo así al avance del conocimiento en el campo de la investigación científica y tecnológica [73].

Desde esta perspectiva, el presente estudio busca ofrecer una solución integral para la disposición final de la biomasa del endocarpio de las semillas de coco. Se propone la síntesis de materiales a base de carbono, como el grafito o el óxido de grafeno, mediante métodos respetuosos con el medio ambiente. Este enfoque no solo busca transformar los residuos en materiales valiosos, sino también garantizar que el proceso de producción minimice la generación de contaminantes. La clave radica en la implementación de un control riguroso y la sistematización precisa de los procesos de extracción, garantizando así una producción eficiente y sostenible.

Estos materiales no solo destacan por su rentabilidad, biodegradabilidad, amigabilidad con el medio ambiente y su condición no tóxica, sino que estas características los perfilan como opciones ideales para técnicas de preparación de muestras verdes [4]. Métodos como la extracción en fase sólida y la extracción magnética en fase sólida encuentran en estos materiales no sólo eficacia sino también una alineación con principios sostenibles, subrayando así su relevancia en la promoción de prácticas respetuosas con el entorno en los procesos de laboratorio [4].

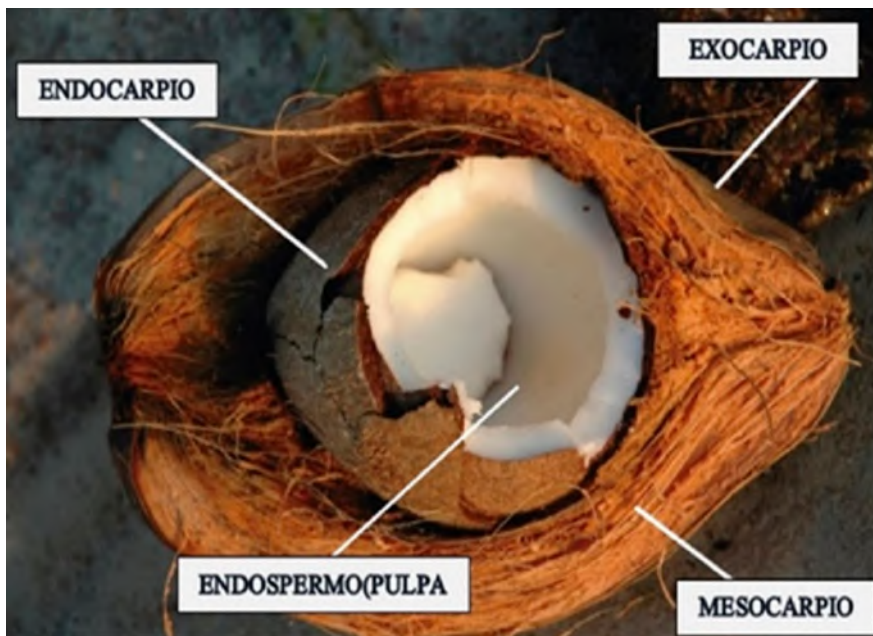
En última instancia, este estudio no solo aborda el problema de gestión de residuos, sino que también representa una contribución significativa a la creciente demanda de materiales carbonosos sostenibles. La síntesis de materiales carbonáceos a partir de desechos de coco se presenta como una alternativa atractiva, alineada con los principios de la economía circular y la responsabilidad ambiental. En este orden de ideas, esta investigación pretende estandarizar la producción de biocarbón por medio de la maximización de los parámetros de rendimiento y la correlación con una muestra estándar de grafito comercial.

2. METODOLOGÍA

2.1. RECOLECCIÓN DE BIOMASA DE ENDOCARPIO DE LA SEMILLA DE COCO

En el transcurso de esta investigación, se llevó a cabo un minucioso proceso de recolección de cáscaras de coco, meticulosamente diferenciando entre el mesocarpio, que constituye la cáscara intermedia fibrosa, y el endocarpio, caracterizado por corresponder a la capa más interna de la semilla con mayor dureza y que recubre al endospermo (figura 12).

Figura 12. Partes de la semilla la semilla de cocotero



Nota. Tomada de Quintero, Nieto, Marín, & Canto (2023)

2.2. PROCEDIMIENTO

Se seleccionó con precisión un total de 1 kg de endocarpio de cáscara de coco, el cual experimentó un proceso de secado a temperatura ambiente durante un día completo. Posteriormente, se procedió a triturar este material hasta alcanzar fragmentos con dimensiones aproximadas de 1 mm (figura 13).

Figura 13. Endocarpio de la semilla de cocotero triturado



Nota. Elaboración propia por parte de los autores (2023).

En la siguiente fase experimental, se tomaron 40 g del residuo de coco proveniente de las muestras previamente trituradas y se colocaron estratégicamente en crisoles de porcelana de 70 mL. Estos crisoles fueron sometidos a un proceso de calentamiento en una mufla Terrígeno MM 10, donde se variaron las temperaturas de incineración en un rango que abarcó desde 300 hasta 1000°C, y los tiempos de exposición al calor oscilaron entre 3, 5, 7 y 10 horas. Cada muestra incinerada fue objeto de una meticulosa pesada en una balanza analítica, permitiendo así calcular con precisión el porcentaje de rendimiento de dicho proceso.

2.3. CARACTERIZACIÓN DE BIOCARBÓN

En una fase posterior de la investigación, las muestras incineradas fueron sometidas a un análisis más profundo mediante la aplicación de la técnica de espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR). La comparación de los espectros obtenidos se llevó a cabo en base a una muestra estándar comercial de grafito (Graphite of Merck), con el propósito de determinar la correlación o similitud entre ambos compuestos, brindando así una perspicacia más detallada sobre las complejidades de sus estructuras orgánicas.

En el contexto de la investigación, se llevó a cabo un análisis termogravimétrico (TGA) y análisis por calorimetría diferencial de barrido (DSC) utilizando un avanzado analizador térmico simultáneo STA 6000. Este análisis se realizó en un amplio rango de temperatura, específicamente desde 25°C hasta 1200°C, con una velocidad de rampa de 10°C/min en una atmósfera controlada de nitrógeno (N₂). Este enfoque experimental permitió realizar un seguimiento detallado de la pérdida de masa del endocarpio de la semilla de coco en relación con la temperatura a la que fue sometido. De esta manera, se logró obtener una visión integral de las propiedades térmicas de las muestras analizadas, proporcionando datos fundamentales para la comprensión de su comportamiento bajo condiciones específicas.

2.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y OPTIMIZACIÓN

Adicionalmente, con el objetivo de dotar a los resultados de un rigor científico, se aplicó un análisis estadístico mediante el método de superficie de respuesta (MSR), con un intervalo de confianza del 95% y un margen de error del 5%. Este enfoque estadístico, implementado utilizando el software Minitab v.19.1, proporcionó una evaluación más robusta y precisa de los resultados, consolidando de manera efectiva las conclusiones derivadas de este estudio que permite la comprensión de las propiedades termoquímicas de las cáscaras de coco.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las tonalidades de las muestras obtenidas luego de la incineración fueron principalmente oscuras, con leves coloraciones claras debido a las cenizas resultantes del calentamiento (figura 14), esto sugiere una completa carbonización, mientras que dicha tonalidad puede indicar una estructura más amorfa del carbón, típica de temperaturas más altas y tiempos moderados [4, 37].

Tras el macerado y tamizado, la mayoría de las muestras se tornaron completamente oscuras (figura 15), con excepción de las muestras que fueron expuestas durante 10 h a temperaturas de 800 y 1000°C que presentaron tonalidades grisáceas, diferenciándose del resto, esto puede deberse a

alta cantidad de óxido de silicio presente en dichas muestras, lo cual propone una alteración en la estructura del material, probablemente indicando una transición hacia una fase más cristalina del carbón [4, 37].

Por otro lado, las conchas de coco sometidas a 300°C fueron las que presentaron tonalidades marrones, lo que indica que indica una carbonización incompleta (figura 16), y, por tanto, poseer mariales orgánicos con propiedades diferentes [4, 37].

Figura 14. Endocarpio de semilla de cocotero carbonizado a temperaturas mayores de 300°C



Nota. Elaboración propia por parte de los autores (2023).

Figura 15. Biocarbón macerado y tamizado



Nota. Elaboración propia por parte de los autores (2023).

Figura 16. Endocarpio de semilla de cocotero carbonizado a una temperatura de 300°C



Nota. Elaboración propia por parte de los autores (2023).

Se presentan los %R tras la incineración de cada una de las muestras variando tiempo y temperatura (tabla 6). En este caso se denota que, bajo un tiempo de 3 h y temperaturas de 400°C, se obtienen porcentajes de rendimiento más altos en comparación con los de las demás variaciones (22% aproximadamente), teniendo como base que la muestra se tornó completamente oscura luego de la incineración y el tamizado. La eficiencia en esta condición puede ser atribuida a una adecuada carbonización sin pérdida excesiva de masa, pero con presencia de materiales orgánicos evidenciados en las pruebas FTIR. Sin embargo, a temperaturas de 300°C y 3 h de exposición, se alcanzan %R de hasta 27% aproximadamente, pero debido a su coloración resultan no ser significativos. Por su parte, temperaturas de 1000 y 800°C durante largos tiempo de exposición (7 y 10 h exactamente), presentaron %R por debajo del 1 para el rendimiento determinado tras la incineración, obteniéndose masas por debajo de 0.5 g, lo cual es muy bajo teniendo en cuenta que la muestra inicial fue de 40 g, a excepción de la muestra que estuvo a 800°C durante 7 horas, la cual tuvo un %R>1, y aproximadamente 2 g de masa, lo que facilitó dilucidar su espectro FTIR, a diferencia de las otras muestras expuestas a condiciones similares (tabla 7). Esto podría indicar que largos tiempos de incineración no son óptimos a la hora de obtener altos valores de rendimiento, y por ende recuperar la mayor cantidad posible de biocarbón, sino que se debería procurar usar tiempos moderados como los de 4 h o menos.

Tabla 6. Rendimiento obtenido a partir de la carbonización del endocarpio de coco variando temperatura y tiempo

TEMPERATURA (°C)	TIEMPO (H)			
	3	5	7	10
300	27.3	25.9	22.5	20.7
400	21.8	20.2	15.5	10.3
600	18.1	13.0	9.2	6.4
800	13.6	8.6	4.6	0.6
1000	12.0	2.6	0.1	0.0

Los resultados están expresados en porcentaje (%).

Nota. Elaboración propia por parte de los autores (2023).

Tabla 7. Índices de correlación para cada ensayo luego de carbonización y tamizado con respecto a muestra de grafito comercial

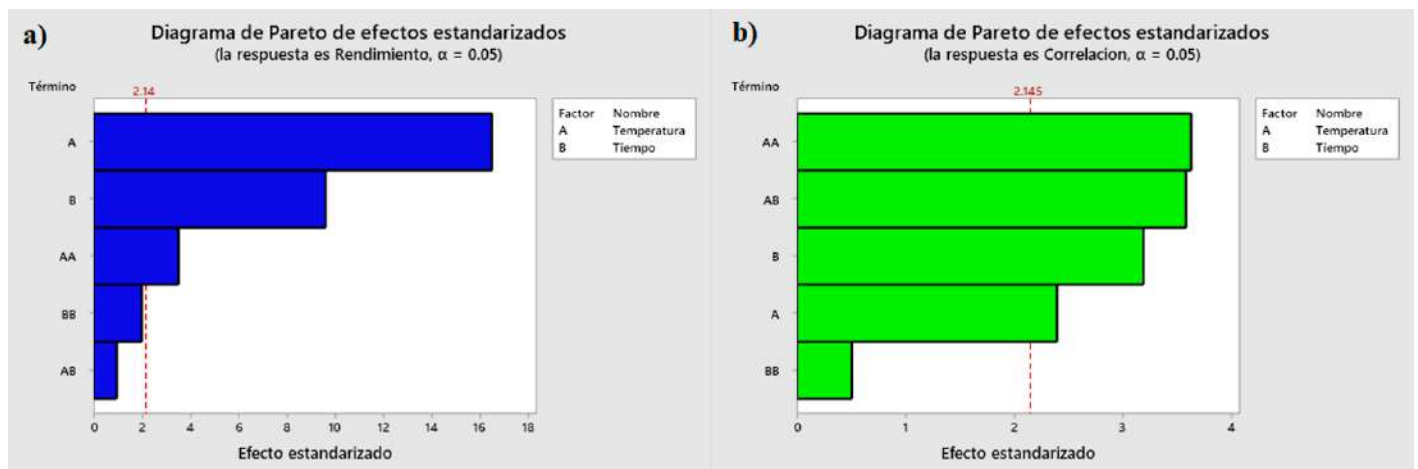
TEMPERATURA (°C)	TIEMPO (H)			
	3	5	7	10
300	0.1778	0.1398	0.13	0.1598
400	0.1892	0.1507	0.1928	0.1909
600	0.3473	0.5036	0.4988	0.4563
800	0.6229	0.6418	0.5942	0.1547
1000	0.6214	0.5684	0	0

Los resultados corresponden a índices de correlación calculados con base en el software Spectrum IR.

Nota. Elaboración propia por parte de los autores (2023).

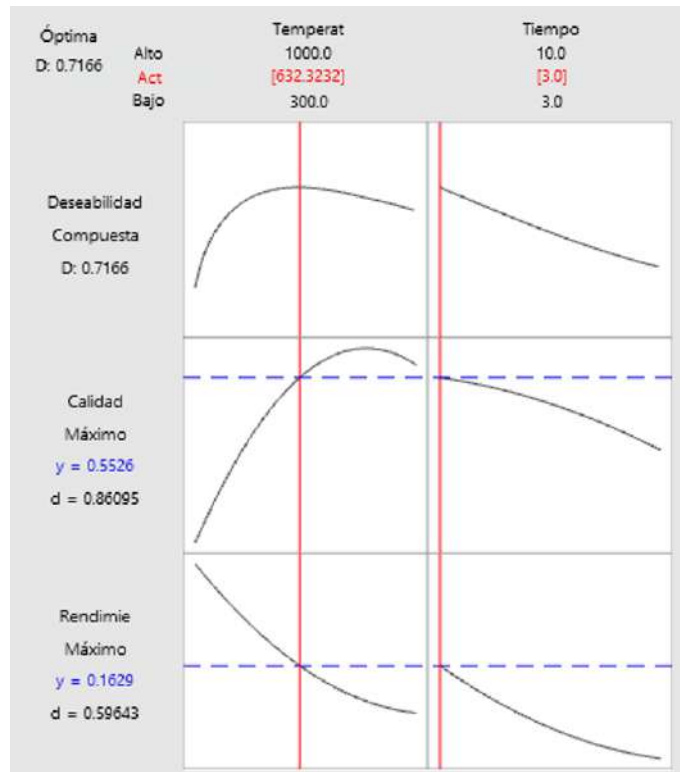
En cuanto al análisis estadístico por medio de un diseño de superficie de respuesta, se encontró que cada uno de los parámetros (temperatura y tiempo) fue significativo y por tanto influencia el porcentaje de rendimiento y la calidad para la cantidad de grafito obtenido. De acuerdo con el diagrama de Pareto de efecto estandarizado para las variables analizadas, se denota que ambas sobrepasan el límite crítico de significancia (figura 17a y 17b). Por su parte, el grafico de optimización denoto que la maximización de las variables respuestas de rendimiento y la correlación respecto a la muestra estándar comercial, el biocarbón presento un resultado optimo con un porcentaje de rendimiento de 16.29% y un índice de similitud de 0.5526 (figura 18), los cuales son resultados cruciales para las aplicaciones industriales, donde la eficiencia en la producción y la calidad del producto son igualmente importantes [6, 58]. En cuanto a la caracterización del endocarpio de coco realiza aplicando el análisis termogravimétrico (TGA) y el análisis por calorimetría diferencial de barrido (DSC), se pudo evidenciar que a una temperatura de 800°C la biomasa experimenta un cambio en el flujo de calor que tras exponer la muestra a temperatura ambiente ocasiona que esta se humedezca con facilidad (figura 19).

Figura 17. Diagrama de Pareto de efectos estandarizados para análisis de superficie de respuesta en parámetros (a) rendimiento y (b) correlación con muestra estándar comercial (calidad) con base en las variables predictoras temperatura y tiempo.



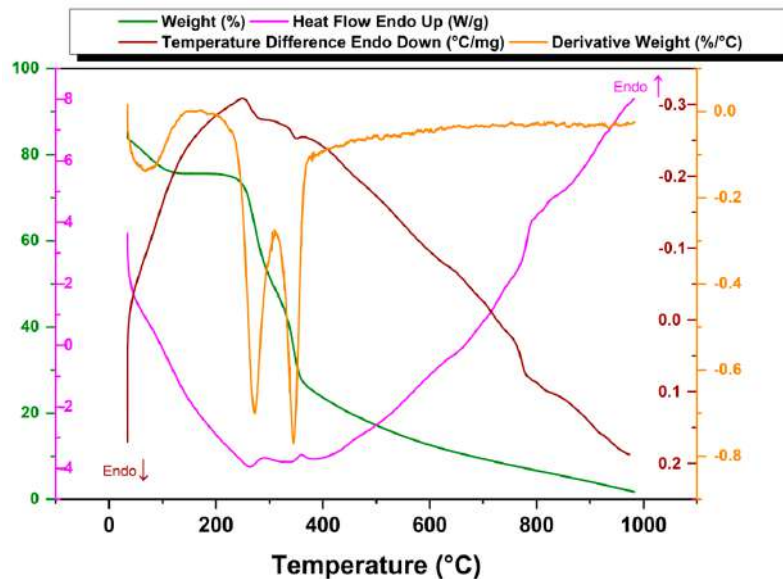
Nota. Elaboración propia por parte de los autores (2023).

Figura 18. Gráfico de optimización para respuestas rendimiento y correlación con muestra estándar comercial (calidad) con base en las variables predictoras temperatura y tiempo



Nota. Elaboración propia por parte de los autores (2023).

Figura 19. Termograma de descomposición del endocarpio de la semilla de cocotero obtenido por TGA/DSC



Nota. Elaboración propia por parte de los autores (2023).

4. CONCLUSIÓN

Este estudio ofrece una alternativa para la disposición final del residuo de las semillas de los cocoteros. Además, la temperatura y el tiempo influyen significativamente el rendimiento y la correlación para la síntesis de biocarbón a base de residuos agroindustriales de endocarpio de coco. El análisis de superficie de respuesta y la maximización del mismo arrojan que la temperatura y el tiempo óptimos para extraer este material es de 632°C y 3 h, respectivamente.



REFERENCIAS



- [1] López-Salas, N., & Antonietti, M. (2021). Carbonaceous materials: The beauty of simplicity. *Bulletin of the Chemical Society of Japan*, 94(12), 2822-2828. Obtention of: <https://www.journal.csj.jp/doi/full/10.1246/bcsj.20210264>

- [2] Tascon, J. M. D., Rodríguez-Reinoso, F., & Oliveira, E. (2007). Carbon materials: Their structures and types. *Optica Pura y Aplicada*, 40, 149–159. <https://core.ac.uk/display/36016242>

- [3] Rodríguez-Reinoso, F., & Sepúlveda-Escribano, A. (2001). Porous carbons in adsorption and catalysis. In *Handbook of Surfaces and Interfaces of Materials* (pp. 309–355). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-012513910-6/50066-9>

- [4] Keçili, R., & Hussain, C. M. (2023). Carbonaceous Materials in Green Sample Preparation. *Green Sample Preparation Techniques: Concepts, Novel Materials and Solvents, and Applications*, 75, 105.

- [5] Sulistya, E., Hui-Hui, L., Attenborough, N. K., Pourshahrestani, S., Kadri, N. A., Zeimaran, E., Razak, N. A., Amini Horri, B., & Salamatinia, B. (2020). Hydrothermal synthesis of carbon microspheres from sucrose with citric acid as a catalyst: Physicochemical and structural properties. *Nanotechnology Reviews*, 9(1), 1-10.

- [6] Pacuła, A., Drelinkiewicz, A., Ruggiero-Mikołajczyk, M., Pietrzyk, P., Socha, R., Krzan, M., Nattich-Rak, M., Duraczyńska, D., Bielanska, E., & Zimowska, M. (2022). N-doped carbon materials produced by CVD with the compounds derived from LDHs. *Journal of Materials Science*, 57, 1-15.

- [7] Bui, T. S., Long, N. V., & Hang, N. T. N. (2021). The development of biomass-derived carbon-based photocatalysts for the visible-light-driven photodegradation of pollutants: A comprehensive review. *RSC Advances*, 11(51), 32158–32176. <https://doi.org/10.1039/D1RA0XXXX>

- [8] Kruczała, K. (2022). (Invited) Oxygen Reduction Reaction in Alkaline Media: The Effect of Carbon Support Crystallinity, Conductivity, and Doping. *Meeting Abstracts*, 2022(14), 2065.

- [9] Phiri, J., Ahadian, H., Sandberg, M., Granström, K., & Maloney, T. (2023). The Influence of Physical Mixing and Impregnation on the Physicochemical Properties of Pine Wood Activated Carbon Produced by One-Step ZnCl₂ Activation. *Micromachines*, 14(3), 572.

- [10] Pam, A. A., Abdullah, A. H., Tan, Y. P., & Zainal, Z. (2022). Physicochemical properties of porous activated carbon prepared from palm kernel shell through a low-cost activation protocol. *South African Journal of Science*, 118(9/10). <https://doi.org/10.17159/sajs.2022/13497>

- [11] Kyu Back, J., Ryu, J., Park, Y. H., Kim, I. J., & Yang, S. (2023). Effect of Carbon Fiber Layer on Electrochemical Properties of Activated Carbon Electrode. *Journal of Electrochemical Science and Technology*, 14(2), 184-193.

- [12] Mohammad, Hasanzadeh, Mofrad., Rami, Melhem., Yousuf, Ahmad., Mohammad, Hammoud. (2020). Graphite: a NUMA-aware HPC system for graph analytics based on a new MPI * X parallelism model. doi: 10.14778/3380750.3380751

- [13] Ezhumalai, Y., Kumaresan, P., & Jayapalan, T. (2023). Graphite carbon nitride. *IntechOpen*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.104976>

- [14] Fares Ali Al-Sairafi, Chaohua Jiang, Zhihui Zhong & Bassiouny Saleh (2022) Study on purification of flake graphite by heat activation and hydrofluoric acid, *Advances in Materials and Processing Technologies*, 8:4, 4564-4578, DOI: 10.1080/2374068X.2022.2079172

- [15] Kurpaska, L., Frelek-Kozak, M., Wilczopolska, M., Bonicki, W., Diduszko, R., Zaborowska, A., ... & Jagielski, J. (2020). Structural and mechanical properties of different types of graphite used in nuclear applications. *Journal of Molecular Structure*, 1217, 128370.

- [16] Pustahija, L., & Kern, W. (2023). Surface Functionalization of (Pyrolytic) Carbon—An Overview. *C*, 9(2), 38.



REFERENCIAS



- [17] Kan, Y., Zheng, F., & Zhang, R. (2021). Comparative study of pyrolytic carbons prepared from printed circuit boards by magnetic and electrostatic separation. *RSC advances*, 11(53), 33490-33499.

- [18] Chen, L., Li, Y., Liu, C., Guo, F., Wu, X., Zhou, P., ... & Zhou, J. (2023). Fluorinated saccharide-derived hard carbon as a cathode material of lithium primary batteries: effect of the polymerization degree of the starting saccharide. *RSC advances*, 13(22), 14797-14807.

- [19] Paredes, G., Seine, G., Cours, R., Houdellier, F., Allouche, H., Ondarçuhu, T., ... & Monthieux, M. (2020). Synthesis and (some) applications of carbon-nanotube-supported pyrolytic carbon nanocones. *Indian Journal of Engineering and Materials Sciences*, 27, 1091-1094.

- [20] Andrade Guel, M. L., López López, L. I., & Sáenz Galindo, A. (2012). Nanotubos de carbono: funcionalización y aplicaciones biológicas. *Revista mexicana de ciencias farmacéuticas*, 43(3), 9-18.

- [21] Ajayan, P. M., & Zhou, O. Z. (2001). Applications of carbon nanotubes. *Carbon nanotubes: synthesis, structure, properties, and applications*, 391-425.

- [22] Chatterjee, A., & Deopura, B. L. (2002). Carbon nanotubes and nanofibre: an overview. *Fibers and Polymers*, 3, 134-139.

- [23] Popov, V. N. (2004). Carbon nanotubes: properties and application. *Materials Science and Engineering: R: Reports*, 43(3), 61-102.

- [24] Ibrahim, K. S. (2013). Carbon nanotubes? properties and applications: A review. *Carbon letters*, 14(3), 131-144.

- [25] Popov, V. N. (2004). Carbon nanotubes: properties and application. *Materials Science and Engineering: R: Reports*, 43(3), 61-102.

- [26] Medrano, M. G. M., Rosu, H. C., & González, L. T. (2012). Grafeno: el alótropo más prometedor del carbono. *Acta Universitaria*, 22(3), 20-23.

- [27] Torres-Silva, H., & López-Bonilla, J. L. (2011). Aspectos quirales del grafeno. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 19(1), 67-75

- [28] Vandenbroucke, M., Largeau, C., (2007). Kerogen origin, evolution and structure. *Organic Geochemistry* 38, 719e833

- [29] Van Zuilen, M. A. (2019). The Significance of Carbonaceous Matter to Understanding Life Processes on Early Earth. *Earth's Oldest Rocks*, 945-963.

- [30] De Gregorio, B.T., Sharp, T.G., Flynn, G.J., Wirick, S., Hervig, R.L., (2009). Biogenic origin for Earth's oldest putative microfossils. *Geology* 37, 631e634

- [31] Wang, Z., Jin, K. W. M., & Melvin, G. J. H. (2020). Carbon materials from various sources for composite materials. *Composite Materials: Applications in Engineering, Biomedicine and Food Science*, 3-33.

- [32] Sheoran, K., Thakur, V. K., & Siwal, S. S. (2022). Synthesis and overview of carbon-based materials for high performance energy storage application: A review. *Materials Today: Proceedings*, 56, 9-17.

- [33] Kumar, P. (2021). Synthesis Methods for Carbon-Based Materials. In: Tyagi, A.K., Ningthoujam, R.S. (eds) *Handbook on Synthesis Strategies for Advanced Materials*. Indian Institute of Metals Series. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-16-1892-5_10



REFERENCIAS



- [34] Chen, W.-K., Zhong, Y., Fu, G., Lai, W.-C., Pan, Z., Yang, Y., Chen, F., & Yan, H. (2022). Microwave-Assisted Synthesis of Luminescent Carbonaceous Nanoparticles as Silkworm Feed for Fabricating Fluorescent Silkworm Silk. *Coatings*, 13(1), 31.

- [35] Gürünlü, B., & Bayramoğlu, M. (2020). Investigation of alternative techniques for graphene synthesis. In *Novel Nanomaterials*. IntechOpen.

- [36] Kumar, A., Srivastav, S. K., Singh, K. K., & Singh, S. P. (2021). Titanium oxide composites with graphene and laser-induced graphene for the environmental applications. *Nanomaterials and nanocomposites for environmental remediation*, 27-58.

- [37] Krishnamoorthy, H., Ramyea, R., Maruthu, A., Kandasamy, K., Michalska, M., & Kandasamy, S. (2022). Synthesis methods of carbonaceous materials from different bio-wastes as electrodes for supercapacitor and its electrochemistry - A review. *Biomass and Bioenergy*, 161, 101187.

- [38] Chen, W.-K., Zhong, Y., Fu, G., Lai, W.-C., Pan, Z., Yang, Y., Chen, F., & Yan, H. (2022). Microwave-Assisted Synthesis of Luminescent Carbonaceous Nanoparticles as Silkworm Feed for Fabricating Fluorescent Silkworm Silk. *Coatings*, 13(1), 31.

- [39] Zhang, Y., Li, B., Guan, W., Wei, Y., Yan, C., Meng, M., Pan, J., & Yan, Y. (2020). One-pot synthesis of HMF from carbohydrates over acid-base bi-functional carbonaceous catalyst supported on halloysite nanotubes.

- [40] Kibami, D., Hesieliie, R., Zhimomi, N., Houzha, N., & Nyuwi, C. M. (2022). Synthesis and Characterization of a Bio Waste Material as an Effective Low-cost Adsorbent. *European Journal of Engineering Research and Science*, 7(3)

- [41] Kaushal, G., Kaur, B., Kumar, P., Dhiman, M., & Khanra, P. (2022). A Short Review: Synthesis Methods and Application of Biomolecule Derived Graphene Quantum-Dots. *ECS Transactions*, 107(1), 6297.

- [42] Reza, M. S., Afroze, S., Kuterbekov, K., Kabyshev, A., Zh. Bekmyrza, K., Haque, M. N., Islam, S. N., Hossain, M. A., Hassan, M., Roy, H., Islam, M. S., Pervez, M. N., & Azad, A. K. (2023). Advanced Applications of Carbonaceous Materials in Sustainable Water Treatment, Energy Storage, and CO₂ Capture: A Comprehensive Review. *Sustainability*, 15(11), 8815. <https://doi.org/10.3390/su15118815>

- [43] Faraldos, M., & Goberna, C. (2021). Técnicas de análisis y caracterización de materiales. *Técnicas de análisis y caracterización de materiales*, 1-1052.

- [44] Adar, F. (2022). Use of Raman Spectroscopy to Qualify Carbon Materials. *Spectroscopy*, 37(6), 11-15.

- [45] Orlando, A., Franceschini, F., Muscas, C., Pidkova, S., Bartoli, M., Rovere, M., & Tagliaferro, A. (2021). A comprehensive review on Raman spectroscopy applications. *Chemosensors*, 9(9), 262.

- [46] Lipinski, G., Jeong, K., Moritz, K., Petermann, M., May, E. F., Stanwix, P. L., & Richter, M. (2022). Application of Raman Spectroscopy for Sorption Analysis of Functionalized Porous Materials. *Advanced Science*, 9(9), 2105477.

- [47] Pejčić, B., Heath, C., Pagès, A., & Normore, L. (2021). Analysis of carbonaceous materials in shales using mid-infrared spectroscopy. *Vibrational Spectroscopy*, 112, 103186.

- [48] Țucureanu, V., Matei, A., & Avram, A. M. (2016). FTIR spectroscopy for carbon family study. *Critical reviews in analytical chemistry*, 46(6), 502-520.

- [49] Van der Heide, P. (2014). *Secondary ion mass spectrometry: an introduction to principles and practices*. John Wiley & Sons.

- [50] Carbonne, J. M., Kiss, A., Bouvier, A. S., Meibom, A., Baumgartner, L., Bovay, T., ... & Rubatto, D. (2022). Surface Analysis by Secondary Ion Mass Spectrometry (SIMS): Principles and Applications from Swiss Laboratories. *Chimia*, 76(1-2), 26-26.



REFERENCIAS



- [51] Lagator, M., Berrueta Razo, I., Royle, T., & Lockyer, N. P. (2022). Sensitivity enhancement using chemically reactive gas cluster ion beams in secondary ion mass spectrometry (SIMS). *Surface and Interface Analysis*, 54(4), 349-355.

- [52] Gao, Y. Y., Ren, T. X., Williams, I. S., Ireland, T. R., Long, T., Rienitz, O., ... & Wang, J. (2022). Molar mass measurement of a 28 Si-enriched silicon crystal with high precision secondary ion mass spectrometry (SIMS). *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 37(12), 2546-2555.

- [53] Edwards, C. T., Jones, C. M., Quinton, P. C., & Fike, D. A. (2022). Oxygen isotope ($\delta^{18}\text{O}$) trends measured from Ordovician conodont apatite using secondary ion mass spectrometry (SIMS): Implications for paleo-thermometry studies. *GSA Bulletin*, 134(1-2), 261-274.

- [54] Wilson, B. K., & Prud'homme, R. K. (2021). Nanoparticle size distribution quantification from transmission electron microscopy (TEM) of ruthenium tetroxide-stained polymeric nanoparticles. *Journal of Colloid and Interface Science*, 604, 208-220.

- [55] Nurit, T. G. (2022). Minerals Observed by Scanning Electron Microscopy (SEM), Transmission Electron Microscopy (TEM) and High-Resolution Transmission Electron Microscopy (HRTEM). In *Electron Microscopy*. IntechOpen.

- [56] Ornelas, I. M., Unwin, P. R., & Bentley, C. L. (2019). High-throughput correlative electrochemistry–microscopy at a transmission electron microscopy grid electrode. *Analytical chemistry*, 91(23), 14854-14859.

- [57] Cheek, Q., Fahrenkrug, E., Hlynchuk, S., Alsem, D. H., Salmon, N. J., & Maldonado, S. (2020). In situ transmission electron microscopy measurements of Ge nanowire synthesis with liquid metal nanodroplets in water. *ACS nano*, 14(3), 2869-2879.

- [58] Escalante, J., Chen, W. H., Tabatabaei, M., Hoang, A. T., Kwon, E. E., Lin, K. Y. A., & Saravanakumar, A. (2022). Pyrolysis of lignocellulosic, algal, plastic, and other biomass wastes for biofuel production and circular bioeconomy: A review of thermogravimetric analysis (TGA) approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 169, 112914.

- [59] Farivar, F., Yap, P. L., Karunagaran, R. U., & Losic, D. (2021). Thermogravimetric analysis (TGA) of graphene materials: Effect of particle size of graphene, graphene oxide and graphite on thermal parameters. *C*, 7(2), 41.

- [60] Rami, J. M., Patel, C. D., Patel, C. M., & Patel, M. V. (2021). Thermogravimetric analysis (TGA) of some synthesized metal oxide nanoparticles. *Materials Today: Proceedings*, 43, 655-659.

- [61] Farivar, F., Yap, P. L., Hassan, K., Tung, T. T., Tran, D. N., Pollard, A. J., & Losic, D. (2021). Unlocking thermogravimetric analysis (TGA) in the fight against “Fake graphene” materials. *Carbon*, 179, 505-513.

- [62] Hernández Fernández, J., Cano, H., Guerra, Y., Puello Polo, E., Ríos-Rojas, J. F., Vivas-Reyes, R., & Oviedo, J. (2022). Identification and quantification of microplastics in effluents of wastewater treatment plant by differential scanning calorimetry (DSC). *Sustainability*, 14(9), 4920.

- [63] Leyva-Porras, C., Cruz-Alcantar, P., Espinosa-Solís, V., Martínez-Guerra, E., Piñón-Balderrama, C. I., Compean Martínez, I., & Saavedra-Leos, M. Z. (2019). Application of differential scanning calorimetry (DSC) and modulated differential scanning calorimetry (MDSC) in food and drug industries. *Polymers*, 12(1), 5.

- [64] Janovszky, D., Sveda, M., Sycheva, A., Kristaly, F., Zámorszky, F., Koziel, T., ... & Kaptay, G. (2022). Amorphous alloys and differential scanning calorimetry (DSC). *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 1-17.

- [65] Bitter, H., & Lackner, S. (2021). Fast and easy quantification of semi-crystalline microplastics in exemplary environmental matrices by differential scanning calorimetry (DSC). *Chemical Engineering Journal*, 423, 129941.



REFERENCIAS



- [66] Ratan, J. K., Kaur, M., & Adiraju, B. (2018). Synthesis of activated carbon from agricultural waste using a simple method: Characterization, parametric and isotherms study. *Materials Today: Proceedings*, 5(2), 3334–3345. doi: 10.1016/j.matpr.2017.11.576

- [67] Kumar, P. S., Padmalaya, G., & Elavarasan, N. (2023). Green Carbon Materials: Synthesis from Waste Biomass, Properties, and Environmental Applications. In *Green Carbon Materials for Environmental Analysis: Emerging Research and Future Opportunities* (pp. 181-193). American Chemical Society.

- [68] Canales-Flores, R. A., & Prieto-García, F. (2016). Activation methods of carbonaceous materials obtained from agricultural waste. *Chemistry & Biodiversity*, 13(3), 261-268.

- [69] Rodríguez-Suarez, Norberto, Quesada-González, Omaida, Danguillecourt-Álvarez, Edelio, & Almenares-Verdecia, Isabel. (2021). Materiales carbonosos nanoestructurados: obtención, agentes dopantes y aplicaciones electroquímicas. *Revista Cubana de Química*, 33(1), 93-116.

- [70] Aguilar, N. E. A. (2022). Estudio de la generación y manejo de los residuos de la comercialización de coco en el municipio de Xoxocotla, Morelos. Obtenido de: <http://riaa.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/20.500.12055/2197/NOHEAA01T.pdf?sequence=1>

- [71] FAO. (2023). Datos sobre alimentación y agricultura. FAOSTAT. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Obtenido de: <https://www.fao.org/faostat/es/#home>

- [72] Corredor, Y. A. V., & Pérez, L. I. P. (2018). Aprovechamiento de residuos agroindustriales en el mejoramiento de la calidad del ambiente. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 59-72.

- [73] Català, F. (1998). El análisis térmico: calorimetría diferencial de barrido y análisis termogravimétrico. *Ingeniería química*, (343), 171-176.

- [74] Quintero, A., Nieto, A., Marín, N., & Canto, F. (2023). Prototipo de tubo de caracterización acústica “NQacoustics” para evaluación de materiales naturales y sintéticos. *Revista de Iniciación Científica*, 9(2), 80-90.



¿SOMOS ESPECTADORES DE LOS PROCESOS DE DEMOCRATIZACIÓN?

RECIBIDO: 24/01/2023 ACEPTADO: 20/03/2023 ÚLTIMA VERSIÓN: 10/04/2023

ARE WE SPECTATORS OF DEMOCRATIZATION PROCESSES?

Luz Angela Silva Robayo ¹

Magister en Investigación Social Interdisciplinaria. Docente de vinculación especial (hora cátedra)

1. INTRODUCCIÓN

La ciudadanía colombiana es una combinación de malos manejos de las estructuras de poder instauradas desde hace muchas décadas y la falsa democracia que se disemina en el contexto colombiano, dejándonos como ciudadanos sin el más mínimo artilugio que ofrezca un panorama democratizador, por lo tanto, el presente ensayo se esgrime desde algunas posturas teóricas de Guillermo O' Donell, Manuel Castells y Gilberto Tobón, quienes configurarán un discurso que será funcional para comprender las democracias latinoamericanas, en especial, la democracia colombiana atravesada por la exclusión, que se convierte en marca indeleble de un sinsentido que carcome y muta todos los escenarios colombianos reproduciendo de manera inimaginable la pobreza. Además, el presente artículo podrá en evidencia los argumentos de teóricos del ámbito político que servirán como fuentes para comprender la realidad colombiana, con énfasis en la perspectiva de Gilberto Tobón Sanín (político colombiano), quien desde una postura que puede enmarcarse en la posmodernidad, plantea que es necesario reestructurar el Estado colombiano. Para ello, en el principio del presente manuscrito se pensará en la construcción de la política desde el ámbito de la acción discursiva, buscando culminar con el análisis de los procesos de democratización desde O' Donell, Castells y Tobón.

PALABRAS CLAVE: democratización, emancipación, sociedad colombiana, política.

2. LA CONSTRUCCIÓN DE PROCESOS DISCURSIVOS Y COMUNICATIVOS CUANDO HABLAMOS DE POLÍTICA

Pensar en la política en el contexto colombiano significa determinar de qué manera los sujetos discursivos despliegan su acción comunicativa como necesidad de empoderamiento. Aquí, las experiencias identitarias se convierten en un detonante para que los ciudadanos se sitúen en un lenguaje simbólico, donde el discurrir sea un estadio sobresaliente para lograr procesos de subjetivación, esto es, en donde los sujetos discursivos sienten la necesidad de un proceso de reconocimiento.

Es así, que algunas posturas teóricas como las de Dussel (1995), Chomsky (2014) y Castells (2009) se convierten en líneas epistemológicas que nos permiten leer la realidad de la política colombiana, donde el sujeto colombiano deja de ser un sujeto adscrito a una estructura social y cultural, y pasa a convertirse en el sujeto mencionado por (Richards, 2012) pensado como soporte de su realidad.

Es posible encontrar un quiebre epistemológico, pues los cuerpos dejan de ser únicamente cuerpos carnales y se convierten en cuerpos que narran historias, quienes a través de sus simbologías marcan nuevas formas de reconocimiento del Otro.

Así pues, la historicidad del sujeto colombiano se encuentra circunscrita a una esfera de lo público, la cual, en la actualidad devela la necesidad de que el ciudadano requiere nuevas formas de establecer discursos que manifiesten una construcción de la idea del empoderamiento, en donde los procesos de democratización se construyan en el contexto colombiano y sean una fuerza movilizante del confluir de significados del ser en el mundo, en un espectro nuevo, el ciudadano se dirige a un plano de la acción

¹ Magister en Investigación Social Interdisciplinaria. Docente de vinculación especial (hora cátedra), Universidad Distrital FJDC de la Facultad de Ingeniería. E-mail: luangelasv@gmail.com. Documento de reflexión no derivado de investigación

comunicativa y construye lenguajes con una intencionalidad comunicativa clara, desde su posición de sujeto empoderado que hace parte de una sociedad específica.

Por consiguiente, también la política debe analizarse en relación a lo expresado anteriormente, es así, que las perspectivas ofrecidas por Enrique Dussel, Noam Chomsky y Manuel Castells permiten configurar un panorama crítico de la sociedad, -es pertinente realizar una aclaración frente al uso de la teoría habermasiana por parte de Dussel, pues este toma las categorías de Jürgen Habermas (1985), ya que, según el juicio de Dussel, quien desde la perspectiva que se trata en este ensayo supera las categorías Habermasianas, pensando no en una comunidad de comunicación (Cortina, 1995), sino en una comunidad de vida. Lo anterior, pone de presupuesto la importancia de argumentar que Dussel no es un repetidor de las categorías tanto de Habermas como de Apel, sino que pasa a elevar esas categorías a un sentir latinoamericano, otorgándole un valor agregado al pensamiento de Dussel, Chomsky y Castells porque nos posicionan en un discurso emancipatorio que puede aplicarse también en el contexto colombiano.

En efecto, es menester observar desde esta postura emancipatoria la importancia de la relación entre, Dussel al hablar de un discurso de los oprimidos, Chomsky quien muestra la necesidad de pensar el consentimiento sin consentimiento que se despliega en las sociedades, exponiendo las raíces de la desigualdad en las sociedades pensadas desde una democracia liberal, y por último de Castells, al proponer la existencia de un discurso de contrapoder frente al poder coercitivo; con la postura y la necesidad del replanteamiento del sujeto frente al proceso de democratización y empoderación mencionado con anterioridad.

Es por ello que los momentos de empoderamiento discursivo son marcas indelebles en el proceso de democratización en el contexto colombiano, ese discursar es constante y etéreo, y se convierte a su vez en un lenguaje que transforma las estructuras de poder. El discurso como unidad comunicativa se materializa en una estructura contextual en donde los juicios morales poseen una postura intencional, es decir, los ciudadanos se ubican en el Mundo de la vida (mundo social, mundo objetivo, y mundo subjetivo) para confluir en procesos intersubjetivos en donde el ciudadano construye un discurso de contrapoder, y los procesos de democratización establecen un lenguaje plurisignificativo, que cimienta un discurso transgresor, para ello, los ciudadanos se levantan en un contexto como sujetos rebeldes, en términos de Touraine, para pensar en los mismos procesos de reconstrucción del sujeto.

En otras palabras, el ciudadano construye una identidad colectiva e individual para que el proceso de democratización se mantenga en el tiempo, la indignación se materializa en la comunidad de vida pensada por Dussel, y no es maquillada por sueños rotos de una sociedad cansada de procesos inequitativos.

Cuando se realiza el proceso intertextual con el panorama colombiano, las formas identitarias se resignifican constantemente para dar paso a un lenguaje emancipatorio que puede dimensionar la existencia de unos ciudadanos que construyen su ciudadanía. El “miedo” como construcción imaginaria en la sociedad colombiana se sitúa como mecanismo de control de las mentes y de los cuerpos de los sujetos colombianos, -la existencia de formas performativas o mandatos sociales que circulan en el espectro social

colombiano-, aunque el cuestionamiento que invade la mente de los colombianos sea la edificación un discurso político.

En este sentido, las formas de decir lo “no dicho” comprenden e interpretan que la política tradicional permea la consciencia de los colombianos, y sitúa la existencia de una “totalidad vigente” que sigue perpetuando y manteniendo las relaciones de poder del 1%, es decir, los lenguajes de control y dominación (Castells, 2009.) pululan en el contexto colombiano, porque únicamente unos pocos toman decisiones cruciales, lo cual ratifica el discurso hegemónico que se escenifica como un tiempo en donde las lógicas burguesas son el espejo irreductible de un discurso que se masifica en el escenario colombiano. Es así como, el lenguaje de la alteridad se diluye en el contexto colombiano y se traslada en un lenguaje donde se observa una intencionalidad teleológica (con respecto a fines), siendo el lenguaje una herramienta que se “usa y se deja” el estadio instrumentalista del lenguaje se magnifica necesariamente, porque la intencionalidad comunicativa se reduce al requerimiento de cumplir unos fines, permitiendo observar que el lenguaje en el contexto colombiano queda reducido a una cosificación maleable de los intereses de “unos pocos”, por lo tanto, en el imaginario colectivo de la sociedad colombiana la fabricación de consensos, a juicio de Chomsky, maquilla la existencia de una “Clase Especializada”, y un “Rebaño desconcertado”.

Cuando se habla del giro lingüístico, el lenguaje no es visto como el puente irreductible que nos une a la realidad, todo lo contrario el lenguaje se posiciona como la esencia misma de la existencia de los sujetos, en lo “no dicho” se establecen puentes comunicativos con otros discursos, aquí es donde los procesos de democratización mantiene una estructura pragmática en los usos del lenguaje (cómo se dice lo que se quiere decir), y la fuerza comunicativa despliega un poder que se manifiesta en los procesos de comprender e interpretar los procesos de democratización, a juicio de (Habermas,1985), nos situamos dentro de una racionalidad comprensiva, que en algún momento se puede configurar en una racionalidad emancipatoria, en donde las claves sistemáticas de los sujetos discursivos sea elevar un comprender e interpretar los discursos, en este caso, instaurados en el contexto colombiano.

Así es como en la sociedad colombiana se presenta el efecto inepugnante de una sociedad de los incluidos y de los excluidos; -que se trastoca en formas equiparables- de sentir sesgado y difuso de momentos culturales, ejemplificado en la periferia de los excluidos, dentro de una sociedad donde se espera encontrar acuerdos para poder existir. Es allí, donde los consensos sirven como momentos divergentes para poder cuestionar las lógicas imperantes en la sociedad hegemónica colombiana, ya que cuando se eleva una voz, los momentos fragmentados se sitúan en la existencia del sujeto colombiano que se dimensiona como un ser que requiere nuevas formas de entrar en choque con dichas lógicas.

A partir de la consideración anterior, es imprescindible observar que Dussel. E (2005) reflexiona- en el diálogo que allí sostiene con Otto K- en que el problema del lenguaje se sitúa en el ámbito de la acción comunicativa, por lo tanto, la comunicación es un acto proposicional, donde posturas epistemológicas como la fenomenología comprenden el acto mismo de la comunicación porque la consciencia subjetiva u objetiva puede presentarse como la expresión de algo, es decir, que el acto pragmático desata las tramas en las que está inmersa la comunicación, para dar un panorama locuaz del significado del proceso de democratización, porque posiciona a los

ciudadanos en un proceso de enunciación que se desarrolla dentro de lógicas argumentativas, haciendo posible evidenciar dos aspectos importantes; el principio Habermasiano (Habermas, 1985) que piensa sujetos discursivos con la capacidad para criticar y tematizar, asentando las bases estructurales para que los ciudadanos eleven su discurso en una comunidad de vida, y también, el dimensionamiento del aporte de (Dussel, 1995) pues el filósofo latinoamericano no comprende que la comunidad de comunicación sea una comunidad cerrada, sino que por el contrario, si se plantea el análisis de una ética de la liberación -pensada por Dussel- desde la concepción Habermasiana, esta se convierte en el discurso emancipatorio que fractura el discurso hegemónico desde una comunidad de vida, en donde el reconocimiento del Otro sea un elemento fundante para que los sentidos circulen generando posibilidades infinitas de enunciación de los sujetos discursivos.

3. LOS PROCESOS DE DEMOCRATIZACIÓN ABORDADOS DESDE LA PERSPECTIVA DE O'DONNELL, CASTELLS Y TOBÓN

Las dicotomías que se presentan en el escenario colombiano develan una paradoja que pervive en el insondable abismo de la incertidumbre, por ejemplo, en el año 2018 se celebraron los comicios presidenciales, donde el contexto democrático se vio teñido por la manipulación desde diferentes medios incitados por diversos grupos sociales, que usaban estrategias tales como: pancartas donde a los colombianos se nos realizaba una advertencia funesta: “Vote por Duque para que Colombia no se convierta en otra Venezuela”. Castells, M (2009) plantea algunas categorías frente a cómo las contiendas políticas que ahora se disputan en los medios de comunicación se materializan en el contexto colombiano, a juicio de Castells, sino existe en los medios de difusión no existe en la consciencia de los espectadores. La anterior aseveración tiene claro asidero en los medios de difusión que controlan la información como: “RCN” y “CARACOL”, sus dueños son los miembros de la élite colombiana como la Organización Ardila Lülle, por lo tanto, la élite cierne sus tentáculos todas las noches en los hogares colombianos creando desinformación tendenciosa frente a la realidad colombiana, y creando una democracia donde los ciudadanos sienten con más ahínco la pauperización laboral.

Por lo tanto, el entendimiento como elemento orientador en la sociedad no es vislumbrado porque las formas inconclusas de coerción se perpetúan en Colombia creando en el inconsciente colectivo la apatía que desangra los procesos democráticos, es así como, la democracia en el contexto colombiano se vende al mejor postor porque la capacidad de decidir no existe en un lugar donde entregar el voto es una realidad que marca todos los procesos electorales, expresiones como: “... los mismos seguirán gobernando” determinan la existencia de una democracia latinoamericana carente de principios de justicia, libertad e igualdad, dejando al colombiano sin la mínima expresión de instancias plurales y deliberativas para disentir de una manera eficaz las estructuras de poder que encarnan la existencia de unas lógicas de dominación. A juicio de O'Donnell (s.f), el Estado se manifiesta en el tejido social, es decir, en las relaciones sociales, sin embargo en el contexto colombiano dichas relaciones pueden cuestionarse, para (Tobón, 1994) desde una perspectiva posmoderna, es decir, es un repensar lo ya instaurado, existe una crisis del Estado, porque al enunciar la reestructuración del estado, en Colombia se crea la idea de que existe un conflicto, pero al pensar esa crisis, Tobón la relaciona con tres órdenes: Sociedad, Política y Economía. El profesor hace una distinción entre la Sociedad

Liberal, y una Sociedad Capitalista, por lo tanto, Tobón evidencia la existencia de unas estructuras, las cuales son fundantes para pensar tanto la crisis de la Sociedad como del Estado (Herrera, Pinilla, et al., 2005.).

En la Sociedad Liberal los sujetos son sujetos libres e iguales, encontrando que el contexto les brinda todas las posibilidades para satisfacer sus necesidades. Situándonos en la sociedad colombiana aquellos principios de una sociedad liberal son improcedentes, porque la estructura del Estado no funda una relación directa con el orden de una sociedad liberal, por su parte, cuando Tobón habla del Parlamento Colombiano, lo hace con tonalidades cómicas y dramáticas, de una manera sutil, Tobón presenta un escenario que de cierta manera es la verdad de un Estado y Sociedad colombiana degradado por la corrupción.

Al interpretar los principios de una Sociedad Capitalista esquematizados por Tobón, el politólogo colombiano, comprende que de la clase dominante se desprende la clase política, por ello, al reflexionar frente a la anterior aseveración, de cierta manera el argumento de Tobón es concordante con los postulados de Noam Chomsky, quien dentro de sus procesos argumentativos cita a Walter Lippmann, cuando señala la existencia de una clase especializada, la cual es la encargada de tomar las decisiones, y de saber cuál es el “bien común” del rebaño desconcertado (Chomsky, 2014).

Las dos esferas, tanto Sociedad como Estado, en palabras de Tobón, deben estar articuladas en el modelo de reestructuración. Tobón piensa que la sociedad colombiana está desarticulada, y se ubica en formas de semibarbarie, es decir, -y es pertinente dar un ejemplo puntual-: En el escenario bogotano, la policía utiliza su fuerza coercitiva para golpear con un salvajismo rampante a miembros de una comunidad indígena por colarse en el sistema de transporte Transmilenio, ante un hecho tan indignante, el canal de televisión “Caracol” manipula de tal manera el hecho que en un orden previamente concebido, primero se muestra en el canal imágenes de lo sucedido, e inmediatamente después se presenta un reportaje que critica la manera en que los ciudadanos irrespetan el ingreso al sistema de transporte Transmilenio, lo cual, evidencia una manipulación clara pues en el inconsciente colectivo, se instala la idea de que al igual que las demás y los demás ciudadanos, “...esos indígenas tienen que cancelar su tiquete, para acceder al sistema de transporte como todos”. El anterior escenario social descrito encuentra asidero en el argumento de Castells mencionado anteriormente que conlleva a la idea de que, sin la existencia del hecho en los medios de difusión, tampoco haya existencia en la consciencia de los espectadores.

Las formas de semibarbarie que se reproducen en la sociedad colombiana resquebrajan el papel de un sujeto político, moral y discursivo, por lo tanto, pensar la perspectiva de Touraine, en su texto Un nuevo paradigma para el mundo de hoy (Touraine, 1925) es comprender que los actores comunicativos pueden levantarse en un contexto como sujetos rebeldes. Colombia, al ser un país manejado meramente por élites políticas conservadoras, suele caer en discursos hipócritas que limitan la construcción de un ciudadano reflexivo de su contexto. Claramente el proceso de concientización debe efectuarse cuando el sujeto sea un ser que reclame no seguir asimilando las falacias de los entes de poder.

La élite que se encuentra posicionada en las instancias de poder, necesita el control de la mente y el cuerpo de cada

uno de los ciudadanos colombianos, pero ¿Dónde se instala el poder?, si alguien se hace esta pregunta de manera juiciosa, la respuesta seguramente lo conducirá a la mente, y la tarea es, a juicio de Castells, “liberar la mente”, por ello planteo el siguiente cuestionamiento: ¿Los colombianos podemos en realidad ser rebeldes, cuando el contexto nos condiciona a ser un hipócrita más del rebaño?

Para responder el anterior cuestionamiento es preciso retomar los postulados de O'Donnell (2007) buscando entender, por qué las condiciones de la ciudadanía política se evaporan en el escenario colombiano, y ser agentes, en términos de O'Donnell, no se cristaliza porque se siguen privilegiando los intereses particulares sobre los intereses de la mayoría, y así lo señaló el politólogo argentino, un proceso de democratización se puede materializar en el desarrollo de las ciudadanías, pero la noción de poder en Colombia es interpretada como un efecto que configura a los sujetos en “sujetos pasivos”, donde la capacidad deliberativa queda mermada. Claro ejemplo es lo que sucede con el sujeto colombiano, el cual se convierte en un sujeto alienado por y de esos poderes, los procesos de democratización no son contundentes y la élite permanece en el poder, como bien lo expresa O'Donnell nos ven como audiencia pasiva (O'Donnell, 1994). El ciudadano colombiano puede construir procesos de democratización, pero como lo señala (Castells, 2009) cuando el poder coercitivo se materializa en un Estado ya no existe democracia (Giroux, 2015. P 17).

Es pertinente resaltar que el trabajo de O'Donnell se centra en el análisis del “Estado Capitalista” y en su texto Apuntes para una Teoría del Estado confirma la existencia de una categoría: “burocrático autoritario” (O'Donnell s.f. p,26), en donde el Estado materializa un panorama que se encamina en restringir cualquier proceso de democratización con el objetivo sustancial de restaurar una organización social y económica superada por la lucha societal. Guillermo O'Donnell se ubica en el contexto argentino mostrando ramificaciones en Latinoamérica, para ello, el politólogo argentino comprende que el estado se encuentra atravesado por unas lógicas paradójicas, las cuales materializan un cuestionamiento frente a la sociedad, relacionándose con Gilberto Tobón, cuando expresa que es pertinente realizar un proceso de Reestructuración del Estado y la Sociedad colombiana.

Para (O'Donnell, 2007) en el Estado se manifiesta la dominación en un territorio delimitado, presentando coincidencias con Manuel Castells, porque para el sociólogo español la existencia de la categoría de poder es fundamental para comprender su teoría, a juicio de Castells:

(...) el poder es una relación asimétrica que se despliega en las relaciones de poder comprendiendo de qué manera el poder se instala en la mente, para ello, los procesos de criticidad pueden gestarse en los sujetos cuando tengan consciencia de su poder, o sea, cuando no perpetúen las lógicas dominación presentes en el territorio. (Castells, 2009. P,28).

Es así como, dentro de la perspectiva de Castells el sujeto es un sujeto de poder, mas no del poder, por lo tanto, desde la perspectiva de Castells se pueden desarmar las estructuras de dominación señaladas por O'Donnell, (2007) : “Uno siempre piensa y escribe desde algún lugar, desde alguna circunstancia histórica y social y contra alguna interpretación de ese lugar” (p. 187), al reflexionar frente a la aseveración del politólogo argentino, es sustancial comprender que el sujeto discursivo se centra en un mutar de su historicidad, es decir, el

posicionamiento discursivo puede transitar porque como bien lo expresa O'Donnell escribimos desde un lugar.

El colombiano del común se encuentra inmerso en una sociedad disciplinaria, porque actúa conforme a una estructura normativa donde las reglas generan mecanismos ya sea de inclusión como de exclusión en las instituciones disciplinarias (la prisión, la fábrica, el hospital, la escuela, etc.), y cuando se da el paso a las sociedades de control, los mecanismos de dominación (Castells, 2009) son ejercidos en los cuerpos y en las consciencias de los sujetos. Transitamos de una sociedad panóptica (la pequeña franja observa a la gran Bestia) a una sociedad sinóptica (La gran Bestia observa por medio de documentales a ciertos sectores de la sociedad, en donde es clara la intencionalidad del comunicador: Generar estigmatización y exclusión en ese grupo social). El poder se instaló dentro de la sociedad de control, fabricando los cuerpos y configurando nuevas huellas en las colectividades.

Ir en contra de las relaciones de poder es instaurar nuevas formas de estructuración de la realidad. El sujeto que se siente subyugado en formas de poder coercitivas piensa la realidad buscando mecanismos que le permitan salir de ese enfoque desde una mirada persuasiva. El sujeto se desliga de esos modos de dominación y le dota de nuevos sentidos a su identidad, estableciendo y prefigurando un poder emancipatorio que se instala en la consciencia colectiva de una manera renovadora. El poder hegemónico queda carcomido en su más pura esencia cuando el sujeto discursivo hace objeción ante ese poder imperante, estos procesos de consenso y disenso están aparejados de relaciones de disputa que crean espacios de encuentro y de debate, es repensar las estructuras, los modos de socialización y configurar nuevas dinámicas donde la comunicación sea abierta y no sea parcializada a unos intereses. Parafraseando a Mouffe (1999), la hegemonía se configura como un concepto trascendental para reconfigurar lo político, puesto que se erige un pensamiento crítico. El poder hegemónico se destruye porque se le otorga un sentido más amplio, es decir, la hegemonía no puede únicamente ubicarse en el lugar reduccionista de la imposición de poder a cierto sector de la sociedad, el proceso hegemónico se puede vislumbrar como una lucha societal.

Las decisiones políticas están enmarcadas en lo conflictivo, muchas veces cuando pensamos en las situaciones sociales que han desencadenado algún tipo de pensamiento que desarma lo instaurado se piensa que va en contra de las decisiones políticas, por lo tanto, el discurso del empoderamiento que no sea verdaderamente implementado en una sociedad se diluye y el ser discursivo que continúa siendo el objeto banal de una circunscripción de individualismo perpetua las estructuras de poder. A juicio de Mouffe (1999), el exceso de individualismo y racionalismo son expresiones del pensamiento liberal, el sujeto no puede ser únicamente el resultado banal de un exagerado subjetivismo e individualismo ¿por qué no pensar en un subjetivismo socializado? (Bourdieu, 1995) Indudablemente, lo liberal reduce las posibilidades políticas de los ciudadanos, el liberalismo es uno de los rezagos que nos ha quedado del Siglo de las Luces y pervive en la actualidad, pero, de cierta manera nos encontramos situados y pensados en un individualismo y en un racionalismo que divide, y no tiene en cuenta la pluralidad. Pensar en la fuerza de la consciencia colectiva política es comprender que puede existir un punto denominador en el reconocimiento del otro. Hay que desligarnos de los presupuestos en los cuales se

encuentra actualmente enmarcado el liberalismo como mera racionalidad que desconoce en su espectro las pasiones (Mouffe, 1999), y lo plural.

Según Mouffe (1999) pensar lo político desde una dimensión moral, es comprender la existencia de un sujeto moral, que justifica acciones morales argumentando lo adecuado e inadecuado de una norma. Es pensar en una dimensión democrática que acepta el consenso como principio orientador de la existencia de una justificación moral. El sujeto moral en el ámbito societal desarma las estructuras de dominación cuando entiende que los procesos de concientización que se despliegan en la democratización tienen que ser encausados por intereses colectivos, es decir, el sujeto individual separado en un islote dentro de una multitud de islotes, requiere enlazar puentes comunicacionales con aquellos otros sujetos individuales, transformando así la individualidad en una dignidad colectiva.

Como consecuencia de esto último, Chantal Mouffe propone en su construcción teórica, la visualización de una 'democracia agonística', ya que como ella misma lo resalta; en cualquier sociedad existen luchas y conflictos, por lo tanto, hace falta más 'agonismo' en el escenario político actual, es decir, más luchas, más conflictos. El 'agonismo' se constituye como una lucha entre 'adversarios' que comparten por medio de procesos comunicativos, sociales y culturales los mismos valores o principios universales como la igualdad y la libertad para todos los integrantes de la sociedad, la construcción del 'adversario' es fundamental para forjar posibilidades políticas que impulsen la construcción de procesos identitarios.

4. CONCLUSIÓN

La construcción de los procesos de democratización en América Latina requiere una visión transgresora de los componentes de dominación que persisten en un estado, por lo tanto, la postura de O'Donnell, confirma que la existencia de un Estado burocrático autoritario puede anular las ciudadanías y los procesos democráticos; O'Donnell propone que pensar procesos de democratización auténticos debe ser confluyente a un accionar como agentes para dejar de ser espectadores de los procesos democráticos, para ello, Castells da una clave sustancial que consiste en ser sujetos discursivos que planteen propuestas de contrapoder, que cuestionen las posibles expresiones de una burocracia autoritaria. En efecto, los procesos democráticos reales en Colombia, se pueden construir cuando los ciudadanos afiancen un proceso de democratización, y ello implica comprender que la existencia de un discurso transgresor puede confirmar que la democracia es en cierta medida una construcción individual y colectiva.

La identidad no se dimensiona en términos de igualdad o exactitud con otro grupo social, todo lo contrario, la existencia del Otro perpetúa la existencia de la diversidad, es decir, se edifica el autorreconocimiento y el heterorreconocimiento en un ámbito social, de esta manera, la configuración de las identidades expande las formas individuales y, por supuesto, personales de las existencias. En época electoral, las identidades se venden al mejor postor, pero, hambre y ejercicio libre de nuestro deber como ciudadanos no compaginan en un país, donde irreductiblemente las experiencias de libertad son extremadamente coartadas, impulsándonos a caer en la absurda ilusión de que algún día el 1% desaparecerá, mas, si se continua pensando que la pobreza es estructuralmente necesaria para que ese 1% subsista en el poder, las representaciones sociales quedarán en el espectáculo vulgar de la venta de votos. Identidades segregadas se enmarcan en una sociedad donde no seguir los estándares de normalidad es catalogado como una construcción imaginaria de un ser irreal, la implementación de un enemigo ficticio se despliega en el imaginario colectivo, y nos describe la catadura moral de ese 1%. Por último, la dominación y el control, son formas que confluyen en las representaciones sociales de los habitantes del territorio nacional, y son enmascarados por una supuesta democracia.



REFERENCIAS

- Bourdieu, P (1995) *Respuestas para una antropología reflexiva*, Grijaldo, México.

- Castells, M. (2009) *Comunicación y poder*. Alianza Editorial.

- Mouffe, Ch. (1999) *El Retorno de lo político*. Paidós, Barcelona.

- Chomsky, N. (2014) *El beneficio es lo que cuenta*. Sígueme. Barcelona.

- Cortina, A. (1995). *Razón comunicativa y responsabilidad solidaria*. Ediciones Sígueme.

- Dussel, E. (1995) *Introducción a la Filosofía de la Liberación*. Editorial Nueva América. Bogotá.

- Giroux, H. (2015) "Democracia, educación superior y el espectro del autoritarismo". En: *Revista Entramados, educación y sociedad No 2*. p15-27. Tomado de <https://fh.mdp.edu.ar/revistas/index.php/entramados/article/view/1381/1378>

- Habermas, J. (1985). *Conciencia moral y acción comunicativa*. Ediciones Península.

- Herrera, M. C., Pinilla, A., Díaz, C., & Acevedo, R. I. (2005). *Educación pública y cultura política en Colombia*. En *La construcción de cultura política en Colombia: Proyectos hegemónicos y resistencias culturales*. Universidad Pedagógica Nacional.

- O'Donnell, G. (s. f.). *Apuntes para una política del Estado*. <http://www.top.org.ar/ecgp/FullText/000000/O%20DONNELL%20Guillermo%20-%20Apuntes%20para%20una%20teoria%20del%20estado.pdf>

- O'Donnell, G. (1994). *Democracia delegativa*. *Journal of Democracy*, 5(1), 55–69.

- O'Donnell, G. (2007). *Ciencias sociales en América Latina: Mirando hacia el pasado y atisbando el futuro*. En *Disonancias críticas de la democracia*. Editorial Prometeo.

- Richards, N. (2012) *Humanidades y ciencias sociales: travesías disciplinarias y conflictos en los bordes*. En Buenfil, Rosa Nidia, Fuentes Silvia y Treviño, Ernesto (coord) *Giros teóricos II. Diálogos y debates en las ciencias sociales y humanidades*. México, Facultad de Filosofía y Letras-Universidad Autónoma de México

- Tobón, G. (s. f.). *La reestructuración del Estado colombiano*. *Econ.*, 2(4), 127–247.



EDITORIAL
TEINCO



TEINCO
Corporación Tecnológica
Industrial Colombiana