



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES TIANGUISTENCO
DIVISIÓN DE INGENIERIA INDUSTRIAL



TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE TIANGUISTENCO

DIVISIÓN DE INGENIERIA INDUSTRIAL

“Síntesis verde de nanopartículas con propiedades antimicrobianas”

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO INDUSTRIAL

PRESENTA:

Pablo Hernández Díaz

DIRIGIDA POR:

Dra. Cristina Arely De León Condes

Dra. Maribel González Torres

Tianguistenco, Estado de México, junio de 2023

Resumen:

En este trabajo se sintetizaron nanopartículas de hierro y cobre a partir de precursores de sulfato de cobre y cloruro de hierro usando extracto de Prodigiosa (*Brickellia squarrosa*) con cascara de granada como agentes reductores. La caracterización óptica mediante espectroscopía UV-visible reveló un pico característico de resonancia de plasmones superficiales a 295 y 255 nm, correspondientes a nanopartículas de hierro y cobre respectivamente, análisis elemental confirma la presencia de los metales, el microscopio electrónico de barrido muestra la morfología superficial y la difracción de rayos X (DRX) de las fases de los metales. Las condiciones óptimas para la síntesis fueron proporción 1:1, se requiere una infusión que ha alcanzado su punto de ebullición a una temperatura de 120°C por 20 min agregando la solución metálica en temperatura ambiente a pH de 3 y 3.5 para el hierro y cobre respectivamente.

Agradecimientos

En primer lugar, agradezco a mi directora de tesis la doctora Cristina Arely de León por su invaluable orientación, paciencia y apoyo a lo largo de todo el proceso de investigación. Sus valiosos comentarios y sugerencias me han permitido mejorar y enriquecer mi trabajo de manera significativa.

También quiero agradecer a mis profesores y compañeros de clase por su colaboración y por compartir sus conocimientos y experiencias conmigo. Sus ideas y sugerencias han sido de gran ayuda para mi investigación.

Agradezco especialmente a mi familia y amigos por su amor, apoyo y motivación incondicional. Han sido mi roca en momentos de dificultad y me han dado la fuerza necesaria para seguir adelante.

Finalmente, quiero expresar mi gratitud a todas las personas que han participado en mi investigación, ya sea proporcionando información, brindándome su tiempo y dedicación. Sin su colaboración, esta tesis no habría sido posible.

Gracias a todos por su contribución a este proyecto y por ayudarme a alcanzar esta meta tan importante en mi carrera académica.

Índice:

<i>Caratula</i>	¡Error! Marcador no definido.
<i>Resumen:</i>	2
<i>Agradecimientos</i>	3
<i>Índice:</i>	4
<i>Índice de figuras</i>	6
<i>Índice de tablas</i>	7
<i>Capítulo 1 Generalidades</i>	8
1.1.- Introducción.....	9
1.2.- Justificación:.....	10
1.3.-Planteamiento del problema.....	12
1.4.-Objetivos:.....	13
1.4.1.- Objetivo:.....	13
1.5.- Objetivos específicos:.....	13
<i>Capítulo 2 Marco teórico</i>	14
2.1.- El papel de la ingeniería industrial en la sostenibilidad.....	15
2.1.1.- Manufactura sostenible.....	15
2.1.2.- Importancia de la manufactura sustentable a nivel mundial.....	20
2.1.3.- Ecodiseño.....	21
2.2.- Nanotecnología.....	23
2.2.1.-Nanopartículas.....	24
2.2.2.- Nanopartículas metálicas (Fe y Cu).....	24
2.2.3.- Síntesis de nanopartículas.....	26
2.2.4.- Síntesis verde.....	28
2.2.5.- Equipos para caracterizar NP´s (UV-VIS y SEM).....	30
2.2.5.1.- Microscopio electrónico de barrido (SEM).....	31
2.2.5.3.- Espectroscopía UV-Vis.....	32
2.2.6.-Factores que afectan la síntesis de Nanopartículas.....	33
2.3.1.-Hongos.....	36
2.3.2.- Bacterias.....	37
<i>Capítulo 3 Revisión de literatura</i>	39
3.1.- Fuentes bibliográficas consultadas.....	40
3.2.-Análisis de las fuentes bibliográficas.....	47

<i>Capítulo 4 Metodología</i>	51
4.1.- Descripción de actividades.....	53
4.1.1.-Búsqueda bibliográfica.....	54
4.1.2.-Análisis de las fuentes bibliográficas.....	55
4.1.4.- Desarrollo de propuesta.....	57
4.1.5.- Evaluación de propiedades antimicrobianas.....	58
<i>Capítulo 5. Resultados.</i>	60
5.1 Pruebas previas.....	61
5.2 Cantidades, materiales y pasos.....	64
5.3 Obtención de NP's de Cu-Fe.....	68
5.4 Optimización.....	72
5.5 Caracterización.....	75
5.6 Evaluación de propiedades antimicrobianas.....	79
5.6.1 Mecanismo de inhibición.....	80
5.7 Conclusiones.....	82
<i>Referencias:</i>	84

Índice de figuras

<i>Figura 1. Proceso de síntesis verde (elaboración propia con información de Gómez et al., 2018).</i>	30
<i>Figura 2. Grafica sobre el tipo de metal empleado por los autores (elaboración propia).</i>	47
<i>Figura 3. Campo de aplicación de las nanopartículas (elaboración propia).</i>	48
<i>Figura 4. Gráfica sobre el principal agente dañino a combatir (elaboración propia).</i>	49
<i>Figura 5. Gráfica sobre las distintas síntesis verdes implementadas (elaboración propia).</i>	50
<i>Figura 6. Diagrama de pasos seguidos para la realización de la investigación (elaboración propia).</i>	52
<i>Figura 7. Pasos por seguir en la búsqueda bibliográfica (fuente elaboración propia).</i>	54
<i>Figura 8. Pasos para seguir en el análisis de las fuentes bibliográficas (fuente elaboración propia).</i>	55
<i>Figura 9. Proceso de experimentación para obtención de nanopartículas (elaboración propia).</i>	56
<i>Figura 10. Desarrollo de propuesta (elaboración Propia).</i>	57
<i>Figura 11 Proceso de evaluación de propiedades antimicrobianas (elaboración propia).</i>	58
<i>Figura 12 Proceso de análisis de resultados (elaboración propia)</i>	59
<i>Figura 13. Papel filtro con nula existencia de nanopartículas (elaboración propia).</i>	62
<i>Figura 14. Nanopartículas de hierro obtenidas (elaboración propia).</i>	63
<i>Figura 15. Nula existencia de nanopartículas de cobre (elaboración propia).</i>	64
<i>Figura 16 Proceso de elaboración de NP´s (elaboración propia)</i>	68
<i>Figura 17 NP´s de Cu0 a nivel microscópico (elaboración propia)</i>	70
<i>Figura 18NP´s obtenidas (elaboración Propia).</i>	70
<i>Figura 19 Diagrama del proceso (elaboración propia).</i>	71
<i>Figura 20 Diagrama de operaciones sobre obtención de NP´s (elaboración propia)</i>	72
<i>Figura 21 Diagrama sobre proceso de obtención de NP´s de plata con Psidium guayaquilensis (Elizabeth, 2022).</i>	73
<i>Figura 22 el proceso de obtención de NP´s de oro con una infusión de pulpa de café (Castañeda et al., 2005).</i>	74
<i>Figura 23 Espectros XRD de nanopartículas de óxidos de cobre a), nanopartículas de óxidos de hierro b). (elaboración propia)</i>	75
<i>Figura 24 Espectros UV-vis de nanopartículas de óxidos de cobre (a), nanopartículas de óxidos de hierro (b) (elaboración propia).</i>	76
<i>Figura 25 Espectros SEM de NP´s de óxidos de Fe (a) de óxidos de Cu (b), nanopartículas de óxidos de hierro (b), el análisis elemental determinado por EDS de muestra de hierro (c) y análisis elemental determinado por EDS de muestra de Cu0 (elaboración propia)</i>	78
<i>Figura 26 NP´s repeliendo e-coli (elaboración propia).</i>	79
<i>Figura 27 (a) imagen de una bacteria de E. coli que está en un medio con NPs Ag y (b) imagen de una bacteria de E-coli expuesta a NP´s de plata(Estevez Posadas, 2017).</i>	80
<i>Figura 28 Mecanismo de inhibición de NP´s contra célula e-coli (elaboración propia)</i>	81

índice de tablas

<i>Tabla 1. Evolución de la química verde (elaboración propia con información de Pino et al.,2020).</i>	20
<i>Tabla 2. Tipos de síntesis de nanopartículas (elaboración propia con información de Gómez et al.,2018).</i>	27
<i>Tabla 3. Factores que afectan a la síntesis de nanopartículas (elaboración propia con información de Cognet, 2022).</i>	34
<i>Tabla 4. Autores consultados y sus aportaciones al campo (elaboración propia).</i>	40
<i>Tabla 5 Materiales empleados para la obtención de NP´s.</i>	64
<i>Tabla 6 Equipo necesario para la obtención de NP´s.</i>	65
<i>Tabla 7 Descripción de pasos para obtención de nanopartículas (elaboración propia)</i>	66

Capítulo 1

Generalidades

1.1.- Introducción.

La síntesis verde de nanopartículas metálicas ha existido desde tiempos remotos destacándose su huso en la civilización de Mesopotamia donde existen registros de su invención por parte de sus artesanos, lo más probable es que se obtuvieron por método de fragmentación debido a que los métodos químicos son de tiempos recientes a principios de los años 80 se dio un notorio enfoque en el uso de las nanopartículas metálicas, utilizando métodos denominados físicos que consisten en la fragmentación y pulverización, por otra parte los métodos químicos estudian la alteración en la estructura química del material.

Estos métodos son costosos y tardados hasta que obtienen el tamaño nanométrico del material en cuestión, también son causantes de un grado de contaminación considerable, claro que este varía dependiendo del material y la cantidad de nanopartículas que se requerían obtener. La síntesis verde de nanopartículas metálicas de hierro y cobre a través del método de calcinación o evaporación de la mezcla contenedora de las nanopartículas supone un método novedoso, limpio y viable de obtención con una posterior aplicación de las nanopartículas obtenidas siendo así una rama subsecuente de la nanotecnología muy relevante en tiempos actuales. Por lo tanto, esta investigación se enfoca en la obtención de nanopartículas metálicas de hierro y cobre mediante síntesis verde, después un proceso de calcinación que permite obtener nanopartículas por biosíntesis.

1.2.- Justificación:

La síntesis verde establece procesos de producción alternativos y prácticas que respetan el medio ambiente. Los métodos alternativos como éste ayudan a limitar el impacto de la manufactura, son socialmente responsables y fomentan puntos de la industria limpia.

En la actualidad se demostró que la síntesis verde de nanopartículas es un método alternativo y viable para la obtención de las mismas, facilitando su obtención, minimizando costos y tiempos, este método no altera las cualidades de las nanopartículas obtenidas lo cual es muy beneficioso ya que estas poseen diversas aplicaciones en óptica, electrónica, medicina y empaques, a su vez se ve favorecida por los enfoques interdisciplinarios con nuevas tendencias que puedan ser en beneficio de desarrollo tecnológico y por consecuencia en procesos industriales.

A través de un método de síntesis verde para la obtención de nanopartículas metálicas de hierro y cobre basándose en la calcinación de la solución de las sales metálicas, de los materiales antes mencionados en combinación de la infusión de *tillandsia prodigiosa* y *punica granatum* (cascara de granada) esta vez sustituyendo el método de filtración por uno de calcinación obteniendo así un método capaz de reducir considerablemente el tiempo del proceso y aumentando rigurosamente la cantidad de nanopartículas obtenidas, evitando así el uso de los métodos físicos y químicos convencionales los cuales generan una contaminación considerable y en ocasiones no son tan factibles.

El principal objetivo de este proyecto es la obtención de nanopartículas con ayuda de un método en base a la síntesis verde de sales metálicas de hierro y cobre,

sustituyendo la filtración por una evaporación y posterior calcinación de una mezcla de una infusión a base de *tillandsia prodigiosa* y *punica granatum* (cascara de granada) y una solución de sales metálicas de hierro y cobre.

El presente trabajo de investigación busca alternativa de obtención de nanopartículas metálicas de hierro y cobre con actividad antimicrobiana, que comprende una matriz y nanopartículas mediante un proceso de obtención verde de dichos materiales. Los conocimientos de estos procesos son importantes para entender los nuevos caminos de la ciencia que deriva el desarrollo tecnológico.

La aplicación de estas nuevas tendencias dentro de la industria manufacturera comprende los siguientes beneficios:

- Se reducen de energía.
- Reducción de compuestos contaminantes en los procesos.
- Reducción de costos.

El impacto que se busca con la alternativa verde es económico, ambiental, y social.

1.3.-Planteamiento del problema.

La síntesis verde para obtención de nanopartículas metálicas es un proceso que permite obtener de forma eficiente y limpia las NP's de hierro y cobre las cuales poseen cualidades antimicrobianas en mayor cantidad que los métodos convencionales, los cuales son los métodos químicos y físicos.

La síntesis verde se emplea para la obtención de nanopartículas metálicas y no metálicas de forma limpia y optima, es un método novedoso que ha tomado mucho protagonismo en la química verde, esta alternativa se ayuda de la calcinación directa o un sistema de filtrado para la obtención de las nanopartículas.

Se planea añadir una calcinación indirecta al método convencional de síntesis verde, el cual es un sistema de filtrado, para así maximizar la cantidad de nanopartículas obtenidas minimizando los recursos y el tiempo que se requieren para una correcta obtención de nanopartículas en comparación con un sistema de filtrado o una calcinación directa.

1.4.-Objetivos:

1.4.1.- Objetivo:

Obtener nanopartículas mediante síntesis verde, evaluando las propiedades morfológicas y antimicrobianas.

1.5.- Objetivos específicos:

- 1) Realizar búsqueda bibliográfica reciente de los avances y tendencias. en el campo de las nanopartículas y sus aplicaciones antimicrobianas.
- 2) Establecer análisis de las fuentes bibliográficas, que permita determinar la propuesta a realizar de aplicación de las nanopartículas.
- 3) Optimizar síntesis verde a partir de infusión de *tillandsia prodigiosa* y *punica granatum* (cascara de granada)
- 4) Caracterizar las nanopartículas obtenidas por síntesis verde.
- 5) Evaluar las propiedades antimicrobianas.
- 6) Analizar resultados estableciendo futuras direcciones y recomendaciones.

Capítulo 2

Marco teórico.

2.1.- El papel de la ingeniería industrial en la sostenibilidad.

La ingeniería industrial se define como una especialidad en la innovación que se basa en los pilares principales de la ingeniería como la economía y ecología, se basa en producir bienes servicios que se requieren en la sociedad para una total o parcial satisfacción de sus necesidades, el proceso se refiere al componente operativo de la empresa, la cual si requiere ser considerada competitiva se debe enfocar en una producción óptima, lo que significa tener un control y seguimiento de la eficiencia tecnológica, el sistema organizacional, la gestión económica, así como los aspectos sociales y ambientales.

En empresas manufactureras siempre existe el sentimiento de ser medioambientalmente amigables, esto conlleva al complemento de técnicas de manufactura sustentable los cuales se desempeñan en conseguir beneficios económicos a corto plazo, así como un incremento en la calidad del producto o servicio en gran medida.

Los ingenieros industriales se desempeñan tanto controlando y operando los procesos industriales, así como los químicos tecnológicos en los cuales de basa la transformación de materia prima o recursos naturales incluyendo las sustancias químicas resultantes del proceso. EL paradigma actual de los ingenieros industriales se enfoca en la manufactura sostenible (Chacón et al., 2021).

2.1.1.- Manufactura sostenible.

Este término se comenzó a utilizar desde intermedios de la década de los 70's y 80's, este se impulsó debido al alto número de desastres ambientales provocado por la

manufactura convencional, así como el miedo constante que emanaba la contaminación química de los procesos, este término es usualmente utilizado para describir o referenciar la reducción de impactos ambientales que surgen de la manufactura convencional. La sostenibilidad conlleva aún más que analizar y modificar la naturaleza medioambiental de los procesos y sistemas de fabricación, incluyendo la elaboración de productos que se basan en el uso de materia prima, así como procesos que afectan perjudicialmente al medio ambiente y la energía utilizada, estos a su vez salvaguardan a los trabajadores que los manipulan y no representan amenaza para las comunidades, consumidores además de ser económicamente rentables.

Este término también se utiliza para abarcar tecnología de generación de energía limpia o sostenible, las cuales suelen ser la energía fotovoltaica, turbinas eólicas, biorreactores, biofiltración, biorremediación entre muchas otras más.

Este término se puede describir como la obtención de productos o servicios que emplean procesos que reducen en lo mínimo los impactos negativos al medio ambiente, así como también a la sociedad la cual es una parte fundamental de cualquier empresa manufacturera a nivel mundial (Baque et al., 2018).

De hecho, la manufactura sostenible se enlaza directamente con la agenda 2030 ya que el lento crecimiento económico mundial, la desigualdad social y la degradación ambiental caracterizan la realidad actual y plantean desafíos sin precedentes a la comunidad internacional. De hecho, se enfrenta a tiempos de cambio: la posibilidad de seguir utilizando los mismos modelos de producción, energía y consumo ya no es sostenible, por lo que es necesario pasar del modelo de desarrollo dominante al que lleve por la senda de la manufactura sostenible, incluyente y con visión de largo plazo.

Se necesita un cambio de tiempos para América Latina y el Caribe, que no es la región más pobre del mundo, pero sí la más desigual. Si bien la desigualdad existe en todo el mundo, limita particularmente el potencial de la región. Las desigualdades a las que se enfrentan son estructurales: baja productividad e infraestructura, segregación y mala calidad de los servicios de educación y salud, persistentes brechas de género y desigualdades entre regiones y minorías, y el impacto desproporcionado del cambio climático en los sectores más pobres de la sociedad. Frente a estos desafíos, 193 estados miembros de la ONU se involucraron en un proceso de negociación abierto, democrático y participativo con una amplia gama de actores de la sociedad civil, la academia y el sector privado, que culminó con el anuncio de la Agenda 2030 con la agenda de acción de Addis Abeba de la tercera conferencia internacional sobre financiamiento para el desarrollo y el acuerdo de París sobre cambio climático, que también fue ratificado por todos los estados miembros en 2015, brindan oportunidades sin precedentes para la región. Con 17 objetivos y 169 metas, la agenda 2030 para el desarrollo sostenible ofrece una visión ambiciosa del desarrollo sostenible e integra las dimensiones económica, social y ambiental. Esta nueva agenda expresa las esperanzas, aspiraciones y prioridades de la comunidad internacional para los próximos 15 años. La Agenda 2030 es una agenda transformadora centrada en la igualdad y la dignidad humanas y llama a cambiar la forma en que se desarrolla mientras se protege el medio ambiente. Es un compromiso universal de países desarrollados y en vías de desarrollo, dentro de una alianza global fortalecida, que toma en cuenta los medios para implementar el cambio y prevenir desastres causados por eventos naturales extremos, así como para mitigar y adaptarse al cambio climático.

En horizonte 2030: equidad en el centro del desarrollo sostenible presentado en su 36° período de sesiones en mayo en la ciudad de México, analizó la perspectiva, en América latina y el Caribe e identifica desafíos y oportunidades clave para su implementación en la región. También propone una gama de recomendaciones de política y herramientas sobre impulsores ambientales clave, reuniendo y alineando todas las políticas públicas (regulación, política fiscal, financiamiento, planificación e inversión pública, social y ambiental) para lograr los ambiciosos objetivos de la agenda 2030, que marca la pauta para el desarrollo sostenible e inclusivo en la región. Esta sesión también aprobó la Resolución 700 (XXXVI), que estableció el foro de América latina y el Caribe para el desarrollo sostenible como un mecanismo regional para monitorear y revisar la implementación de la agenda 2030 para el desarrollo sostenible, incluidos los objetivos de desarrollo sostenible. y sus objetivos y disposiciones de aplicación, así como el programa de acción de Addis Abeba. De acuerdo con su mandato y tradiciones, la CEPAL se propone acompañar y apoyar a los países de América latina y el Caribe en el proceso de implementación y seguimiento del programa y los objetivos de desarrollo sostenible, brindándoles recursos analíticos, técnicos y humanos. tecnología y humanidad (Baque et al., 2018).

Anudando a lo anterior se destaca el tema de química verde la cual tiene su inicio gracias a Paul Anastas considerado como el padre de la química verde, le otorgó el concepto de la manufactura de productos con procesos que minimizan el empleo de sustancias nocivas para la integridad de la salud humana así como el medio ambiente, su objetivo fue buscar una alternativa a los problemas antes que una solución, en años posteriores se presentó el certamen presidencial enfocado en

química verde, el cual tiene como objetivo reconocer los logros más llamativos de la química verde, este a su vez resalta los beneficios ambientales, científicos y economía que van de la mano con la química verde.

Paralelamente se desarrollaron institutos como el Green Chemistry Institute cuyo objetivo es promocionar la química verde induciéndola en la manufactura convencional, promocionarla al gobierno gracias a convenios con universidades y junto con laboratorios nacionales poder promover el desarrollo de tecnologías sostenibles ya amigables con el ambiente. En el año 2021 este instituto formó una alianza con el American Chemical Society, el cual es considerada la máxima organización a nivel mundial que se puede tener dentro de la amplia comunidad científica la cual promueve la investigación en el campo químico con el objetivo de incrementar el protagonismo de la química verde para ampliar el manejo de temas ambientales (Baque et al., 2018).

Durante años se sostuvo un debate sobre el nombre apropiado de esta disciplina, la disputa tenía como meta decidir si llamar a esta rama de la química, como química sostenible o química verde, no obstante, en los tiempos modernos estos términos se consideran sinónimos, sin duda alguna la química verde se propaga a través de los gobiernos, universidades y por supuesto industrias a lo largo del mundo con el objetivo de lograr una concientización ambiental, la evolución de esta rama de la química se observa en la tabla 1 (Pino et al., 2020).

Tabla 1. Evolución de la química verde (elaboración propia con información de Pino et al.,2020).

1962 Publicación de la primavera silenciosa	1970 Fundación de la EPA	1990 Ley de prevención contra la contaminación en EE. UU.	1993 EPA implementa el programa de QV
1997 Se funda el instituto de QV	1998 Se publican los 12 principios de química verde	2001 El instituto de QV se une con ACS	200 Fundación de la red verde internacional
2006 Reglamento de registro de productos químicos	2007 Primera conferencia en Asia y Oceanía de QV	2011 Año internacional de la química	2014 Incremento de las conferencias de QV

En pocas palabras es una rama o filosofía de la química en general, la cual consiste en el diseño o elaboración procesos químicos que reduzcan los agentes contaminantes de la química convencional cuando esta se emplea en la producción o creación de un bien o servicio (Pino et al., 2020).

2.1.2.- Importancia de la manufactura sustentable a nivel mundial.

Tomando en cuenta que la manufactura convencional a nivel internacional es la responsable de consumir en gran cantidad recursos naturales, así como generar una cantidad enorme de residuos mencionando además que consume un tercio de la energía global y genera el principal gas del efecto invernadero el cual es CO₂, por lo consiguiente que las instalaciones manufactureras opten por un método de manufactura sostenible.

Conciencia ambiental en México:

Únicamente el 30% de las empresas en México cuentan con un sistema de medición de energía.

El sector de la manufactura abarca el 60% de la energía eléctrica del país el 79% de la energía eléctrica en México proviene de combustibles fósiles.

El análisis del consumo de energía eléctrica es el siguiente:

1. 46% motores eléctricos de corriente alterna.
2. 17% refrigeración.
3. 10% iluminación.
4. 10% procesos.
5. 9% Aire acondicionado.

Con los datos anteriores se demuestra la casi nula importancia que las empresas de manufactura dentro del territorio nacional mexicano le otorgan al tema sobre el consumo de electricidad (Baque et al., 2018).

2.1.3.- Ecodiseño

Se refiere al desarrollo de productos minimizando el impacto ambiental que conlleva todo su ciclo de vida, el ecodiseño prioriza la obtención del ciclo de vida del

producto en una etapa temprana del mismo para lograr así un aprovechamiento total en términos económicos y ecológicos.

El ecodiseño tiene como origen la década de los 80's en Delft University of Technology como consecuencia del proyecto "promise" el cual tenía como objetivo la elaboración de productos que no perjudicaran de sobremanera al medio ambiente, esto como una estrategia para impulsar la manufactura holandesa.

El ecodiseño se le presentaría al mundo gracias a la publicación del manual Ecodesign: a promising approach for sustainable production and consumption, dicha publicación añadía un diagrama llamado rueda de estrategias de ecodiseño el cual proporciona 8 estrategias para minimizar el impacto ambiental de un producto, todas las estrategias vienen acompañadas de una serie de acciones definidas para su aplicación, posteriormente se actualizó la rueda de estrategias del ecodiseño incluyendo:

- Innovación.
- Reducción de impactos por materiales.
- Innovación en la manufactura.
- Distribución eficiente.
- Reducción de impactos en uso y comportamiento de usuarios.
- Longevidad del sistema.
- Sistemas de transición.
- Optimización de fin de vida útil.

Por otra parte, el ecodiseño se ha definido como el desarrollo y diseño de artículos con cierta moralidad ambiental, esto significa que el término “medio ambiente” ahora se considera un criterio dentro del desarrollo de productos poniéndolo a la par de términos como rentabilidad, ergonomía, estética, etc. (Huerta, 2020).

2.2.- Nanotecnología.

Indica el uso de materiales a nivel nanométrico cuya finalidad es algún día alcanzar la manipulación a nivel atómico y molecular para el diseño futuro de productos. El término nanotecnología hace referencia a la tecnología aplicable a nivel nanométrico lo cual da el acceso a una manipulación tanto de sus estructuras moleculares y atómicas en algunos casos, esto abre las puertas a un futuro que permita elaborar materiales a partir de átomos o moléculas.

Este término se basa en el diseño, creación, estudio, aplicación y manipulación de materiales, así como de aparatos a nivel nanométrico, cuando se trabaja con una escala tan reducida como lo es el término nano, permite ver el panorama de fenómenos e interacciones que no se perciben al trabajar con una escala más grande, por esto la nanotecnología se usa para la creación de productos novedosos y relativamente baratos comparados con la competencia tradicional, dichos productos pueden recaer en la fabricación de materiales, estructuras, dispositivos y sistemas las cuales se ensamblan desde la escala nanométrica. También dentro del término nanotecnología existe una clasificación de esta, la cual varía según las dimensiones estructurales de la escala nanométrica utilizada, estos se catalogan como la fabricación de las nanopartículas mismas, nano cables e inclusive superficies suficientemente delgadas como una nano película (Arenas et al, 2017).

2.2.1.-Nanopartículas.

Es una partícula que se encuentra en el tamaño nanométrico el cual es menor a 100 nm. en sus respectivas tres dimensiones, está compuesta por pocos átomos o moléculas dependiendo el caso, estas pueden tener distintas formas las cuales varían desde esférica hasta hexagonales si de formas geométricas se habla no obstante estas pueden tener formas variadas dependiendo del material del cual se desprende, dentro de la nano escala siempre está latente un incremento entre la interacción superficie-volumen, lo cual indica que la mayoría de los átomos que conforman una nanopartícula se encuentran en la superficie, para eso se tiene la siguiente ecuación $A + B \rightarrow C$ en donde mediante la sustitución de valores se termina que “A” representa un gas o alguna sustancia que se encuentra disuelta en un líquido, mientras tanto “B” representa una superficie solida dentro de una reacción química. Si el sólido antes mencionado son las nanopartículas, entonces la mayoría de los átomos se encuentran en la superficie de la nanoestructura. Las nanopartículas se producen con distintos tipos de metales, los cuales entre más nobles o conductores sean, serán más fáciles de sintetizar nanopartículas (Huang, J. 2020).

2.2.2.- Nanopartículas metálicas (Fe y Cu).

Tanto el hierro como el cobre se destacan por sus propiedades antimicrobianas debido a sus propiedades como metales independientes, no obstante, las propiedades de las nanopartículas metálicas difieren de las del mismo material (por ejemplo, las nanopartículas de cobre se comportan de manera diferente al cobre común, tal como lo conocemos). También dependerán de la forma en que aparezcan estas nanopartículas y de su tamaño. Por lo tanto, las nanopartículas deben caracterizarse estructural,

morfológica y químicamente para comprender su comportamiento de la manera más confiable posible.

Las nanopartículas, tanto de hierro como de cobre cuentan con propiedades antimicrobianas bastante destacables al punto de compararse con metales más puros como el oro y la plata, lo cual los convierte en metales nanométricos bastante recurrentes en el campo médico (Meza-garcia, 2022).

Las NP's con mayor uso en la actualidad es la magnetita, (también llamada Fe_3O_4) se denomina óxido ferroso el cual tiene un 27.6% de sus átomos los cuales corresponden al oxígeno, mientras el resto es hierro su estructura es cúbica la cual es un distintivo de las nanopartículas metálicas y más de las que se derivan de óxidos.

Las nanopartículas de hierro han demostrado ser muy eficaces a la hora de deshacerse de residuos químicos gracias a que el óxido ferroso actúa como agente reductor, a su vez también son bastante utilizadas en la descomposición de gran variedad de productos químicos, lo cual las hace bastante viables a la hora del tratamiento de aguas residuales, además gracias a su abundancia en el planeta, las convierte en un tipo de nanopartículas más fáciles de obtener, no obstante el principal inconveniente es que el hierro absorbe el oxígeno a su alrededor provocando su oxidación lo cual provoca una notoria falta de oxígeno dentro del metabolismo animal, lo cual es la principal causa de que aún no se puedan emplear nanopartículas de hierro para el tratamiento de enfermedades e incluso intoxicaciones en seres vivos. (Méndez et al., 2019).

El cobre poseedor del número atómico 29, es un elemento perteneciente a la familia de la plata cuyo símbolo es Cu, debido a encontrarse en su familia, el cobre

tiene cualidades similares a la plata volviéndolo un material idóneo para la obtención de nanopartículas lo cual es interesante ya que es el material más empleado en el campo de la electricidad teniendo un mayor uso que el oro y la plata debido a su bajo costo, las nanopartículas de cobre han demostrado ser muy eficientes en las aplicaciones antimicrobianas y antimicóticas, por eso mismo se considera su uso para la elaboración de antibióticos y cicatrizantes, aunque claro, esto depende del método de obtención de nanopartículas así, como su forma y tamaño de las mismas (Meza-garcia, 2022).

2.2.3.- Síntesis de nanopartículas.

Las nanopartículas cuentan con múltiples formas de síntesis, ya sea natural, como pueden ser los obtenidos por síntesis a base de especies marinas, plantas, hongos e inclusive de forma industrial como combustión de vehículos y procesos industriales especializados, los cuales suelen ser los métodos químicos y físicos.

Existen tres tipos de métodos para la obtención de nanopartículas, las técnicas ascendentes o mejor conocidas como top-down en su lengua natal, la cual consiste en la fractura del material hasta obtener el tamaño deseado, para este tipo de técnicas se utilizan tanto métodos físicos como químicos, por el otro lado existen las técnicas ascendentes o bottom-up, este consiste en la concentración de átomos o entidades con características moleculares en un estado gaseoso o en alguna solución y por último se encuentra la síntesis verde que hace uso de las propiedades naturales de algunas plantas y sus derivados para entrar en reacción con el metal en cuestión y así obtener nanopartículas.

Las nanopartículas se obtienen a partir de metales como la plata, el oro, el cobre, el zinc o el más fácil de manipular: el hierro, siendo la plata el material con mayor uso para la elaboración de nanopartículas debido a sus cualidades biológicas, los métodos de obtención de nanopartículas se encuentran descritos en la tabla 2 (Nano, 2022).

Tabla 2. Tipos de síntesis de nanopartículas (elaboración propia con información de Gómez et al.,2018).

Técnicas descendentes (Método físico)	Técnicas ascendentes (Método Químico)	Síntesis verde
Transformación por energía	Ionización por energía	Creación de una infusión verde
Transformación a pequeños fragmentos	Formación de iones radicales y electrones	Creación de una solución metálica a base de sales
Molienda	Condensación y formación de clúster	Combinar de acuerdo con las especificaciones del material
Exfoliación de multiplicadas a nano placas.	Clúster	Esperar la reacción
Nanopartículas		

2.2.4.- Síntesis verde.

Este método de síntesis verde es gracias a la intervención directa de los polifenoles, los cuales son los principales causantes de la oxidación de los metales, los polifenoles son moléculas naturales del metabolismo secundario de las plantas que derivan de las vías de shiquimato y de los fenilpropanoides, estos reducen de tamaño a los metales en cuestión, así como potenciar en demasía las características tanto físicas como químicas de los metales en cuestión (Valencia et al., 2017).

El método convencional para la obtención de nanopartículas requiere de sustancias tóxicas como lo pueden ser los disolventes, los cuales ocasionan un daño considerable al medio ambiente, la síntesis verde es una alternativa propuesta por la química verde., ya que es un método de bio-producción de materia con tamaño nanométrico en especial metales como el oro, plata, cobre, zinc e inclusive óxidos metálicos, este método tiene como objetivo principal ser una alternativa para la obtención de nanopartículas sin afectar a la producción de las mismas y siendo amigable con el medio ambiente.

Este método tiene como pilar a la biorremediación, dicha técnica es empleada para la extracción y recuperación de metales en el suelo el cual ha sido contaminado gracias a las propiedades naturales de las plantas ya que estas no se limitan a la acumulación de metales, sino que además dichos metales se depositaban a tamaño nanométrico, el primer reporte del que se tiene conocimiento se empleó este tipo de síntesis con el objetivo de obtener nanopartículas de plata, esta fue obtenida gracias a la utilización de alfalfa tratada con nitrato de plata, el posterior análisis demostró que las

nanopartículas de plata obtenidas tenían unas dimensiones de 2 a 20 nanómetros de diámetro, mismas que empezaron a acumularse en los extremos de la alfalfa es decir raíces y brote, la síntesis verde gira entorno al hecho de que las propiedades reductoras de las especies naturales gracias a sus propiedades antioxidantes aplicado a los metales, en años recientes se a comprobado que los materiales naturales reductores para la obtención de nanopartículas pueden y de hecho han comenzado a remplazar agentes químicos siendo los más destacados e impactantes en el campo las algas, bacterias, hongos y algunas células humanas. Dichos materiales han demostrado ser idóneos para la transformación de iones inorgánicos en las nanopartículas deseadas del metal en cuestión, algunos métodos de síntesis verde requieren el uso de sales metálicas e inclusive óxidos metálicos, estos son normalmente empleados cuando la síntesis se realiza con extractos de las plantas, como lo puede llegar a ser una infusión de la misma, extrayendo en su totalidad los agentes necesarios para que la síntesis sea exitosa esto se aprecia mejor en la Figura 1 (Gómez, 2018).



Figura 1. Proceso de síntesis verde (elaboración propia con información de Gómez et al., 2018).

2.2.5.- Equipos para caracterizar NP's (UV-VIS y SEM).

Existen diversos equipos para una correcta caracterización de nanopartículas, dichos equipos permiten conocer las características de las nanopartículas ya que estas no pueden ser vistas debido a las limitantes que se tienen respecto al ojo humano. Con equipos convencionales como un microscopio celular, estas se perciben de acuerdo con la cantidad de energía conductiva que posean o con el reflejo de una luz concentrada (Arturo & Lazarini, 2016).

2.2.5.1.- Microscopio electrónico de barrido (SEM).

El SEM (microscopio electrónico de barrido) tiene un funcionamiento basado en principios relativamente básicos de óptica; lo que indica que el sistema de formas de una imagen en tamaño microscópico de modo electrónico se basa casi en su totalidad en el sistema de reflexión, dicho método consiste en iluminar el objeto en cuestión de forma frontal, una vez reflejada la luz en el objeto estos son los datos captados y en consecuencia proporciona los datos finales o los que se pretende alcanzar, este método utiliza haces de electrones sustituyendo a los haces de luz los cuales se emiten por lentes condensadoras y objetivo, esto quiere decir que los electrones realizan un barrido por el objeto de estudio detecta los electrones secundarios reflejados por cada punto de la superficie, dicha información se aprecia en un monitor adjunto al mismo sistema, se puede modular la intensidad de reflexión a gusto, la información que se obtiene se interpreta con el espacio entre los átomos, el tamaño y la forma de las partículas que componen un material sólido. Este método también brinda información sobre la textura de la superficie del material, que está estrechamente relacionada con el tamaño y forma.

2.2.5.2.- Microscopio electrónico de transmisión (TEM).

En un microscopio electrónico de transmisión (TEM), la muestra es iluminada desde la parte trasera, la pistola que produce el haz de electrones que ilumina la muestra se encuentra en la parte superior del microscopio. Esta pistola puede ser térmica (W o LaB6) o de emisión de campo, Cuando un haz de luz interactúa con una muestra,

ocurren varios procesos: un proceso elástico, en el que los electrones incidentes se dispersan sin perder energía, y un proceso inelástico, en el que los electrones incidentes transfieren parte de su energía a los electrones del interior del material. Las lentes objetivas colocadas debajo y alrededor de la muestra enfocan el haz disperso y forman una primera imagen intermedia. El hecho de que los electrones estén cargados permite que los electrones dispersos se enfoquen para crear una imagen por un fenómeno de difracción similar a lo que sucede con los rayos X. Por lo tanto, esta lente juega un papel crucial en el proceso de formación de imágenes.

Cuando un haz de luz atraviesa un cristal, los electrones se dispersan o reflejan en las superficies del cristal con el índice de Miller HKL.

2.2.5.3.- Espectroscopía UV-Vis

La espectroscopía UV-Vis se basa en la absorción de la radiación UV-Vis (radiación con una longitud de onda de 160 a 780 nanómetros) en moléculas además opera en una región estrecha del espectro electromagnético. (El espectro electromagnético es la suma de todas las longitudes de onda de la radiación electromagnética. Incluye: rayos gamma, rayos X, radiación ultravioleta (UV), luz visible, radiación infrarroja (IR) y ondas de radio), la información que proporciona es extremadamente importante. Esta es la espectroscopía más utilizada en el mundo. La espectroscopía UV-Vis se ha utilizado en diversas aplicaciones en biología, la técnica permite determinar la concentración de una solución por la ley Beer-Lambert y absorptividad molar y el coeficiente de extinción puede determinar cuantitativamente proteínas, determinar la actividad enzimática y evaluar la viabilidad celular entre varias otras aplicaciones. El abanico de posibilidades de la espectroscopía UV-Vis en la

investigación molecular la convierte en una herramienta fundamental en el estudio y tratamiento de enfermedades de alto impacto social, como el cáncer.(Cubas et al., 2018).

2.2.6.-Factores que afectan la síntesis de Nanopartículas.

Existen varios factores que afectan directamente a la síntesis verde de nanopartículas, ya que tanto la infusión como la solución metálica tienen propiedades que fácilmente pueden ser alteradas por factores externos, por ello cada metal tiene sus propias condiciones al momento de realizar la síntesis de sus nanopartículas por método físico, químico e inclusive por síntesis verde, claro que estos factores se afectan en distinta medida a cada metal y a cada método empleado, en el caso de síntesis verde, afecta también a la infusión empleada para la obtención de nanopartículas, por ello existen distintos métodos para salvaguardar la integridad de la elaboración de nanopartículas adecuada para cada posible factor que pudiera intervenir directamente en el proceso, desde el método que se requiere para alcanzar cierta temperatura, el tiempo de agitación, entre otras cosas para evitar algún factor que afecte al proceso de obtención de nanopartículas, dichos factores se presentan en la tabla 3.

Tabla 3. Factores que afectan a la síntesis de nanopartículas (elaboración propia con información de Cognet, 2022)

Factor	Como afecta
Temperatura	Naturalmente debido a las propiedades de los metales estos reaccionan distinto dependiendo de la temperatura, lo que ocasiona que algunos tengan la reacción deseada a temperatura ambiente y otros no.
Agitación	Dependiendo de la infusión o solución se requiere una agitación diferente e incluso en algunos casos la agitación es nula, esto para que la reacción que se requiere suceda sin problemas.
Iluminación	En muy pocos casos la iluminación afecta directamente a la reacción de la síntesis verde debido a las propiedades del metal en cuestión ya que este puede reaccionar de forma errónea, esto también involucra a la infusión utilizada.
Cantidad de infusión	Una cantidad insuficiente de infusión, así como una en exceso ocasiona que la reacción deseada no suceda, lo que provoca la nula aparición de nanopartículas.
Cantidad de solución metálica	Una cantidad insuficiente de solución metálica, así como una en exceso ocasiona que la reacción deseada no suceda lo que provoca

	la nula aparición de nanopartículas.
Ph	Un Ph inadecuado es el causante de una nula reacción de la solución metálica y la infusión de hierbas.
Compatibilidad	Debido a las propiedades tanto de los metales como de la infusión utilizada estos pueden no ser compatibles lo cual se estanca en una nula interacción.
Perdida de propiedades	En algunos casos la interacción de una infusión y una solución metálica tiene el efecto contrario ocasionando que una de las 2 pierda sus propiedades, esto debido a que en algunos casos no son compatibles en lo absoluto.

2.3.-Agentes microbianos.

Hace referencia a una multitud de seres vivos, los cuales suelen ser en su mayoría perjudiciales para la salud humana, dichos organismos aparecen cuando algún factor externo interactúa directamente con el medio ambiente ya sean cuestiones climáticas como la temperatura o humedad, así como consecuencia de la interferencia humana como consecuencia de la urbanización desmedida, el constante crecimiento industrial, la pobreza, la construcción en zonas deshabitadas y la disposición de los desechos tanto humanos como animales, dichos organismos suelen tratarse de hongos, bacteria, virus e inclusive células.

Dichos organismos son constantes inquilinos del organismo humano, por tal motivo son causantes de múltiples enfermedades de suma peligrosidad para el hombre, ya que constantemente se interactúa con ellos sin darse cuenta debido al hecho de que estos pueden estar alojados tanto en una superficie sólida como lo es la infraestructura de algún edificio, así como en el aire y agua que entran directamente en el organismo humano (Ríos-Tobón et al., 2017).

2.3.1.-Hongos.

Los hongos, como los animales, son heterótrofos, lo que significa que deben encontrar comida para sobrevivir. Ante estas presiones, los hongos han desarrollado una serie de estrategias eficientes de supervivencia y dispersión a lo largo de la evolución y se han convertido en un gran grupo distribuido en casi todos los ecosistemas de nuestro planeta. Con la excepción de las colonias de levaduras, los cuerpos fúngicos consisten en filamentos llamados hifas que se ramifican repetidamente para formar extensas redes o micelios que crecen sobre una variedad

de materiales orgánicos. Aunque no se puedan observar desde la perspectiva del ojo humano, el micelio es una estructura de investigación utilizada para encontrar compuestos alimentarios, que se convierten en moléculas más simples mediante la liberación de enzimas, que luego se absorben y se incorporan al micelio en la corriente citoplasmática. Según la fuente o sustrato del que se alimentan, se pueden distinguir tres grupos de hongos: parásitos, simbiotes y saprofitos. Las especies parasitarias causan una amplia variedad de daños a expensas de otros organismos. En cambio, los hongos simbióticos forman relaciones amistosas con plantas y animales. En el caso de los saprófitos, obtienen los nutrientes a partir de materias orgánicas inertes biológicas o artificiales. El último grupo de hongos es el más grande y diverso. Vale la pena mencionar que estudios recientes han demostrado que los hongos pueden cambiar fácilmente de un estado parasitario a uno saprofito y viceversa, o de un estado simbiótico a un estado parasitario, lo que nos da una idea de su extraordinaria adaptabilidad (Heredia Abarca Gabriela, 2020).

2.3.2.- Bacterias.

Se denomina bacteria a un gran número de organismos microscópicos procariotas, esto hace referencia a que son organismos con un tamaño reducido los cuales cuentan con una membrana que protege su núcleo celular, estas existen de diversas formas y tamaños. En la antigüedad se denominaba bacteria a prácticamente todos los organismos procariotas, no obstante, hoy en día estos organismos se dividen en 2 gracias a la taxonomía se denominan bacteria y archaea, el imperio prokaryota, está constituido por las bacterias actuales y los seres más primitivos que el hombre ha conocido o descubierto, inclusive algunos de estos organismos son capaces de

sobrevivir en el espacio exterior, las bacterias son organismos que contienen una sola célula. Bajo el microscopio, parecen esferas, varillas o espirales. Son tan pequeños que 1000 líneas pueden cubrir un borrador de lápiz. La mayoría de los tipos de bacterias son inofensivas, siendo útiles algunas bacterias que ayudan a la digestión de los alimentos, destruyen las células que causan enfermedades y suministran vitaminas al cuerpo. Estas bacterias también se usan para hacer alimentos saludables como el yogur y el queso. Las bacterias infecciosas se multiplican rápidamente en el cuerpo y pueden causar enfermedades. Muchos liberan sustancias químicas llamadas toxinas que pueden dañar los tejidos y causar enfermedades. Las bacterias que causan infecciones incluyen Streptococcus, Staphylococcus y E. coli. El tratamiento habitual es con antibióticos. Siga las instrucciones cuidadosamente cuando use antibióticos. Cada vez que toma antibióticos, aumenta la posibilidad de que las bacterias en su cuerpo se adapten para volverse más resistentes a ellos. En el futuro, puede contraer o propagar una infección que estos antibióticos no curarán (Rada et al., 2019).

Capítulo 3

Revisión de

literatura

3.1.- Fuentes bibliográficas consultadas.

Para la elaboración de esta investigación se tuvo que indagar a fondo en el tema, para eso se hizo uso de Google académico para así, poder encontrar artículos, libros, e incluso revistas que contuvieran un ápice de información relevante que pudiera servir de sustento para esta investigación, dichos artículos escritos por autores extranjeros, de ahí que se encuentren en el idioma inglés, fueron leídos y analizados a fondo para poder sustentar la investigación que se presenta, así como resaltar los aportes y resultados. En la siguiente tabla se logran apreciar, los artículos seleccionados para tomar referencias y estructurar el trabajo de investigación, todos los artículos, así como aportes y conclusiones se encuentran en la tabla 4.

Tabla 4. Autores consultados y sus aportaciones al campo (elaboración propia).

Artículo	Aportes	Resultados
Nanopartículas antimicrobianas y compuestos poliméricos biodegradables para aplicaciones de envasado activo de alimentos (Omerović et al., 2021).	Se combinan <i>nanopartículas</i> obtenidas de metales, <i>óxido de metal</i> , <i>sílice mesoporosa</i> y <i>nanomateriales</i> a base de grafeno con <i>polímeros verdes</i> , esto con la finalidad de obtener envases con un factor antimicrobiano mucho más grande que los envases convencionales para poder aumentar la esperanza de vida útil de los alimentos.	Se estipuló que el envase resultante de esta investigación reduciría considerablemente los desechos de los productos comestibles al ser un material de degradable rápido, además de aumentar el tiempo de vida de los alimentos, dependiendo de la consistencia de estos.
Explotación de nanopartículas antimicrobianas y sus aplicaciones en ingeniería biomédica (Yang et al., 2021).	Se estudia y analiza la posibilidad de que se puedan sustituir determinados <i>antibióticos</i> por medicamentos a base de <i>nanopartículas sustraídas de granel</i> debido a sus cualidades antimicrobianas.	Se demostró que es una posibilidad viable para la sustitución de algunos antibióticos considerados obsoletos, no obstante, aún está en fase experimental
Preparación de nanopartículas	A través de la <i>síntesis verde</i> se estudia la posibilidad de la	Gracias a las propiedades

Artículo	Aportes	Resultados
metálicas antimicrobianas con compuestos bioactivos (Amini, 2019).	implementación de nanomateriales como agentes preventivos y terapéuticos, haciéndole frente a enfermedades infecciosas retrasando o eliminando la infección.	antimicrobianas de las nanopartículas metálicas es posible que pronto los fármacos hechos a base de estas sustituyan a los antibióticos convencionales.
Nanopartículas de plata antimicrobianas para heridas Aplicación curativa: progreso y tendencias futuras (Paladini & Pollini, 2019).	A base de <i>síntesis verde</i> (parte de la <i>química verde</i>) se obtienen nanopartículas de plata, las cuales se emplean de forma experimental para desinfectar heridas externas leves (cortes, rasguños e incluso mordeduras) se espera poder implementar en pacientes con diabetes para acelerar la cicatrización.	Se atribuyó a la plata un papel activo en la cicatrización de heridas y, junto con su papel distintivo en la prevención de infecciones, las nanopartículas de plata también pueden impulsar la diferenciación de fibroblastos en miofibroblastos.
Información mecanicista sobre las acciones antimicrobianas de nanopartículas metálicas y sus implicaciones para resistencia a múltiples fármacos (Shaikh et al., 2019).	Debido a la adaptabilidad de las y la poca aprobación de nuevos <i>antibióticos</i> se analizar el uso de nanopartículas metálicas como un sustituto a los antibióticos convencionales debido a que este ha demostrado ser eficaz dañando la membrana exterior de las bacterias.	Ya que se demostró que las nanopartículas metálicas dañan la membrana exterior de las bacterias y por lo tanto eliminarlas, solo se espera determinar la reacción del cuerpo humano al consumo de estas.
Síntesis verde de nanopartículas de oro y plata de extractos de plantas y sus posibles aplicaciones como Agentes Antimicrobianos en el Área Agrícola. (Castillo et al., 2020).	A través de síntesis verde se obtuvieron nanopartículas de oro y plata para implementarse como agente antimicrobiano para tratar tanto agua, plantas o vegetales, evitando así que estos puedan transmitir enfermedades a los usuarios.	Los resultados son favorables ya que dependiendo de la bacteria el porcentaje de esta se reduce considerablemente después de exponerse a las nanopartículas de oro y plata.
Avances en la síntesis basada en	Con <i>nanopartículas metálicas obtenidas a base de síntesis verde</i>	Se demostró de forma contundente la

Artículo	Aportes	Resultados
plantas y microbios de nanopartículas metálicas y sus propiedades antimicrobianas Actividad contra patógenos vegetales (Ali et al., 2020).	se trató a plantas infectadas con fitopatógenos.	efectividad en la eliminación de fitopatógenos en plantas comestibles, reduciendo e inclusive eliminando el riesgo de que estos entren en contacto con el posible consumidor de dicha planta
Bionanofactorías para Síntesis Verde de Nanopartículas de Plata: Hacia aplicaciones antimicrobianas (Jain et al., 2021).	Mediante la <i>síntesis verde</i> se obtuvieron nanopartículas de plata, las cuales han demostrado ser muy útiles tanto en fármacos como en el campo de la <i>agroquímica</i> .	Se considera la sustitución de varios antibióticos, así como un tratamiento contra hongos en cultivos
Desvelando las actividades antimicrobianas e insecticidas de Nanopartículas de selenio biosintetizadas usando higo chumbo Residuos de cáscara (Hashem et al., 2022).	Debido al crecimiento alarmante de bacterias <i>multirresistentes</i> a causa del uso excesivo de fármacos se implementó el uso de nanopartículas de selenio a través de síntesis verde con residuos de cáscara de higo chumbo, las cuales tienen propiedades antibióticas sorprendentes.	Debido a la pureza de las nanopartículas obtenidas el uso experimental con animales pequeños ha sido favorable a la hora de tratar enfermedades desde leves a moderadas.
Síntesis verde de nanopartículas de Cu utilizando extracto de cúrcuma longa y su aplicación en antimicrobianos Actividad (Jayarambabu et al., 2019).	Mediante síntesis verde con cúrcuma longa se extrajeron <i>nanopartículas de Cobre</i> (un material del que recién escuché en este tipo de artículos), gracias a la estructura y pureza de las nanopartículas a resultado muy eficaz para dismantelar la estructura de la capa exterior de bacterias.	Las NP de Cu poseen propiedades antibacterianas que son útiles en el tratamiento de diversas enfermedades tópicas causadas por diferentes microorganismos.
Nanopartículas: portadores atractivos de antimicrobianos Aceites esenciales (Nair et al., 2022).	Se realiza un experimento para combinar <i>distintas nanopartículas metálicas y de polímeros biodegradables con aceites esenciales</i> .	Se demuestra que las nanopartículas combinadas con aceite orgánico pueden aprovecharse más en cuestiones farmacéuticas o tratando heridas

Artículo	Aportes	Resultados
		externas leves, aunque de momento se descarta debido a su naturaleza volátil.
Efectos antimicrobianos y de citotoxicidad de Nanopartículas de plata sintetizadas a partir de Extracto de cáscara de <i>Punica granatum</i> (Devanesan et al., 2018).	Mediante la síntesis verde con cáscara de granada se obtuvieron nanopartículas de plata las cuales tienen como fin hacerles frente a los microorganismos resistentes a antibióticos.	Mediante diversas revisiones como espectroscopia UV-Vis, difracción de rayos X (XRD) se confirmó que estas nanopartículas podrían fungir como antibióticos.
Avances en nanopartículas de lípidos y metales para Entrega de péptidos antimicrobianos (Makowski et al., 2019).	Se combinaron <i>nanopartículas</i> metálicas con <i>péptidos antimicrobianos</i> .	Las nanopartículas metálicas incrementan el tiempo de vida de los péptidos además de que las nanopartículas se suministran de una forma más eficaz, aprovechando sus capacidades antimicrobianas contra enfermedades leves o moderadas.
Nanopartículas multimetálicas como alternativa antimicrobiana Agentes: Desafíos y Perspectivas (Basavegowda & Baek, 2021).	Debido a la alarmante adaptación que tienen los <i>microorganismos</i> dañinos a los <i>antibióticos</i> actuales, se está optando por la implementación de <i>nanopartículas</i> de plata extraídas a base de síntesis verde para el tratamiento de enfermedades leves o moderadas.	De momento gracias a los análisis y pruebas realizadas se sostiene la idea de una futura implementación comercial para la sustitución total o parcial de antibióticos.
Nanopartículas como posibles antivirales en la agricultura (Vargas et al., 2020).	Se estima que los pesticidas <i>antivirales</i> empleados hoy en día en la agricultura moderna son dañinos tanto para los cultivos como para los consumidores finales, por lo tanto, se emplean <i>nanopartículas metálicas</i> en base de agua para evitar que en las cosechas puedan anidar bacterias dañinas.	Las nanopartículas metálicas demostraron sus aptitudes antimicrobianas evitando que las bacterias aniden en la superficie de las cosechas, cabe resaltar que las nanopartículas de plata son las más eficaces.

Artículo	Aportes	Resultados
Síntesis verde de plata antimicrobiana Nanopartículas usando Extracto de Fruta de Glycosmis Pentaphylla y sus explicaciones teóricas. (Dutta et al., 2022).	Mediante síntesis verde se obtuvieron nanopartículas de plata, las cuales evitan el crecimiento de hongos en las superficies de frutas, las cuales se exponen a un ambiente húmedo.	Se demostró una vez más que la plata al ser un metal tan puro, sus nanopartículas tienen un mejor desempeño antimicrobiano.
Aplicaciones agrícolas emergentes de nanopartículas de plata (Kaur et al., 2021).	Gracias a la síntesis verde y a la obtención de nanopartículas de plata que de cierta forma tienen una mayor pureza y por consiguiente son un antimicrobiano aún más potente, lo que resalta a este metal y lo postula como un agente antimicrobiano para el sustento de cosechas de maíz.	Debido a los eficientes resultados de la plata y sus nanopartículas para salvaguardar las cosechas de los agentes bacteriológicos se está considerando la búsqueda de un metal que iguale o se acerque a las características de la plata para hacer un pesticida más económico.
Nanomateriales: Alcance, Aplicaciones y Desafíos en Agricultura y Recuperación de Suelos (Faizan et al., 2020).	El término agricultura sostenible implica la utilización de la síntesis verde para salvaguardar las cosechas obtenidas, gracias a las nanopartículas metálicas esto es posible.	Usando nanopartículas metálicas en las cosechas se evita el crecimiento de hongos y microorganismos dañinos para los consumidores finales.
Efecto antimicrobiano in vitro de nanopartículas metálicas sobre cepas fitopatógenas de plantas de cultivo (Faizan et al., 2020).	Con nanopartículas de Zinc y óxido de hierro se tratan cultivos expuestos a exceso de humedad.	Así se alargó el tiempo de vida contra hongos y se redujeron las bacterias alojadas en la corteza.
Envases de alimentos antimicrobianos biodegradables: Tendencias y	Con nanopartículas metálicas extraídas a base de síntesis verde se pueden incrementar las propiedades conservativas de los envases de comida.	Se impregnan nanopartículas metálicas a los envases de comida para hacerlas durar más

Artículo	Aportes	Resultados
Perspectivas (Motelica et al., 2020)		tiempo debido a sus características antimicrobianas y antifúngicas.
Avances en nanopartículas biogénicas y los mecanismos de efectos antimicrobianos (Qidwai et al., 2018)	La nanotecnología está abordando diversos campos y la agricultura no es la excepción, con la implementación de las nanopartículas en las cosechas estas no son propensas a hongos y a agente bacteriológicos dañinos para el humano.	Se rocían nanopartículas en las cosechas, lo cual las previenen de contraer hongos e inclusive evitar la propagación de bacterias.
Las nanopartículas de óxido de metal sintetizadas verdes median el crecimiento regulación y fisiología de plantas de cultivo bajo estrés por sequía (Alabdallah et al., 2021).	Mediante la síntesis verde se extrajeron nanopartículas de óxido metálico, las cuales mediante una solución en agua se pudieron aplicar externamente a campos de distintos cultivos.	A Las nanopartículas de óxido de metal sintetizado por el método verde median la regulación del crecimiento y la fisiología de las plantas de cultivo bajo estrés por sequía.
Biosíntesis de nanopartículas de plata mediada por hongos entomopatógenos: resistencia antimicrobiana, nano pesticidas y toxicidad (Santos et al., 2021).	Se extraen nanopartículas de plata, las cuales gracias a su versatilidad son ampliamente usadas en los campos tanto médicos como agrícolas.	Estas demuestran ser un gran agente antimicrobiano capaz de dejar las cosechas libres de hongos y microorganismos dañinos
Nanopartículas antimicrobianas incorporadas en comestibles, recubrimientos y películas para la conservación de frutas y vegetales (Xing et al., 2019)	Se implementan diversas nanopartículas metálicas no dañinas para el cuerpo como capa protectora en vegetales y frutas.	La capa protectora aumenta la resistencia a la putrefacción de los alimentos, así como hongos y microorganismos dañinos.
Impactos positivos de las	Se Comprueba la eficiencia de las nanopartículas de oro y plata en	Las nanopartículas de oro y plata resultan muy

Artículo	Aportes	Resultados
nanopartículas en la planta Resistencia frente a diferentes estímulos (Shoala, 2018).	especial para diversas actividades tanto médicas como del sector agropecuario.	eficientes en alargar la vida útil de productos comestibles.
Efecto del óxido cúprico y el óxido de zinc nanopartículas en semillas de micoflora y calidad de la semilla de cultivos forrajeros (Paper et al., 2010).	Se comparan nanopartículas de Zinc y de cobre para verificar cual tiene mejor acción antifúngica.	Se corrobora que las nanopartículas de cobre sobresalen como antifúngico para alimentos.
Aplicaciones de la Nano biotecnología en Protección Vegetal (Abd-elsalam & Prasad, 2019).	Mediante síntesis verde se obtienen nanopartículas de distintos metales con el propósito de encontrarles un uso en el campo agropecuario	Se encontraron usos antifúngicos, antimicrobianos y de aumento de vida útil en los alimentos
Nanopartículas de Cobre: síntesis y caracterización, fisiología, toxicidad y aplicaciones antimicrobianas (Crisan et al., 2022).	Gracias a la síntesis verde se obtuvieron nanopartículas metálicas, las cuales tienen un impacto gigantesco en la nanotecnología empleada en el área médica y conserva de alimentos.	Las nanopartículas metálicas tienen propiedades antimicrobianas capaces de cicatrizar heridas de forma segura sin riesgo de infección.
Biosíntesis de nanopartículas de plata y sus evaluación de la actividad antifúngica contra <i>Magnaporthe oryzae</i> (Kanmani N, 2018).	Se implementan nanopartículas de plata para proteger al arroz del <i>Pyricularia oryzae</i> .	Las nanopartículas de plata demuestran ser bastante efectivas en prevenir y eliminar al <i>Pyricularia oryzae</i> .
Efecto de las nanopartículas sobre patógenos vegetales (Nair et al., 2022).	Se tratan distintas frutas y vegetales con nanopartículas metálicas para prevenir o eliminar patógenos que los afecten.	Se nota una resistencia aumentada frente a patógenos naturales que pudieran afectar a las frutas y verduras.

3.2.-Análisis de las fuentes bibliográficas.

De acuerdo con los artículos consultados, se destaca el empleo de varios metales para la obtención de nanopartículas donde sobresalen 3 metales de los cuales 2 son considerados preciosos siendo el oro y la plata, cuyas propiedades facilitan y maximizan la obtención de nanopartículas, no obstante, el de mayor uso es el cobre debido a sus similitudes estructurales con el oro y la plata, el uso de los metales en los artículos se representa en la figura 2.

Materiales

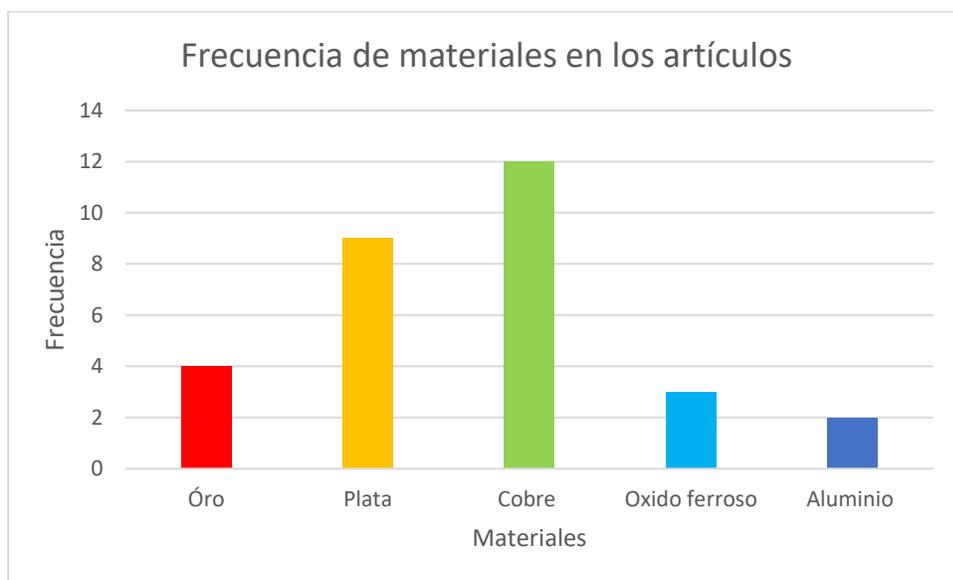


Figura 2. Grafica sobre el tipo de metal empleado por los autores (elaboración propia).

En la figura 3 se observan los campos de aplicación de las nanopartículas metálicas, de los cuales destacan 3 los cuales son agricultura, medicina y envasado, estos campos así de viables por el hecho de que siempre se tienen agentes microbianos dañinos que se necesitan eliminar y/ controlar.

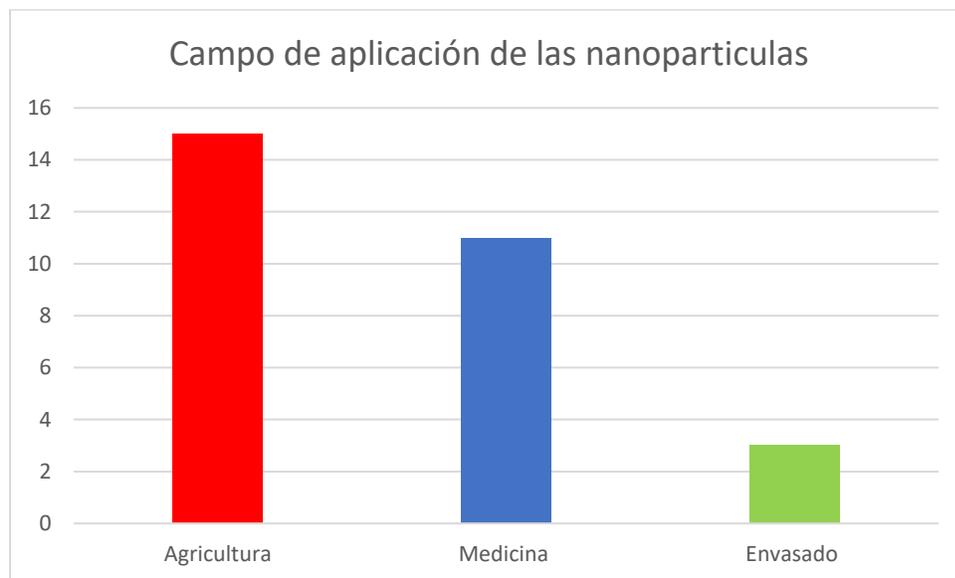


Figura 3. Campo de aplicación de las nanopartículas (elaboración propia).

Se seleccionó el campo de la agricultura como área de oportunidad para el uso y aprovechamiento de nanopartículas obtenidas a base de síntesis verde en la Figura 4 se refleja el agente microbiano a combatir por las nanopartículas.

Se toman en cuenta los agentes microbianos o la problemática que se tiene en los cultivos de maíz como se ve en la figura 4 según los artículos, de los cuales se destaca el hongo debido a la siempre presencia de humedad en los cultivos

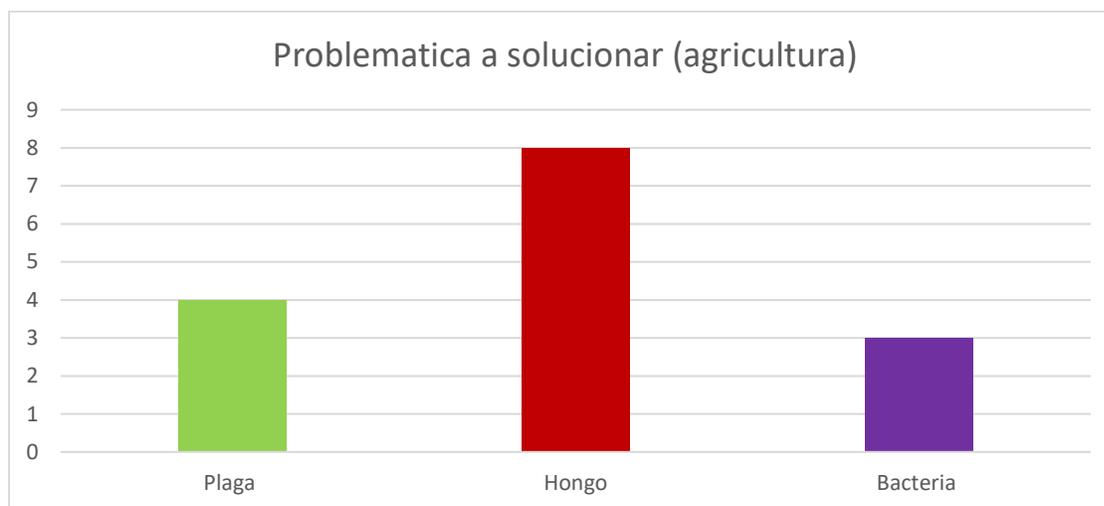


Figura 4. Gráfica sobre el principal agente dañino a combatir (elaboración propia).

Las infusiones para realizar las síntesis verdes más eficientes se reducen a 3, de las cuales se toma la cáscara de granada para hacer la amalgama de infusiones requerida para este experimento.

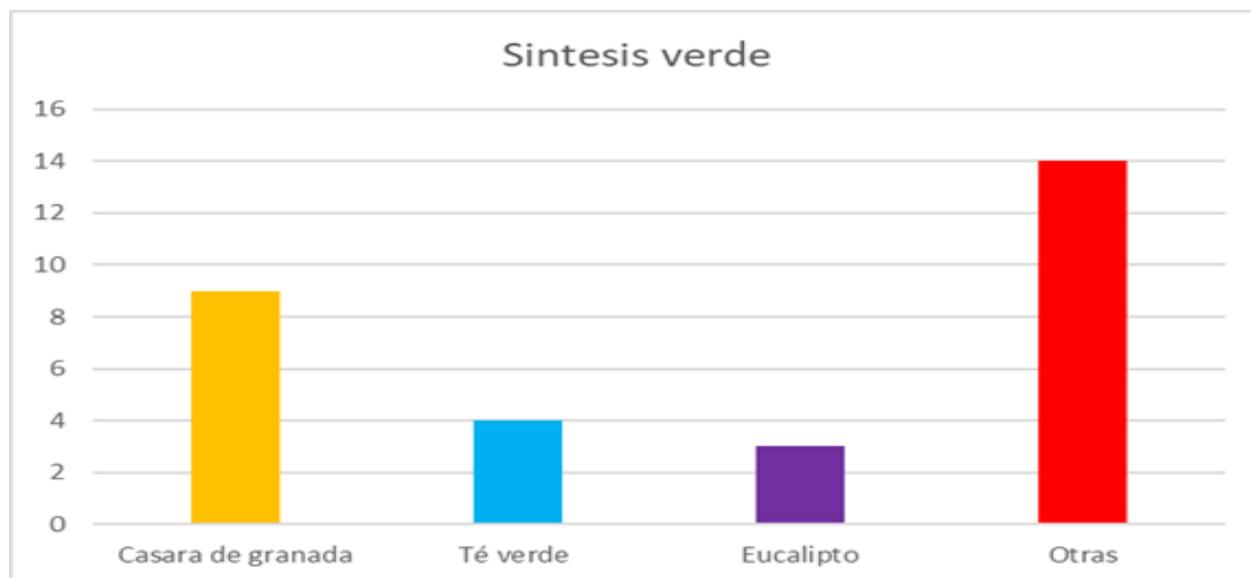


Figura 5. Gráfica sobre las distintas síntesis verdes implementadas (elaboración propia).

Capítulo 4

Metodología

4.1.- Diagrama de pasos.

Para la realización de esta investigación se siguieron distintos pasos fundamentales para así poder alcanzar los objetivos establecidos y culminar de forma correcta el presente trabajo, dichos pasos se encuentra reflejados en la figura 6.

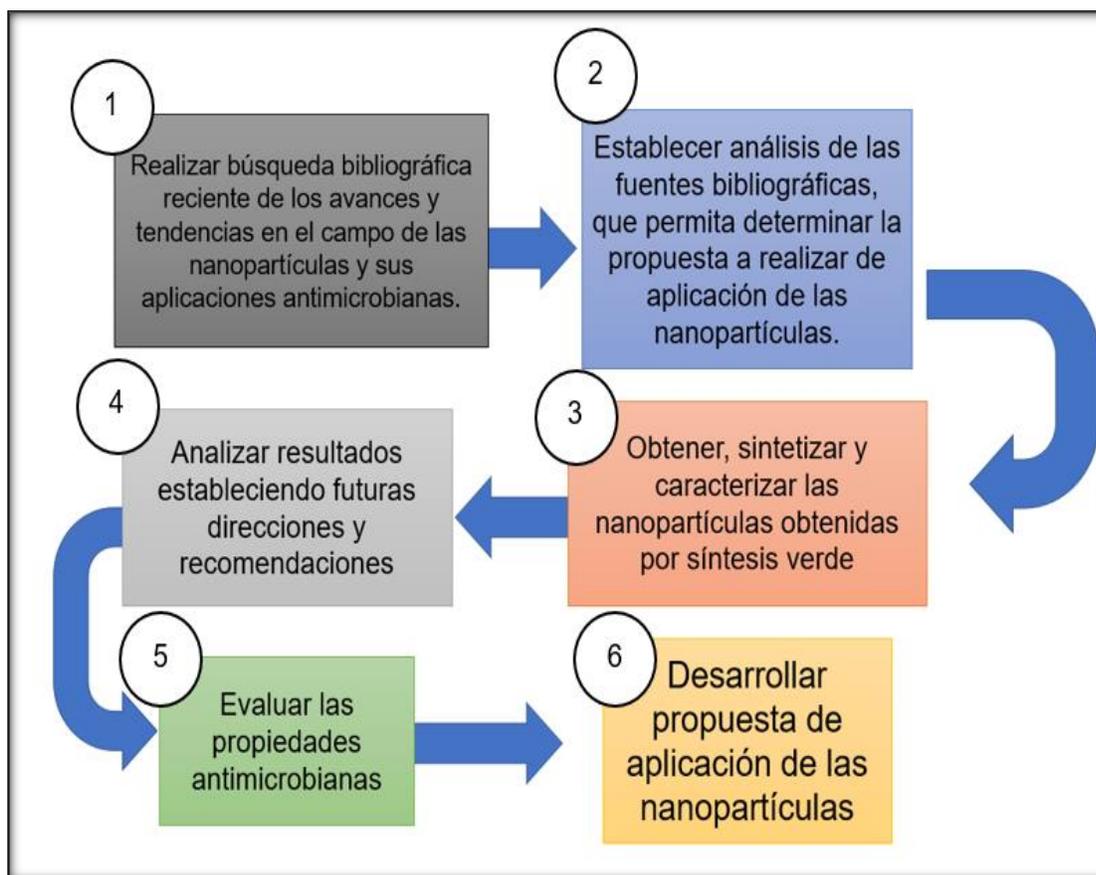


Figura 6. Diagrama de pasos seguidos para la realización de la investigación (elaboración propia).

- 1) Se realiza una búsqueda de información gracias a Google académico, así se obtienen fuentes confiables para la elaboración de esta investigación.
- 2) Las fuentes consultadas anteriormente se analizan a profundidad para poder realizar la propuesta de aplicación de las nanopartículas obtenidas.
- 3) Se realiza la síntesis verde con los materiales seleccionados.

4) De acuerdo con los resultados obtenidos se analizarán sus posibles futuras aplicaciones.

5) Se evaluarán las propiedades antimicrobianas de las nanopartículas obtenidas.

6) Se establecerá la propuesta de aplicación definitiva.

4.1.- Descripción de actividades.

De acuerdo con el diagrama establecido se realizaron distintas actividades, las cuales conforman los pasos a seguir para la elaboración del proyecto de investigación que conforma la tesis presente.

4.1.1.-Búsqueda bibliográfica.

Se muestran los pasos a seguir en la búsqueda bibliográfica en la figura 7.

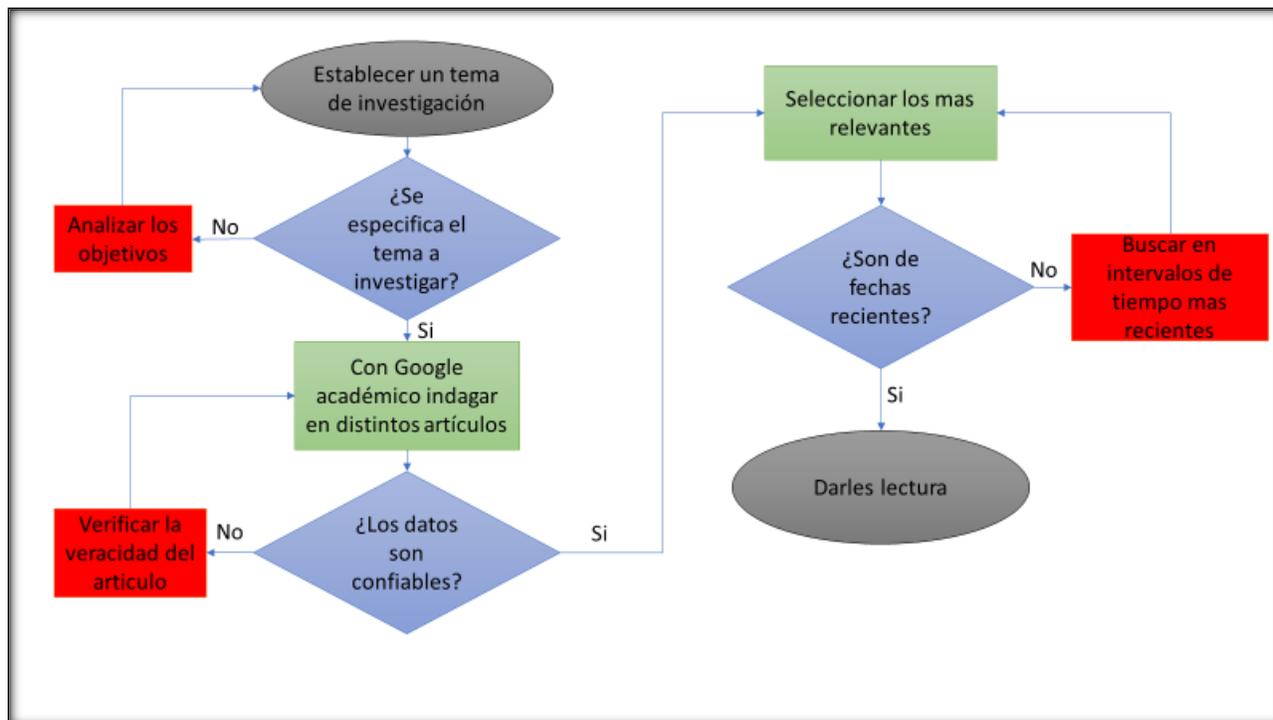


Figura 7. Pasos por seguir en la búsqueda bibliográfica (fuente elaboración propia).

Para la realización de la investigación se consultaron distintos autores gracias a Google académico, esto para evitar tener fuentes de dudosa procedencia y teniendo fuentes confiables fáciles de citar y verificar la autenticidad de estas, excluyendo el marco teórico se tomaron 30 artículos de referencia para la elaboración de la investigación presente.

4.1.2.-Análisis de las fuentes bibliográficas.

Se muestran los pasos a seguir en el análisis de las fuentes bibliográficas en la figura 8.

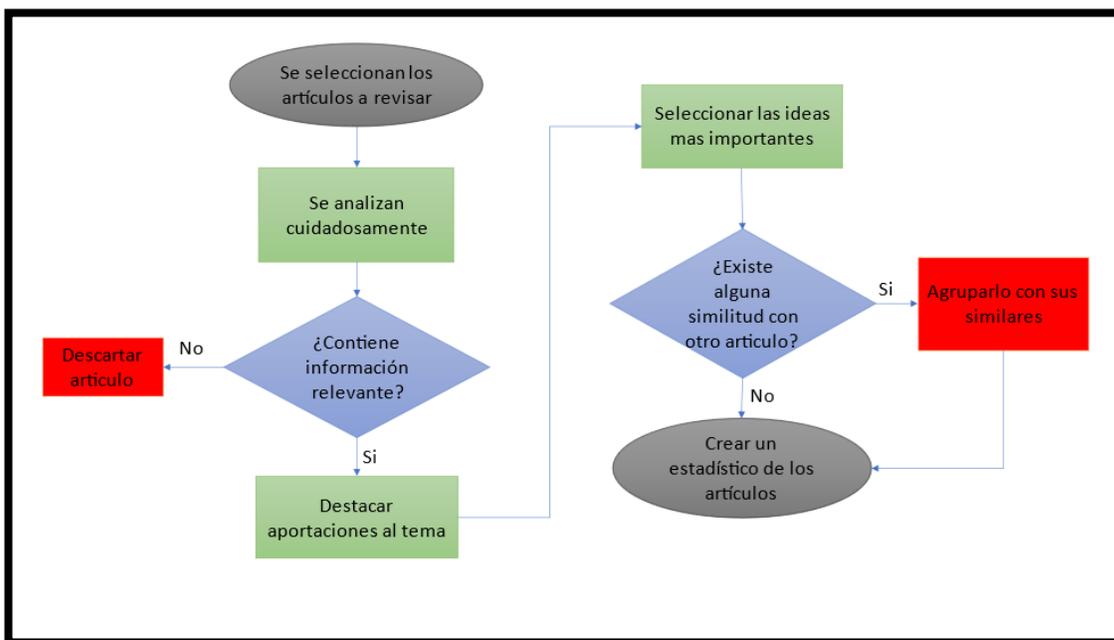


Figura 8. Pasos para seguir en el análisis de las fuentes bibliográficas (fuente elaboración propia).

De acuerdo con la información consultada gracias a Google académico se pudieron visualizar distintos puntos de vista, así como resultados y aplicaciones de temas similares, todos ellos formaron una amalgama de información, la cual es la base de la investigación presente gracias a los distintos autores que han investigado y experimentado con temas similares.

4.1.3.- Obtención de nanopartículas.

Para la obtención de las nanopartículas empleadas en este trabajo se siguió un procedimiento preestablecido, ajustando las cantidades de sales ferrosas utilizadas, así como la implementación de una infusión propia como se la figura 9.

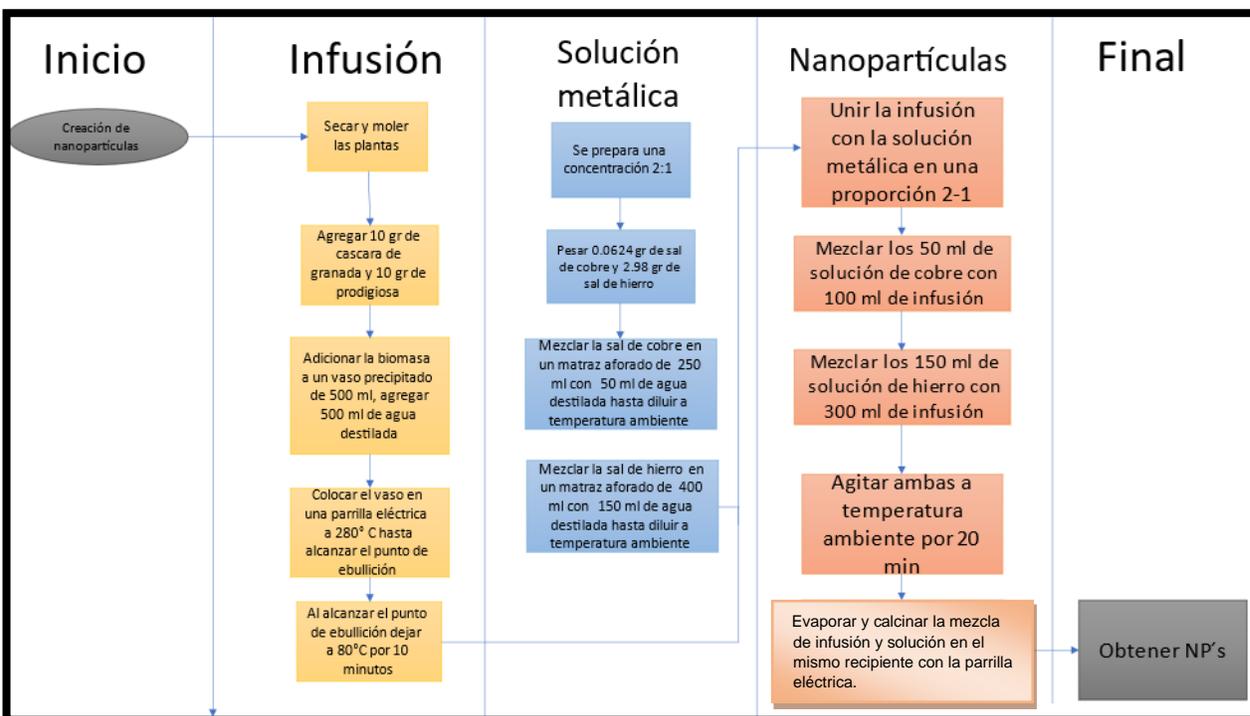


Figura 9. Proceso de experimentación para obtención de nanopartículas (elaboración propia).

Gracias a este método y siguiendo detalladamente los pasos establecidos es como se obtuvieron NP's empleando síntesis verde con un método de calcinación.

4.1.4.- Desarrollo de propuesta.

Para el desarrollo de una propuesta apropiada sobre la aplicación de nanopartículas de cobre y hierro se estableció una serie de pasos para la obtención y análisis de las nanopartículas obtenidas para determinar un uso adecuado de las mismas basándonos en sus características como se aprecia en la figura 10, se decanta principalmente por su huso sobre nanomateriales.

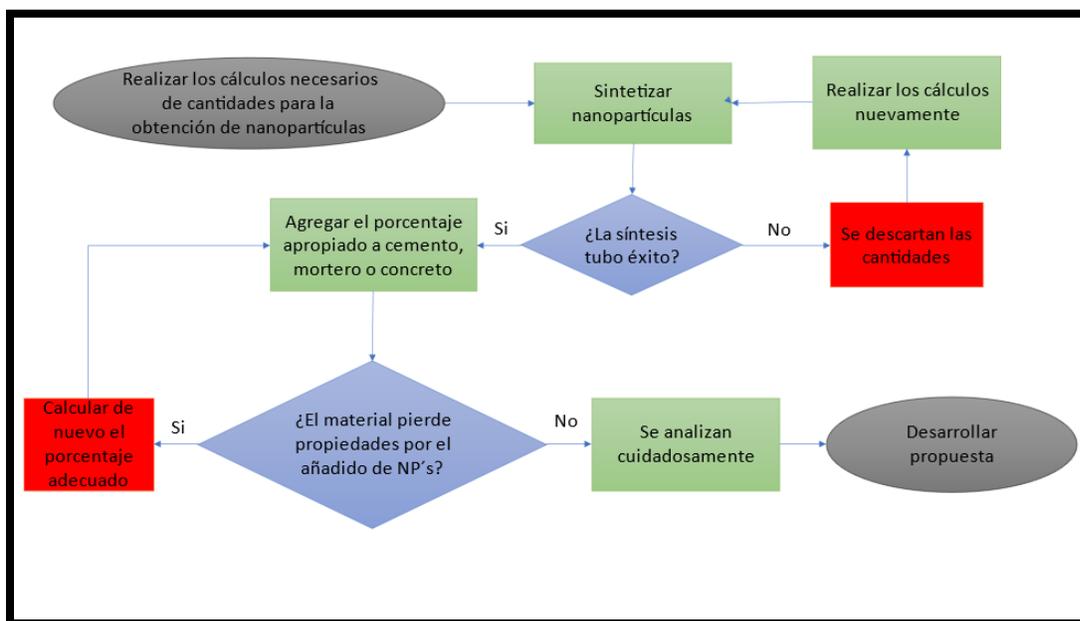


Figura 10. Desarrollo de propuesta (elaboración Propia).

Así mismo se sostiene un uso correcto de las nanopartículas obtenidas las cuales poseen cualidades antimicrobianas.

4.1.5.- Evaluación de propiedades antimicrobianas.

Debido a la especialización de este tema se obtuvo ayuda de un laboratorio ajeno a la misma institución tanto para caracterizar como para evaluar las propiedades antimicrobianas de las nanopartículas obtenidas, esto con el fin de confirmar o descartar las posibles futuras aplicaciones de estas, los pasos a seguir se muestran en la figura 11.

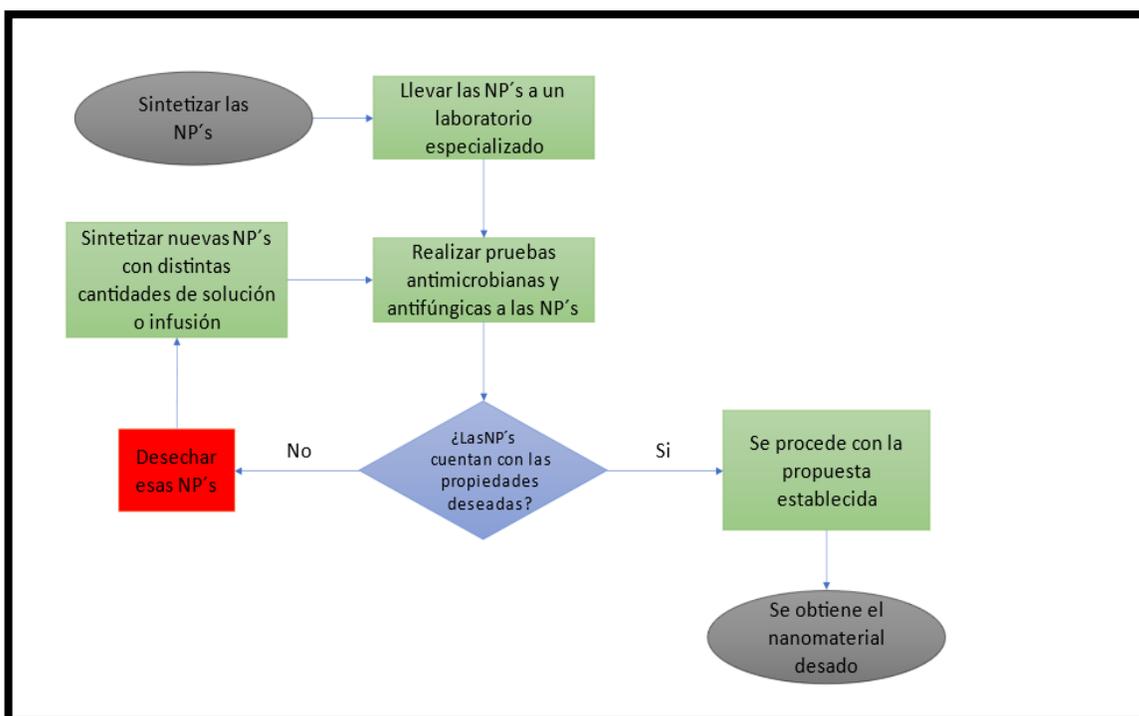


Figura 11 Proceso de evaluación de propiedades antimicrobianas (elaboración propia).

Una vez se tienen las propiedades antimicrobianas se da por hecho o se descarta que estas NP's son viables para su uso antimicrobiano.

4.1.6.- Análisis de resultados.

Se realizan pruebas previas de obtención para determinar las cantidades necesarias así como los tiempos de cada proceso, una vez se tienen tanto tiempos como cantidades se procede a hacer una la correcta obtención de NP's gracias a la ayuda de un laboratorio externo se podrán obtener los resultados de caracterización acerca de las NP's obtenidas para así poder determinar la viabilidad de estas y si las mismas presentan cambios o variables que afecten su rendimiento antimicrobiano, en la figura 12 se muestra el proceso para un correcto análisis de resultados.

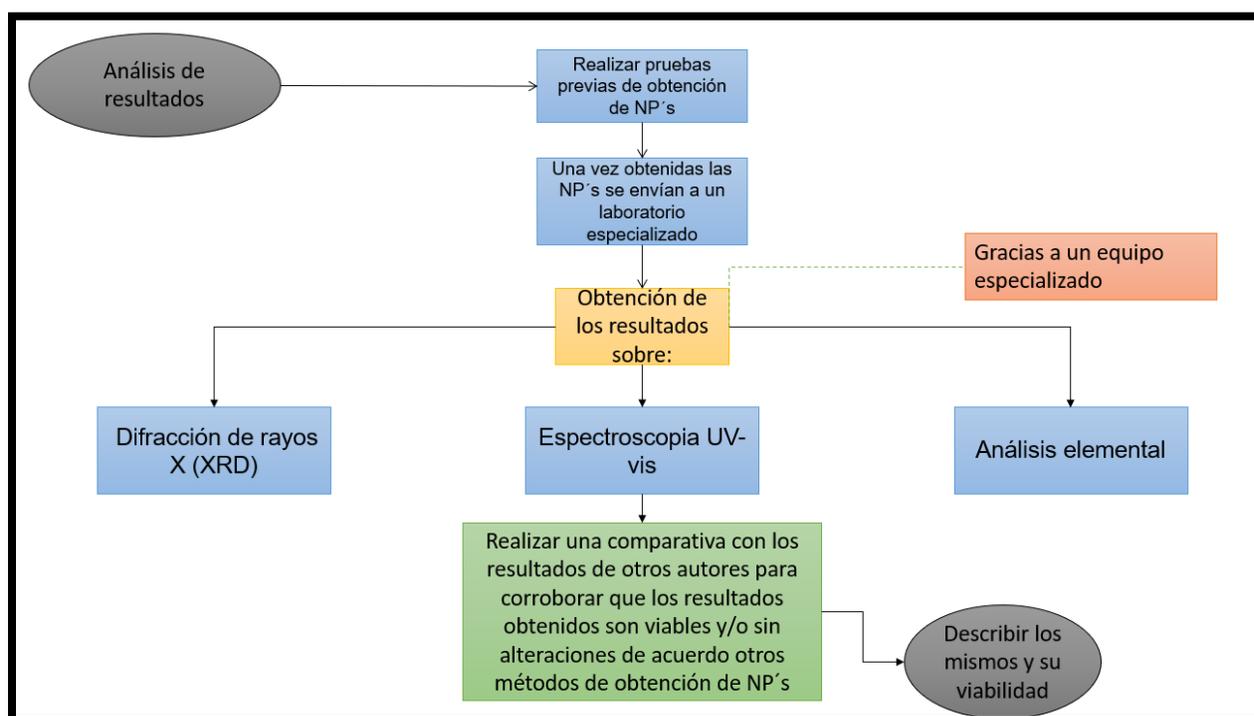


Figura 12 Proceso de análisis de resultados (elaboración propia)

Con ayuda de la caracterización y la evaluación de propiedades antimicrobianas se podrán analizar los resultados y así determinar que tan viable es este método de obtención de NP's con síntesis verde.

Capítulo 5. Resultados.

5.1 Pruebas previas.

Para el correcto desarrollo de la presente investigación se realizaron varias pruebas para obtener de una manera apropiada nanopartículas, las cuales no siempre resultaron de forma satisfactoria, debido a distintos factores, estos se derivan de la infusión como de la solución metálica empleadas en este trabajo de investigación.

Prueba 1: El método utilizado para esta prueba fue el siguiente:

Se extrajo la infusión con cascara de granada y prodigiosa en cantidades iguales de 3.33 gr en 100 ml de agua destilada en su punto de ebullición a 240°C, posteriormente se dejó reposando a 80°C por un tiempo de 10 min, se continuo diluyendo sal metálica de cobre en cantidad de 0.1496 gr y sal metálica de hierro en 0.1696 gr juntas a temperatura ambiente en agua destilada, una vez diluidas ambas sales metálicas se combinaron con la infusión y se mantuvo una agitación constante por un tiempo de 10 min. (Bhatnagar et al., 2019)

Cabe recalcar que se convino la infusión con la solución en una proporción de 1:1 en un añadido de 20 ml de ambas sustancias, se esperó un tiempo de 30 minutos para que se asentaran las nanopartículas, posteriormente se filtraron para verificar que en efecto estuvieran tanto las nanopartículas de cobre como las nanopartículas de hierro, no obstante, los resultados de esta prueba no fueron favorables como se aprecia en la figura 13 en la cual se muestra la nula existencia de nanopartículas.



Figura 13. Papel filtro con nula existencia de nanopartículas (elaboración propia).

Prueba 2: Para esta prueba se cambiaron las cantidades utilizadas para la obtención de nanopartículas, se establece que la infusión es de 500 ml con 1 gr de cascara de granada y 10gr de prodigiosa, así como 2.98gr de sal de hierro y 0.0624 gr de sal de cobre.

Para esta prueba se alcanzó el punto de ebullición de la infusión con 240°C constantes, sin dejar reposo, así mismo las sales se diluyeron por separado en 150 ml de agua destilada para el hierro y 50 ml de agua destilada para el cobre, en su combinación con la infusión estas se combinaron por separado, sin embargo solo a la solución de cobre se le modificó el pH para alcanzar un total de 7 a diferencia de los 3.78 que suele tener, inclusive alcanzó un tono azulado, se combinaron las soluciones metálicas con una proporción de 1.2 eso quiere decir que se le agregó el doble de

infusión a la solución de hierro y cobre, 300 ml y 100 ml respectivamente, se mantuvieron en agitación constante por 10 min y posteriormente se filtraron, esta vez se obtuvieron solo nanopartículas de hierro como se aprecia en la figura 14. (Alabdallah et al., 2021)



Figura 14. Nanopartículas de hierro obtenidas (elaboración propia).

No obstante no se obtuvieron nanopartículas de cobre debido a que las proporciones de infusión y solución no eran las apropiadas para que esta reacción fuera exitosa como se muestra en la figura 15.



Figura 15. Nula existencia de nanopartículas de cobre (elaboración propia).

5.2 Cantidades, materiales y pasos

Para la obtención de NP's se decidió que los materiales apropiados fueran de hierro y cobre debido a que poseen propiedades antimicrobianas óptimas para el sustento y aplicación dentro de la estructura de un nanomaterial expuesto a humedad y agentes microbianos dañinos para la salud humana, para la obtención de NP's, se emplearon los materiales vistos en la tabla 5.

Tabla 5 Materiales empleados para la obtención de NP's.

Material	Cantidades
Sal de cobre	0.5984 g
Sal de Hierro	0.6624 g
Cascara de granada	13.32 g
Prodigiosa	13.32 g
Agua destilada	500 ml

Para un correcto desarrollo del proceso de obtención de NP's se hace uso de equipo de laboratorio especializado ya que se requiere de la aplicación de calor, así como el peso más exacto posible y cantidades de agua destilada exacta para evitar que la obtención de NP's tenga variables que pueden impedir una correcta obtención de estas, dichos equipos se aprecian en la tabla 6.

Tabla 6 Equipo necesario para la obtención de NP's.

Nombre	Ilustración
Parrilla eléctrica de agitación magnética	 A magnetic stirrer with a digital display and two control knobs. The brand name 'StableTemp' is visible on the front panel.
Balanza analítica	 A white analytical balance scale with a digital display showing '0.000' and a weighing pan on top.
Cristalería de laboratorio	 A collection of laboratory glassware including beakers, flasks, and test tubes arranged on a metal surface.
Potenciómetro	 A digital potentiometer with a blue display showing '0.00' and several control buttons on the front panel.

Para una correcta obtención de NP's se siguen los siguientes pasos descritos en la tabla 7.

Tabla 7 Descripción de pasos para obtención de nanopartículas (elaboración propia)

Procedimiento de obtención de nanopartículas metálicas mediante síntesis verde	
Descripción y numero de paso a seguir	Ilustracion
1.- Pesar las cantidades necesarias para la obtención de NP's (apoyarse en la tabla 5)	
2.- Hervir la infusión hasta alcanzar el punto de ebullición	

<p>3.- Diluir las sales metálicas en agua destilada (juntas o separadas) a temperatura ambiente</p>	
<p>4.- Mezclar tanto la infusión como la solución</p>	
<p>5.- Esperar la reacción requerida la cual es normalmente la presencia de grumos en la mezcla, estos son visibles a simple vista.</p>	
<p>6.- Obtener NP's mediante la evaporación aplicada a la combinación de solución y la infusión.</p>	

5.3 Obtención de NP's de Cu-Fe.

Para una correcta obtención de NP's de FeO y CuO se realizaron una serie de pasos, los cuales se muestran en la figura 16 y serán descritos por columna.

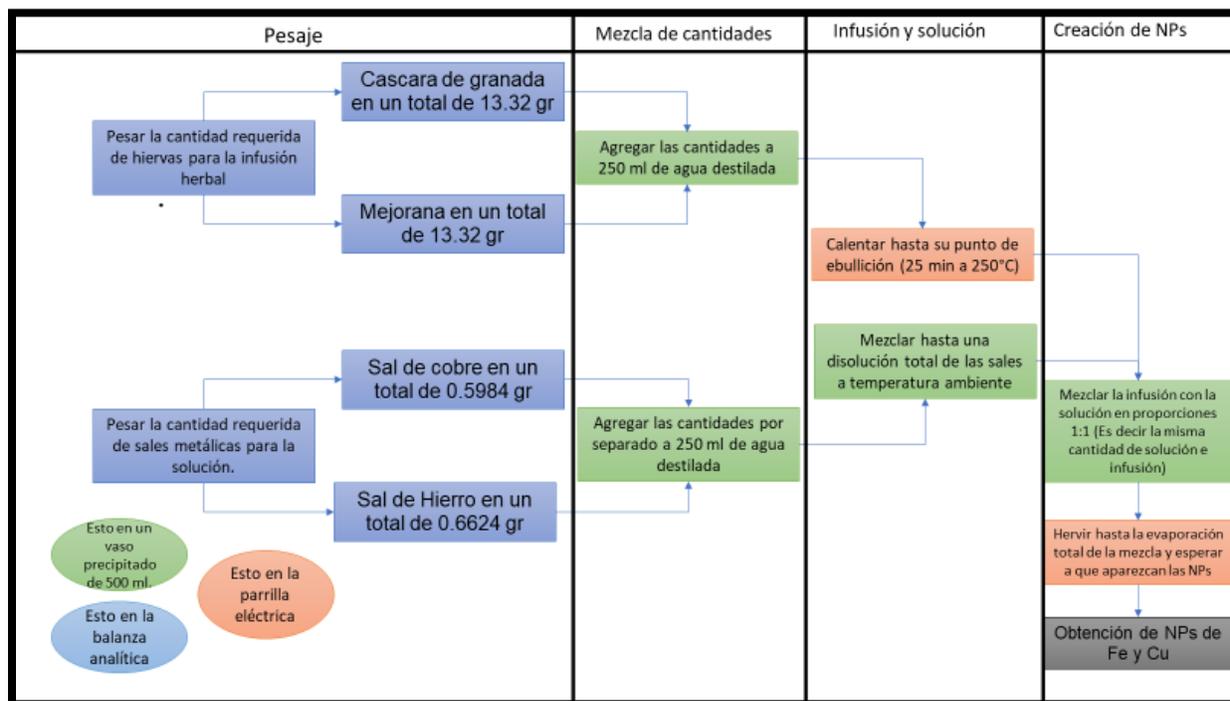


Figura 16 Proceso de elaboración de NP's (elaboración propia)

Pesaje

Se parte del pesaje de cantidades para la correcta elaboración de NP's a partir de este método, comenzando con 13.32 gr tanto para la cascara de granada como para la planta denominada prodigiosa, después se pesan 0.5984 gr de sal metálica de Cu y 0.6624 gr de sal metálica de Fe.

Mezcla de cantidades

Mezclar las cantidades tanto de las plantas como las sales empleadas en este proceso los 13.32 gr de cascara de granada, así como los de mejorana van en el mismo baso precipitado (de 500 ml) con 350 ml de agua destilada, así mismo las

cantidades antes pesadas de sales metálicas tanto de cobre como hierro van en vasos precipitados distintos (de 500 ml) con 250 ml de agua destilada.

infusión y solución

Para una correcta elaboración de una infusión a base de mejorana y cascara de granada lo correcto es mantener una agitación constante a una temperatura de 250°C por 10 min o hasta alcanzar el punto de ebullición con ayuda de una parrilla eléctrica, por otro lado, para una correcta solución a base de sales metálicas de Cu y Fe lo correcto es mantener una agitación constante a temperatura ambiente hasta que las sales queden completamente diluidas, es recomendable realizar la solución de ambas sales por separado, es decir en un vaso precipitado se realiza la solución a base de Fe y en otro la solución metálica a base de Cu.

Obtención de NP's

Para al final del proceso obtener las NP's de Fe y Cu lo correcto es que a la mezcla de la infusión con las distintas sales metálicas se les aplique calor con ayuda de una parrilla eléctrica hasta alcanzar el punto de ebullición de la mezcla y esperar a que la misma se evapore para posteriormente obtener los residuos sólidos, los cuales se consideran NP's.

Con este método se obtiene una cantidad mayor de NP's que realizando el método de filtración convencional, así mismo las NP's obtenidas no poseen cambios significativos en la figura 17 se observan las NP's obtenidas a tamaño microscópico.

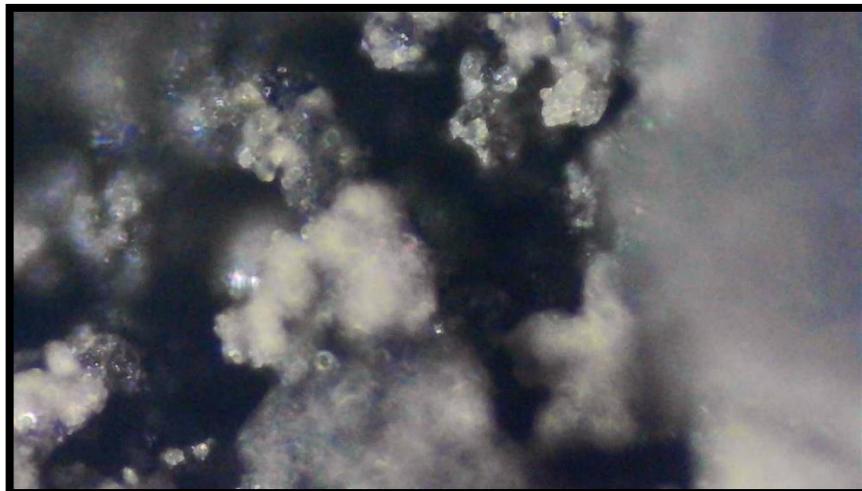


Figura 17 NP's de CuO a nivel microscópico (elaboración propia)

En la figura 18 se aprecian las cantidades obtenidas de NP's tanto de CuO como de FeO con este método.



Figura 18 NP's obtenidas (elaboración Propia)

Todo lo descrito anteriormente se representa de forma ilustrativa en la figura 19, la cual es un diagrama del proceso representado de forma ilustrativa.

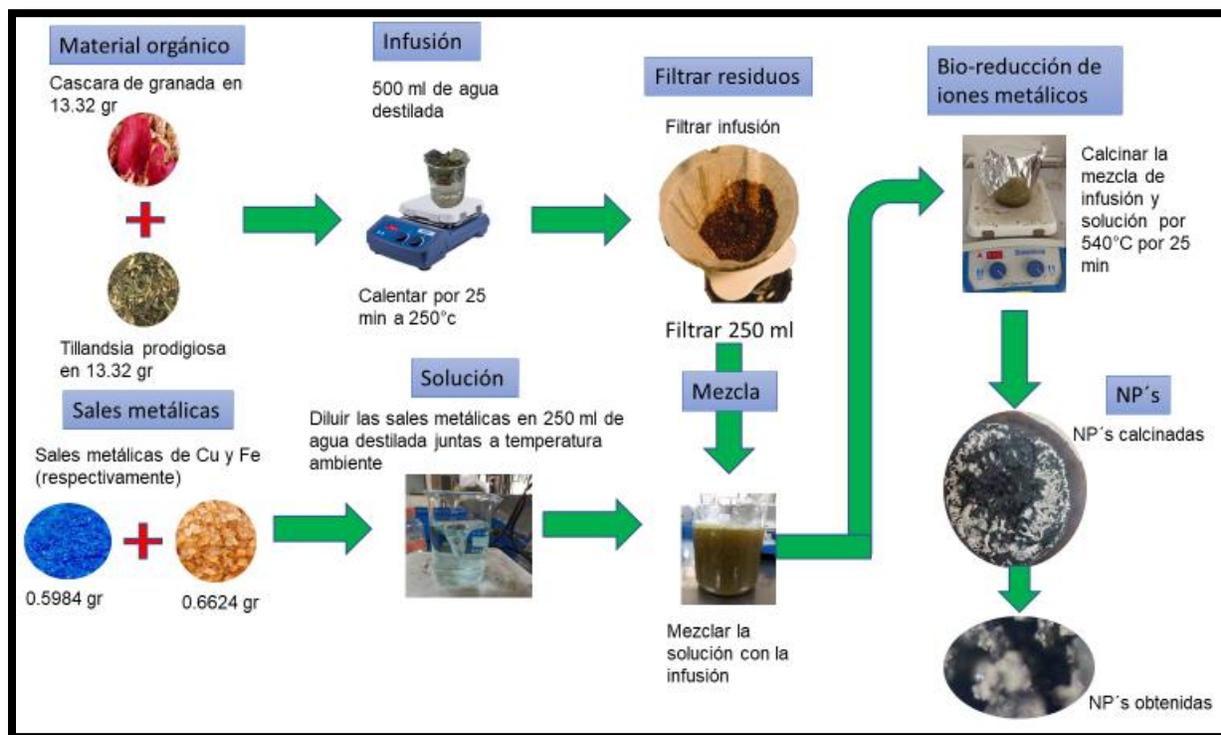


Figura 19 Diagrama del proceso (elaboración propia)

5.4 Optimización

Se muestra la comparativa entre el proceso de calcinación empleado, con el proceso de filtración para la obtención de nanopartículas, primero en la figura 19 se muestra un diagrama de proceso en el cual se miden los tiempos para verificar la optimización del proceso.

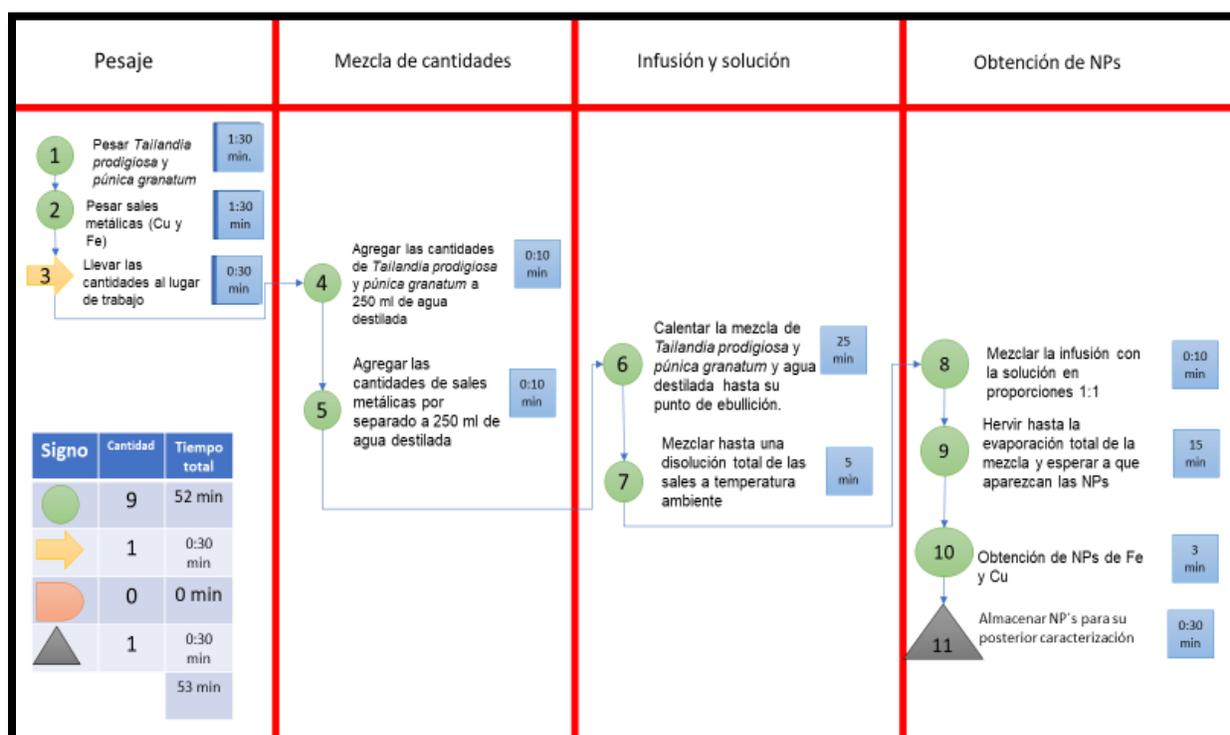


Figura 20 Diagrama de operaciones sobre obtención de NP's (elaboración propia)

Se obtuvo un tiempo menor a una hora, más específico 52 minutos esto en comparación con otros métodos como el que se muestra en la figura 20 el cual es un proceso de obtención de NP's de plata con *Psidium guayaquilensis*

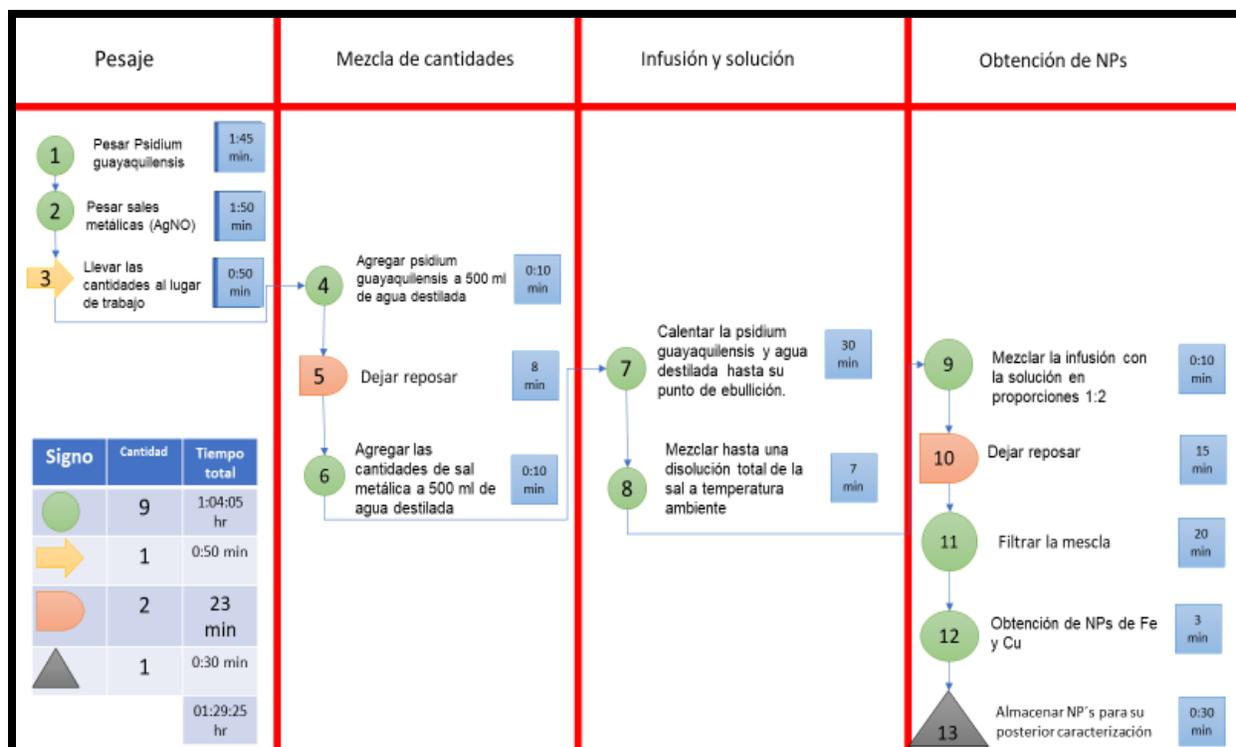


Figura 21 Diagrama sobre proceso de obtención de NP's de plata con Psidium guayaquilensis (Elizabeth, 2022)

Se notó una mejora en el tiempo, aunque la optimización del proceso no se reflejó tanto porque el método requería tiempos de reposo. La figura 22 muestra el proceso de obtención de NP's de oro mediante una infusión de pulpa de café, este también incluye un tiempo de reposo innecesario.

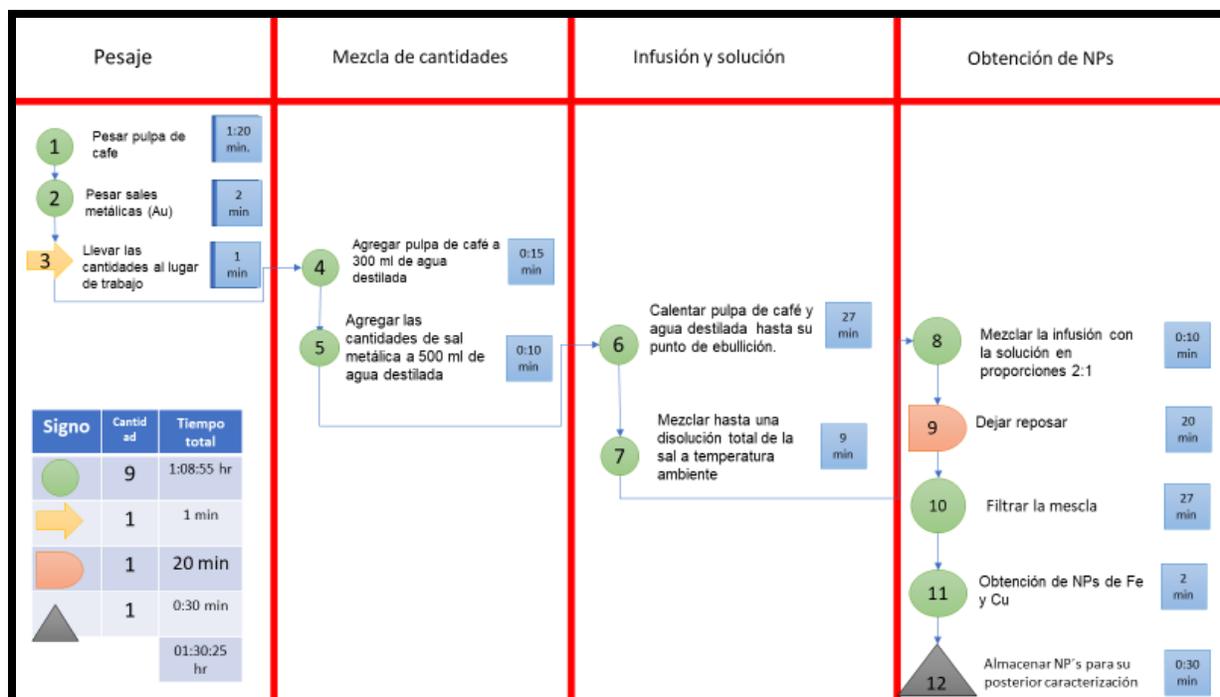


Figura 22 el proceso de obtención de NP's de oro con una infusión de pulpa de café (Castañeda et al., 2005)

En comparación se logra apreciar un notorio margen de reducción de tiempos debido a que el método de calcinación es más rápido y eficaz que el método de filtración para separar la mezcla líquida de las NP's.

5.5 Caracterización.

Difracción de rayos X (XRD)

La medición XRD con frecuencia se utiliza para identificación de la naturaleza cristalina de compuestos y sus respectivas fases. En la figura 23a, se detectó que los patrones de difracción XRD estaban en $2\theta = 32.35, 35.62, 38.69, 48.72, 53.49$, correspondientes a (110), (111), (200), (-202) y (020) líneas de reflexión, respectivamente, de nanopartículas de CuO monoclinicas (JCPDS-05-0661)(Sebeia et al., 2020). En la figura 23 se muestra la cristalinidad de las nanopartículas de FeO. La presencia de óxidos de hierro se confirma por las fases β -Fe₂O₃, ϵ -Fe₂O₃, β'' -Fe₂O₃, Fe₂O₃ y Fe₃O₄, correspondientes a (110), (002), (200), (220), (012), (120), (121), (211) y (400) planos.

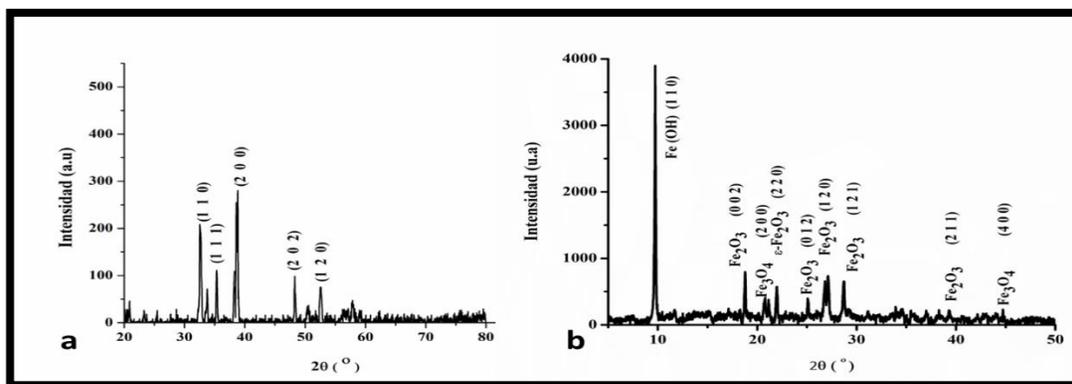


Figura 23 Espectros XRD de nanopartículas de óxidos de cobre a), nanopartículas de óxidos de hierro b). (elaboración propia)

En la figura 23 se observan los picos de cristalinidad de las nanopartículas de fase de hierro y cobre.

Espectroscopia UV-vis

En la Figura 24, se muestran los picos de máxima absorción de la cascara de granada estos se encuentran alrededor de 305 nm. Se muestra la diferencia con respecto a la solución inicial del metal antes y después de obtención de las nanopartículas que mostraron espectros de absorbancia de 255 nm atribuible a formación de nanopartículas de óxido cuproso (Cu_2O)/óxido cúprico (CuO) (Kumar et al., 2017). Los plasmones son ondas de densidad de los electrones exteriores libres. Las longitudes de onda específicas de la luz hacen que los electrones externos oscilen. Este fenómeno se denomina resonancia de plasmones superficiales (SPR). Cuando ocurren estas resonancias, las intensidades de absorción y dispersión son mucho más altas que las de las mismas partículas sin propiedades plasmónicas. La resonancia de plasmón superficial (SPR) depende en gran medida de las características de las partículas, la curva de absorbancia para NP's de óxidos de hierro muestra banda característica en 295 nm como se aprecia en la figura 24.

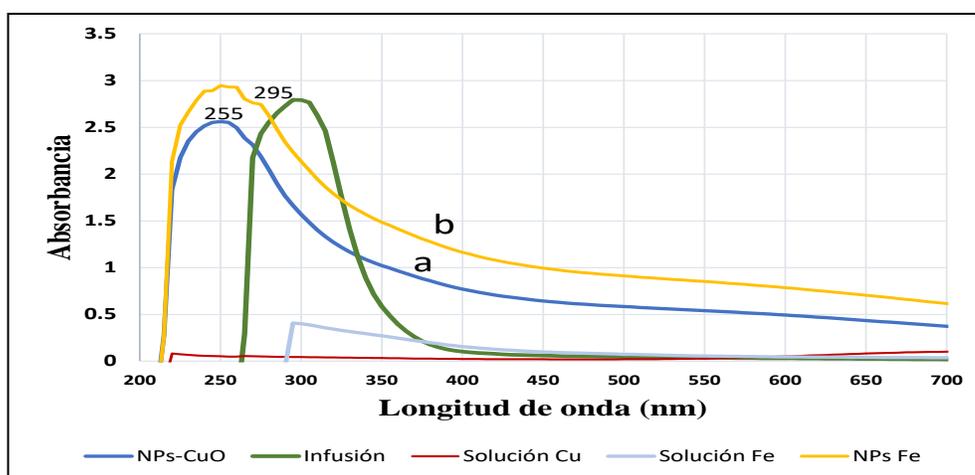


Figura 24 Espectros UV-vis de nanopartículas de óxidos de cobre (a), nanopartículas de óxidos de hierro (b) (elaboración propia)

Análisis elemental

En la Figura 25 se muestran fotos obtenidas a partir del SEM de las nanopartículas de hierro y cobre a 50 micrómetros respectivamente. Se observa que las muestras poseen una superficie rugosa más definida en las NP's de hierro, en comparación con el cobre que se observa en la figura b), se observa una variación menos definida de acuerdo a la distribución del tamaño y la forma puede estar relacionada con compuestos orgánicos provenientes de los extractos, razón por la cual se observa presencia de azufre en la muestra de cobre. En la Figura 3d se observa las señales que indican la presencia de hierro en la muestra con peso promedio de 21%, el resto indica presencia de oxígeno que forma parte de los óxidos de hierro y carbono contenido en los extractos. La Figura 3d proporcionó el espectro de análisis elemental de las nanopartículas de cobre sintetizadas. Los picos de energía de señal fuerte para los átomos de cobre se observaron lo cual coincide con otros estudios previos reportados (Sebeia et al., 2020). Se registró que aproximadamente 32.69% en peso de cobre presente en las nanopartículas, mientras el resto eran carbono y oxígeno presentes en moléculas orgánicas que actuaban como moléculas de protección que rodeaban las nanopartículas derivadas de la infusión y el carbono derivado de la calcinación al que fue sometido el proceso de obtención.

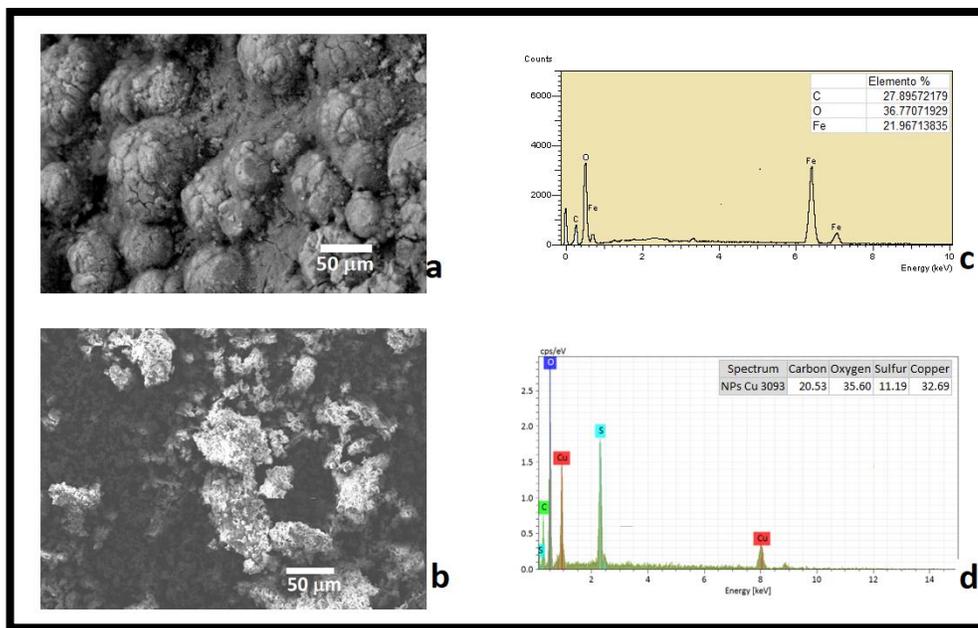


Figura 25 Espectros SEM de NP's de óxidos de Fe (a) de óxidos de Cu (b), nanopartículas de óxidos de hierro (b), el análisis elemental determinado por EDS de muestra de hierro (c) y análisis elemental determinado por EDS de muestra de CuO (elaboración propia)

5.6 Evaluación de propiedades antimicrobianas.

Se evaluaron las propiedades antimicrobianas de las nanopartículas de FeO y CuO para la bacteria de e-coli, que es muy frecuente en el ambiente debido a que vive en el intestino de los seres humanos.

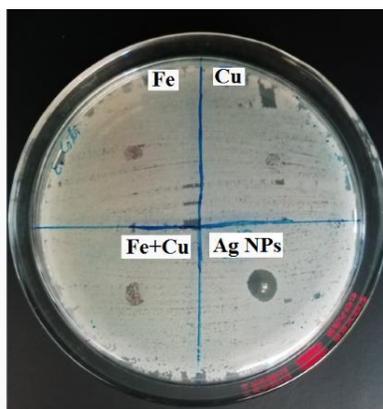


Figura 26 NP's repeliendo e-coli (elaboración propia)

En la figura 26 se aprecia una caja de petri con una siembra por inmersión dividida en cuatro cuadrantes, se coloca el inoculó en una caja de petri y sobre el mismo se vierte el medio de cultivo (e-coli). En el primer cuadrante la reacción del e-coli con nanopartículas de cobre, en el segundo cuadrante se aprecia lo mismo pero esta vez con nanopartículas de hierro, en ambos casos se aprecia una pequeña reacción antimicrobiana no obstante en el tercer cuadrante, el cual contiene tanto nanopartículas de cobre como de hierro se aprecia una inhibición antibacteriana mayor contra el e-coli a diferencia de cuando estas nanopartículas actúan individualmente y por último el cuarto cuadrante contiene nanopartículas de plata que son las que tienen mayor capacidad antimicrobiana entre los metales debido a su mayor capacidad para conducir electrones.

5.6.1 Mecanismo de inhibición.

Las nanopartículas penetran las células microbianas lo cual provoca la interrupción de las funciones celulares, síntesis de ácidos nucleicos, absorción de proteínas y desgasta la bomba de iones de la membrana por lo cual impiden el desarrollo de estas, esto limita o impide la propagación de agentes microbianos en el entorno, en la figura 27a se analiza una célula de e-coli, en la figura 27b se observa la misma bacteria con NP's de Ag dentro.

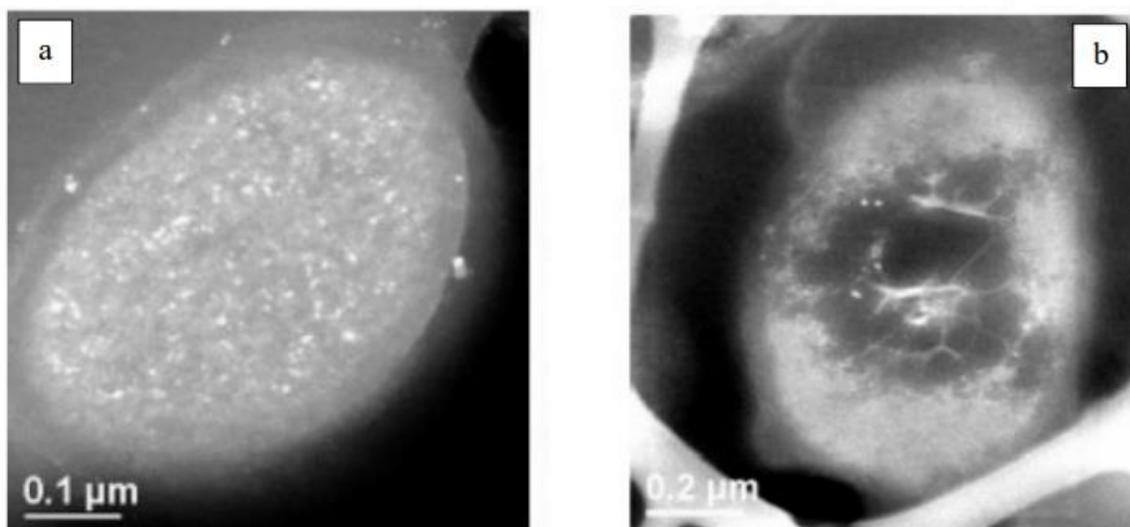


Figura 27 (a) imagen de una bacteria de E. coli que está en un medio con NPs Ag y (b) imagen de una bacteria de E-coli expuesta a NP's de plata(Estevez Posadas, 2017).

En la figura 28 se muestra un diagrama ilustrativo del proceso del mecanismo de inhibición de las NP's.

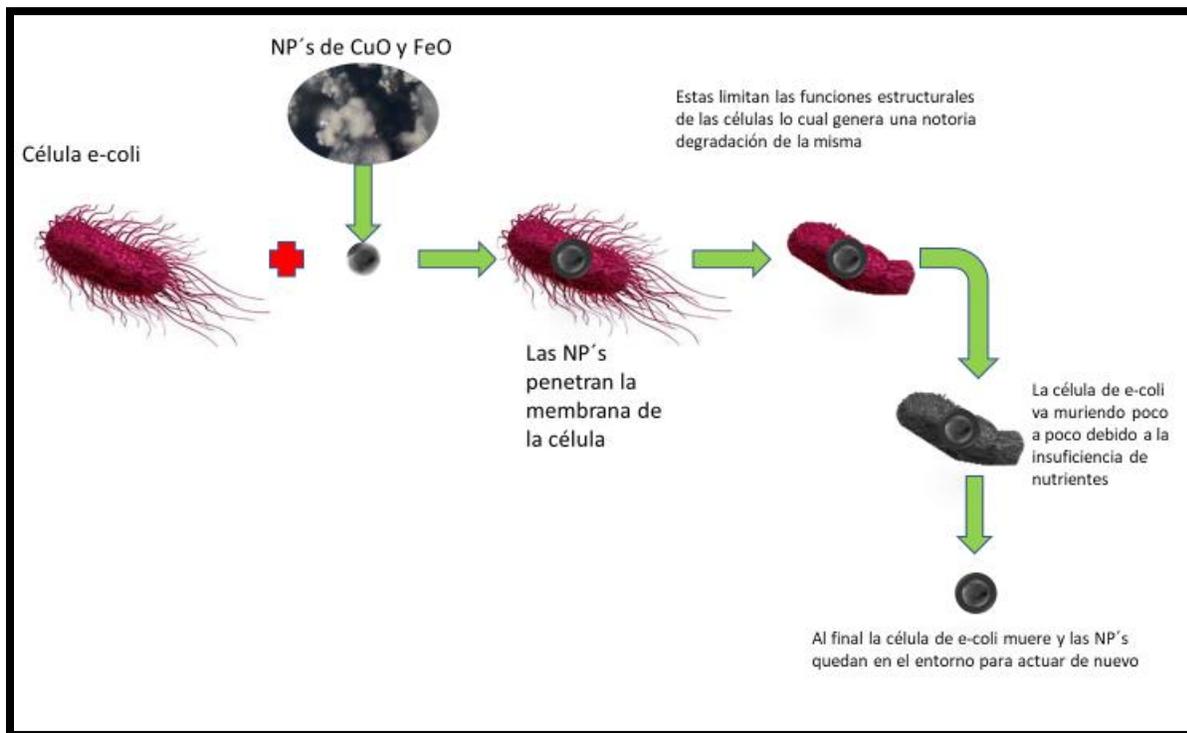


Figura 28 Mecanismo de inhibición de NP's contra célula e-coli (elaboración propia)

5.7 Conclusiones.

Se obtuvieron NP's a partir de un proceso de síntesis verde derivado de la infusión de cascara de granada y prodigiosa, junto con sales metálicas de Fe y Cu, donde se analizaron sus propiedades antimicrobianas y morfológicas

De acuerdo con la búsqueda bibliográfica referente a los avances y tendencias actuales en el campo de las nanopartículas, se obtuvo una propuesta del método que se ajusta a la obtención de nanopartículas metálicas a base de síntesis verde para la extracción de NP's.

Se optimizo el proceso de obtención de NP's con síntesis verde a partir de infusión de *Tailandia prodigiosa* y *púnica granatum* (cascara de granada) con el propósito de aumentar la producción de nanopartículas en comparación con el método de filtrado empleado por otros autores.

Por medio de la caracterización con las pruebas SEM, EDS y XRD se confirma la existencia de CuO y FeO en las nanopartículas obtenidas en las pruebas realizadas dentro de este trabajo de investigación.

Se determino que las nanopartículas de hierro y cobre obtenidas tienen la capacidad de inhibir la bacteria de e-coli apropiadamente.

De acuerdo con los resultados en 5.3 y 5.4, este método de obtención de NP's es viable y proporciona una obtención sencilla, practica y optimizada de NP's por su aplicación "simple".

Recomendaciones

Para futuras aplicaciones de este método se necesitan tomar en cuenta las siguientes recomendaciones.

-Analizar fuentes bibliográficas de años recientes para tener fuentes viables de información.

-Ajustar las cantidades de material ya sean de sales metálicas o el material orgánico para la infusión, lo cual permitirá mejorar el tiempo de obtención de NP's en otros metales.

-Analizar las propiedades de los metales que se emplearan en la obtención de NP's ya que estas varían y necesitan una mayor o menor concentración de infusión

-Verificar cual es el nivel de pH necesario para una correcta utilización de las sales metálicas.

-Utilizar equipo de protección personal al momento de la manipulación de sustancias corrosivas (solución metálica).

Referencias:

- Abd-elsalam, K. A., & Prasad, R. (2019). *Nanobiotechnology Applications in Plant Protection Volume 2 : Volume 2 Nanotechnology in the Life Sciences Series Editor*. 2(January). <https://doi.org/10.1007/978-3-030-13296-5>
- Alabdallah, N. M., Hasan, M., & Alghamdi, A. I. (2021). Green Synthesized Metal Oxide Nanoparticles Mediate Growth. *Plants*, 10, 1–13.
- Ali, M. A., Ahmed, T., Wu, W., Hossain, A., Hafeez, R., Masum, M. M. I., Wang, Y., An, Q., Sun, G., & Li, B. (2020). Advancements in plant and microbe-based synthesis of metallic nanoparticles and their antimicrobial activity against plant pathogens. *Nanomaterials*, 10(6), 1–24. <https://doi.org/10.3390/nano10061146>
- Amini, S. M. (2019). Preparation of antimicrobial metallic nanoparticles with bioactive compounds. *Materials Science and Engineering C*, 103(January), 109809. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2019.109809>
- Arturo, M. C., & Lazarini, M. (2016). “ SINTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE GRAFENO DE MENOS DE 5 CAPAS .”
- Basavegowda, N., & Baek, K. H. (2021). Multimetallic nanoparticles as alternative antimicrobial agents: Challenges and perspectives. *Molecules*, 26(4). <https://doi.org/10.3390/molecules26040912>
- Bhatnagar, S., Kobori, T., Ganesh, D., Ogawa, K., & Aoyagi, H. (2019). Biosynthesis of silver nanoparticles mediated by extracellular pigment from *talaromyces purpurogenus* and their biomedical applications. *Nanomaterials*, 9(7), 1–27. <https://doi.org/10.3390/nano9071042>
- Castañeda, A., Jesús, M., Hernández, V., Gómez, A., Valdez, J. I., Humberto, H., Huerta, V., Carbone, A. D. E., La, E. N., Aérea, B., & Plantación, D. E. U. N. A. (2005). *Colegio de Postgraduados*. 39, 107–116.
- Cognet, V. (2022). *Ultrasmall Glyco-Gold Nanoparticles : Synthesis Optimization , Characterization and Applications in Immune-Cell Targeting Valentin Laurent Cognet Doctoral Thesis. September 2020*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.32971.46888>
- Crisan, M. C., Teodora, M., & Lucian, M. (2022). Copper nanoparticles: Synthesis and characterization, physiology, toxicity and antimicrobial applications. *Applied Sciences (Switzerland)*, 12(1). <https://doi.org/10.3390/app12010141>
- Cubas, J. M., Guadalupe, R., Pimentel, C., Enrique, I., Merlín, M., San, E., & Martínez, M. (2018). La espectroscopia UV-Vis en la evaluación de la viabilidad de células de cáncer de mama I. INTRODUCCIÓN. *Am. J. Phys. Educ*, 12(2), 1–7. <http://www.lajpe.org>
- Devanesan, S., AlSalhi, M. S., Balaji, R. V., Ranjitsingh, A. J. A., Ahamed, A., Alfuraydi, A. A., AlQahtani, F. Y., Aleanizy, F. S., & Othman, A. H. (2018). Antimicrobial and

- Cytotoxicity Effects of Synthesized Silver Nanoparticles from Punica granatum Peel Extract. *Nanoscale Research Letters*, 13. <https://doi.org/10.1186/s11671-018-2731-y>
- Dutta, T., Chowdhury, S. K., Ghosh, N. N., Chattopadhyay, A. P., Das, M., & Mandal, V. (2022). Green synthesis of antimicrobial silver nanoparticles using fruit extract of *Glycosmis pentaphylla* and its theoretical explanations. *Journal of Molecular Structure*, 1247, 1–22. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2021.131361>
- Elizabeth, E. (2022). *ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas Síntesis verde de nanopartículas de plata para el estudio de su actividad PROYECTO INTEGRADOR Previo la obtención del Título de : Ingeniero químico Presentado por : Esth.*
- Estevez Posadas, B. (2017). *Biosíntesis y caracterización de NPs de Ag con Eysenhardtia polystachya (palo azul) y su inhibición sobre el crecimiento de Clostridium sp.* 78. <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/67800/Tesis Blanca Estevez.pdf?sequence=1>
- Gómez, M. (2018). Nanomateriales, Nanopartículas y Síntesis verde. *Revista Repertorio de Medicina y Cirugía*, 27(2), 75–80. <https://revistas.fucsalud.edu.co/index.php/repertorio/article/view/191/209>
- Hashem, A. H., Selim, T. A., Alruhaili, M. H., Selim, S., Alkhalifah, D. H. M., Al Jaouni, S. K., & Salem, S. S. (2022). Unveiling Antimicrobial and Insecticidal Activities of Biosynthesized Selenium Nanoparticles Using Prickly Pear Peel Waste. *Journal of Functional Biomaterials*, 13(3). <https://doi.org/10.3390/jfb13030112>
- Heredia Abarca Gabriela. (2020). La importancia de los hongos (Fungi) en los servicios ecosistémicos. *Bioagro Ciencia*, 13(2), 98–108.
- Huerta, O. (2020). Ecodiseño de envases para una economía circular. *RChD: Creación y Pensamiento*, 5(9), 1. <https://doi.org/10.5354/0719-837x.2020.58303>
- Jain, A. S., Pawar, P. S., Sarkar, A., Junnuthula, V., & Dyawanapelly, S. (2021). Bionanofactories for green synthesis of silver nanoparticles: Toward antimicrobial applications. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(21). <https://doi.org/10.3390/ijms222111993>
- Jayarambabu, N., Akshaykranth, A., Rao, T. V., Rao, K. V., & Kumar, R. R. (2019). *activity*. 1–9.
- Kanmani N. (2018). Biosynthesis of silver nanoparticles and their evaluation of antifungal activity against *Magnaporthe oryzae*. ~ 1638 ~ *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(3), 1638–1642.
- Kaur, H., Chauhan, N. S., & Punia, A. (2021). *Role Of Nanotechnology In Agriculture: A Review - Technology Times*. 9(December), 98–105. <https://www.technologytimes.pk/2020/12/17/role-of-nanotechnology-in-agriculture-a-review/>
- Kumar, B., Smita, K., Cumbal, L., Debut, A., & Angulo, Y. (2017). Biofabrication of

- copper oxide nanoparticles using Andean blackberry (*Rubus glaucus* Benth.) fruit and leaf. *Journal of Saudi Chemical Society*, 21, S475–S480.
<https://doi.org/10.1016/j.jscs.2015.01.009>
- Makowski, M., Silva, Í. C., Do Amaral, C. P., Gonçalves, S., & Santos, N. C. (2019). Advances in lipid and metal nanoparticles for antimicrobial peptide delivery. *Pharmaceutics*, 11(11). <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics11110588>
- Meza-garcia, G. (2022). *Carcinoma de seno maxilar y antrolito. Reporte de un caso.* (Issue June).
- Motelica, L., Fikai, D., Fikai, A., Oprea, O. C., Kaya, D. A., & Andronescu, E. (2020). Biodegradable antimicrobial food packaging: Trends and perspectives. *Foods*, 9(10), 1–36. <https://doi.org/10.3390/foods9101438>
- Nair Arya, Maliya Rashmi, Suvarna Vasanti, Khan Tabassum Asif, M. M. and O. A. (2022). *Nanoparticles — Attractive Carriers of Antimicrobial.*
- Nano, M. (2005). Editor's Note: *Conservation Biology*, 19(6), 2039–2039.
https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2005.00323_1.x
- Omerović, N., Djisalov, M., Živojević, K., Mladenović, M., Vunduk, J., Milenković, I., Knežević, N., Gadjanski, I., & Vidić, J. (2021). Antimicrobial nanoparticles and biodegradable polymer composites for active food packaging applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(3), 2428–2454.
<https://doi.org/10.1111/1541-4337.12727>
- Paladini, F., & Pollini, M. (2019). Antimicrobial silver nanoparticles for wound healing application: Progress and future trends. *Materials*, 12(16).
<https://doi.org/10.3390/ma12162540>
- Paper, R., Najam, A., Singh, A. K., & Verma, H. N. (2008). *on Co Py on Co.* 1(1), 1–4.
- Qidwai, A., Pandey, A., Kumar, R., Shukla, S. K., & Dikshit, A. (2018). Advances in biogenic nanoparticles and the mechanisms of antimicrobial effects. *Indian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 80(4), 592–603.
<https://doi.org/10.4172/pharmaceutical-sciences.1000398>
- Rada, A. M., Hernández-Gómez, C., Restrepo, E., & Villegas, M. V. (2019). Distribution and molecular characterization of beta-lactamases in Gram negative bacteria in Colombia (2001-2016). *Biomedica*, 39, 199–220.
<https://doi.org/10.7705/biomedica.v39i3.4351>
- Ríos-Tobón, S., Agudelo-Cadavid, R. M., & Gutiérrez-Builes, L. A. (2017). Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 35(2), 236–247.
<https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.v35n2a08>
- Santos, T. S., Silva, T. M., Cardoso, J. C., de Albuquerque-Júnior, R. L. C., Zielinska, A., Souto, E. B., Severino, P., & Mendonça, M. da C. (2021). Biosynthesis of silver nanoparticles mediated by entomopathogenic fungi: Antimicrobial resistance, nanopesticides, and toxicity. *Antibiotics*, 10(7), 1–13.

<https://doi.org/10.3390/antibiotics10070852>

- Sebeia, N., Jabli, M., Ghith, A., & Saleh, T. A. (2020). Eco-friendly synthesis of *Cynomorium coccineum* extract for controlled production of copper nanoparticles for sorption of methylene blue dye. *Arabian Journal of Chemistry*, 13(2), 4263–4274. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2019.07.007>
- Shaikh, S., Nazam, N., Rizvi, S. M. D., Ahmad, K., Baig, M. H., Lee, E. J., & Choi, I. (2019). Mechanistic insights into the antimicrobial actions of metallic nanoparticles and their implications for multidrug resistance. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(10), 1–15. <https://doi.org/10.3390/ijms20102468>
- Shoala, T. (2018). Positive Impacts of Nanoparticles in Plant Resistance against Different Stimuli. *Nanotechnology in the Life Sciences*, August, 267–279. https://doi.org/10.1007/978-3-319-91161-8_10
- Valencia, E., Ignacio, I., Sosa, E., Bartolomé, M., Martínez, H., & García, M. (2017). Polyphenols: antioxidant and toxicological properties. *Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo*, 1–15.
- Vargas-Hernandez, M., Macias-Bobadilla, I., Guevara-Gonzalez, R. G., Rico-Garcia, E., Ocampo-Velazquez, R. V., Avila-Juarez, L., & Torres-Pacheco, I. (2020). Nanoparticles as potential antivirals in agriculture. *Agriculture (Switzerland)*, 10(10), 1–18. <https://doi.org/10.3390/agriculture10100444>
- Xing, Y., Li, W., Wang, Q., Li, X., Xu, Q., Guo, X., Bi, X., Liu, X., Shui, Y., Lin, H., & Yang, H. (2019). Antimicrobial Nanoparticles Incorporated in Edible. *Molecules*, 24(9).
- Yang, X., Chung, E., Johnston, I., Ren, G., & Cheong, Y. K. (2021). Exploitation of antimicrobial nanoparticles and their applications in biomedical engineering. *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(10). <https://doi.org/10.3390/app11104520>