



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



**TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE TIANGUISTENCO
DIVISIÓN DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

*“Optimización de proceso verde en la obtención de
nanopartículas metálicas”*

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO INDUSTRIAL

PRESENTA:

Dennis Orlando Martínez González

DIRIGIDO POR:

Dra. Cristina Arely De León Condes

Tianguistenco, Estado de México, junio 2024

Resumen

Esta investigación se centra en la obtención de nanopartículas a través de un proceso verde y su aplicación en un material base con el fin de evaluar su pérdida de peso. El objetivo principal del estudio es optimizar el proceso verde de nanopartículas metálicas.

Para lograr este objetivo, se llevó a cabo una búsqueda bibliográfica para analizar los avances y tendencias en el campo de las nanopartículas. Se utilizó la extracción de polifenoles para optimizar el proceso verde, también se llevó a cabo la caracterización de las nanopartículas para conocer su apariencia física y finalmente se aplicaron las mismas en el material base.

Los resultados obtenidos exponen la optimización de la temperatura de calcinación en un 10% (i.e. de 400°C a 360 °C) así como el tiempo de exposición a calcinación un 53% (de una hora a 32 minutos). También se muestra la pérdida de peso del material expuesto a luz solar y ultravioleta con y sin adición de nanopartículas, se concluyó que la muestra que contiene nanopartículas de Zn + Fe natural, tardará 1.18 años (433 días) en llegar a la pérdida total de su peso, mientras que la muestra sin nanopartículas tardará 1.73 años (632 días).

Palabras clave: Proceso verde, polifenoles, optimización, nanopartículas metálicas.

Abstract

This research focuses on obtaining nanoparticles through a green process and their application in a base material in order to evaluate its degradation. The main objective of the study is to optimize the green process of metal nanoparticles.

To achieve this objective, a literature search was carried out to analyze the advances and trends in the field of nanoparticles. The extraction of polyphenols was used to optimize the green process, the characterization of the nanoparticles was also carried out to know their physical appearance and finally they were applied to the base material.

The results obtained show the optimization of the calcination temperature by 10% (i.e. from 400°C to 360°C) as well as the exposure time to calcination by 53% (from one hour to 32 minutes). The weight loss of the material exposed to radiation with and without the addition of nanoparticles is also shown. It was concluded that the sample containing natural Zn + Fe nanoparticles will take 1.18 years (433 days) to reach the total loss of its weight. while the sample without nanoparticles will take 1.73 years (632 days).

Keywords: Green process, polyphenols, optimization, metal nanoparticles.

Agradecimientos

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a todas las personas que han contribuido de manera significativa en la realización de esta tesis.

A mi familia, por su inquebrantable apoyo y amor incondicional. Gracias por estar siempre a mi lado, por comprender las largas horas de estudio y por ser mi fuente constante de inspiración.

A mis amigos, quienes han estado ahí para brindarme su aliento y ánimo durante los momentos más desafiantes de este viaje académico. Su apoyo moral y su compañía han hecho que este camino sea más llevadero.

A mi asesora, la Dra. Cristina Arely De León Condes, cuya guía experta y mentoría han sido fundamentales en la culminación de esta investigación. Su compromiso, paciencia y conocimiento en el área de investigación han dejado una huella indeleble en mi desarrollo académico.

A mis maestros y profesores, cuyo compromiso con la educación y el conocimiento me ha inspirado a esforzarme por alcanzar mis metas académicas. Sus enseñanzas y consejos han sido invaluable.

A el área de investigación le agradezco por brindarme un campo fértil de conocimiento para explorar y contribuir. Estudiar este campo ha sido una experiencia enriquecedora que ha ampliado mi horizonte académico.

A todas las personas que de alguna manera formaron parte de esta travesía académica, desde el personal de la división hasta la administración de la universidad. Cada uno de ustedes ha dejado una huella en este proyecto.

Índice General

Resumen	2
Abstract	3
Agradecimientos	4
Capítulo I Generalidades	10
1. Introducción	11
2. Planteamiento del problema	13
3. Justificación	15
4. Objetivo general.....	17
4.1 Objetivos específicos.....	17
Capítulo II Marco Teórico	18
2.1 Procesos de producción sustentables.....	19
2.1.1 Sustentabilidad.....	21
2.1.2 Gestión de residuos de las industrias	21
2.2 Nanotecnología.....	22
2.2.1 Nanopartículas	23
2.2.2 Síntesis de nanopartículas	24
2.2.3 Proceso verde	24
2.3 Efecto Fotoeléctrico	27
2.4 Estadística inferencial	28
2.4.1 Regresión lineal.....	28
2.4.2 ANOVA	30
Capítulo III Análisis de información	31
3.1 Búsqueda bibliográfica.....	32
3.2 Análisis de fuentes bibliográficas	43
3.2.1 Materiales biológicos para extracción de polifenoles	43
3.2.2 Solventes usados para extracción de polifenoles	44
3.2.3 Calcinación de nanopartículas de zinc.....	45
Capítulo IV Metodología y Desarrollo	46
4.1 Metodología propuesta	47
4.2 Materiales, reactivos e instrumentos	48
Capítulo V Resultados y discusión	50
5.1 Pruebas previas realizadas	51
5.2 Optimización de proceso verde.....	52

5.2.1 Proceso verde de nanopartículas de Zinc-Hierro	54
5.3 Aplicación de nanopartículas	55
5.3.1 Películas de poliestireno expandido reciclado	55
5.3.2 Fotodegradación de poliestireno expandido	57
5.3.3 Pérdida de peso de poliestireno expandido	60
5.3.4 Análisis de varianza (ANOVA)	62
5.3.5 Análisis de regresión lineal	64
5.4 Conclusiones	67
5.5 Recomendaciones	68
5.6 Competencias aplicadas	69
5.7 Referencias.....	74

Índice de Figuras

Figura 1. Materiales utilizados en proceso verde (elaboración propia)	44
Figura 2. Solventes utilizados en el proceso de extracción de polifenoles (elaboración propia).45	
Figura 3. Temperatura y tiempo de calcinación de nanopartículas de Zinc (elaboración propia).45	
Figura 4. Metodología propuesta para la optimización del proceso verde para la obtención de nanopartículas metálicas (elaboración propia)	47
Figura 5. Materiales requeridos para la experimentación (elaboración propia)	49
Figura 6. Extracción de polifenoles, Muestra vegetal (A), Pesado de la muestra (B), Maceración de la muestra (C), Mezcla de muestras vegetales (D), Solventes utilizados (E), Mezcla de solventes con muestra vegetal (F), Filtración de extractos fenólicos (G), (elaboración propia) .53	
Figura 7. Síntesis de nanopartículas, Polifenoles (H), Zinc (I), Hierro (J), Mezcla de sales con polifenoles (K), Evaporación de solvente (L), Pesado y aislamiento de nanopartículas (M), (elaboración propia).	54
Figura 8. Creación de películas de poliestireno expandido: limpieza de caja Petri (A), identificación de caja Petri (B), pesado de poliestireno (C), medición de Tolueno (D), mezcla de poliestireno y tolueno (E), mezcla homogénea (F), pesado de nanopartículas (G), mezcla de nanopartículas con película (H), sonicación de película (I), secado de película (J) (elaboración propia).....	56
Figura 9. Pérdida de peso de poliestireno expandido expuesto a luz solar (elaboración propia)58	
Figura 10. Pérdida de peso de poliestireno expandido expuesto a lampara de luz ultravioleta (elaboración propia)	59
Figura 11. Planteamiento de hipótesis para bloque 1 (elaboración propia)	62
Figura 12. Análisis de varianza para bloque 1 (elaboración propia)	62
Figura 13. Diferencia de medias por método de Tukey (elaboración propia)	63
Figura 14. Planteamiento de hipótesis para bloque 2 (elaboración propia).....	63

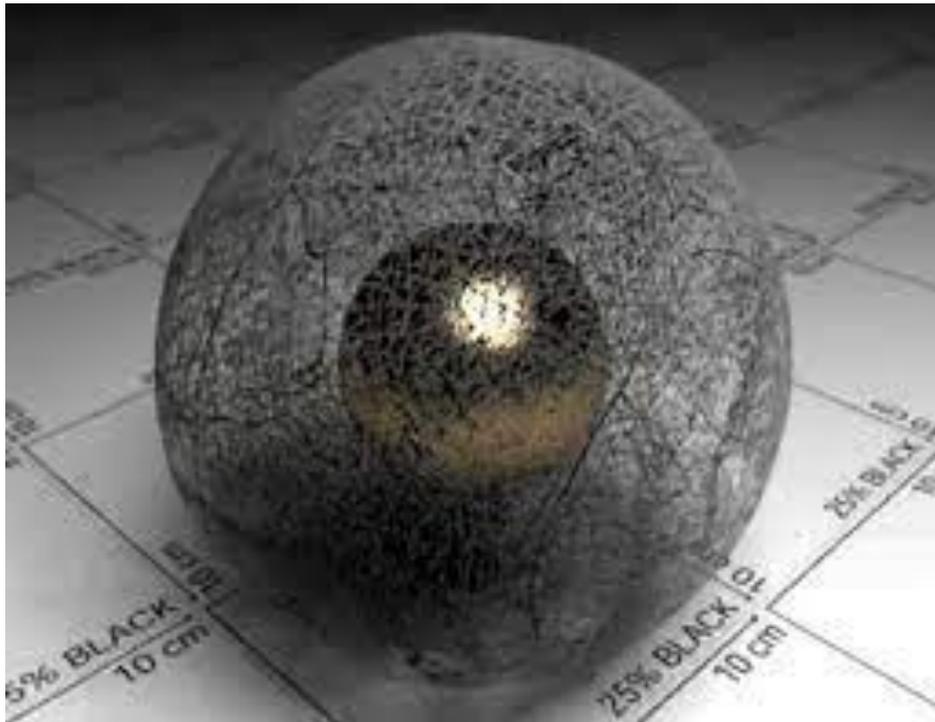
Figura 15. Análisis de varianza para bloque 2 (elaboración propia)	64
Figura 16. Diferencia de medias por método de Tukey (elaboración propia)	64
Figura 17. Regresión lineal bloque 1, Zn (A), Fe (B), Solo (C), Zn + Fe Natural (D), Zn + Fe Mezcla (E), (elaboración propia).....	65
Figura 18. Regresión lineal bloque 2, Zn (A), Fe (B), Solo (C), Zn + Fe Natural (D), Zn + Fe Mezcla (E), (elaboración propia).....	66

Índice de tablas

Tabla 1. Revisión de literatura (elaboración propia).....	32
Tabla 2. Materiales, reactivos e instrumentos para experimentación (elaboración propia)..	48
Tabla 3. Pruebas experimentales previas (elaboración propia).....	51
Tabla 4. Temperaturas y tiempos empleados para la calcinación de nanopartículas de Zinc (elaboración propia)	55
Tabla 5. Películas de poliestireno expandido (elaboración propia).....	57
Tabla 6. Registro de peso de las muestras bloque 1 para evaluar su pérdida de peso (elaboración propia).	60
Tabla 7. Registro de peso de las muestras bloque 2 para evaluar su pérdida de peso (elaboración propia).	61

Capitulo I

Generalidades



1. Introducción

En un mundo cada vez más consciente de la necesidad de preservar nuestro entorno y recursos naturales, la búsqueda de enfoques sostenibles en la nanotecnología ha cobrado una importancia significativa. La nanotecnología, en particular la síntesis de nanopartículas metálicas ha demostrado tener un potencial transformador en una amplia gama de aplicaciones, desde la medicina hasta la electrónica y la energía. Sin embargo, el proceso convencional de obtención de nanopartículas metálicas suele involucrar el uso de productos químicos tóxicos y consumir cantidades considerables de energía, lo que plantea desafíos significativos desde una perspectiva ambiental y de sostenibilidad.

La síntesis de nanopartículas metálicas mediante métodos verdes ha emergido como una alternativa prometedora para abordar estos desafíos. Estos enfoques verdes buscan reducir el impacto ambiental, minimizar el uso de reactivos peligrosos y optimizar la eficiencia de producción, mientras se mantienen las propiedades únicas y las aplicaciones funcionales de las nanopartículas metálicas.

El objetivo fundamental de esta tesis es investigar y desarrollar la optimización de un proceso verde para la obtención de nanopartículas metálicas, con un enfoque en la optimización de factores clave que incluyen la selección de materias primas sostenibles y la extracción de sus polifenoles, la reducción de la huella de carbono, entre otros. A medida que avanzamos hacia un futuro caracterizado por la creciente demanda de tecnologías limpias y sostenibles, es imperativo abordar estos desafíos de manera integral y desarrollar procesos que sean amigables con el medio ambiente sin comprometer la calidad y el rendimiento de las nanopartículas metálicas.

En las páginas siguientes, exploraremos en detalle los aspectos teóricos y experimentales de la síntesis de nanopartículas metálicas mediante métodos verdes,

analizando los avances científicos más recientes y las mejores prácticas en este campo en constante evolución. Además, se presentarán los resultados de investigación originales y las conclusiones obtenidas durante este estudio, con la aspiración de contribuir al desarrollo de una tecnología más limpia y sostenible para la obtención de nanopartículas metálicas con amplias aplicaciones prácticas.

2. Planteamiento del problema

La optimización de procesos implica realizar mejoras en diferentes operaciones. Se debe medir el éxito en la optimización para garantizar que las mejoras sigan el rumbo. Los procesos más eficientes dirigen a mayor calidad del producto, porque mejoran resultados para mantener ventaja competitiva.

Este estudio se enfoca en la investigación del ahorro de energía durante el proceso de obtención verde de nanopartículas metálicas de zinc, buscando optimizar el uso de la energía. Esta iniciativa se alinea con los esfuerzos a nivel mundial para reducir el consumo de energía y, por ende, disminuir la huella de carbono, mediante programas de mejora a escala global.

Estudios reportan que la eficiencia energética en diversas tecnologías, se relacionan sobre procesamiento de secado no convencional utilizado en procesos de alimentos, los cuales tienen el potencial de reducir el consumo de energía y emisiones contaminantes (Menon et al., 2020).

La energía constituye un recurso fundamental en la producción y está intrínsecamente ligada a la mayoría de los procesos en la fabricación industrial, incrementando proporcionalmente al volumen de producción. Dado que los recursos energéticos son limitados y su uso conlleva emisiones que contribuyen al cambio climático, se ha convertido en un foco de estudio la eficiencia energética en la industria. Se valoran las alternativas que contribuyan a los objetivos del desarrollo sostenible en los procesos productivos. La mejora en la eficiencia energética no solo conlleva beneficios económicos al reducir los costos de energía, sino que también genera un impacto positivo en diversos indicadores relacionados, impulsando así la competitividad.

Las nanopartículas obtenidas se pueden incorporar en películas de poliestireno expandido reciclado, proporcionando una opción para la gestión de residuos y

contribuyendo a reducir el tiempo de permanencia de este tipo de plástico, comúnmente empleado en envases y embalajes, en el entorno.

3. Justificación

Las alternativas vinculadas a prácticas de procesos sostenibles, emergentes como innovaciones técnicas, desempeñan un papel indispensable en impulsar la reestructuración de los sistemas de producción, que a su vez es un requisito fundamental para lograr objetivos internacionales del desarrollo sostenible que incluyen a la industria. Los beneficios potenciales que conlleva la adopción de tecnologías verdes son significativos, ya que no solo tienen el potencial de reducir considerablemente los costos si no también la mitigación de emisiones de dióxido de carbono.

En la última década, la eficiencia energética ha experimentado avances notables, y este estudio la aplica específicamente en el ámbito de la nanotecnología con enfoque sostenible. El progreso en soluciones basadas en nanotecnología está encaminado a generar un impacto cada vez más profundo en diversos sectores económicos. Como el envasado de alimentos, en la industria automotriz, fabricación de neumáticos y la electrónica, se prevé que la influencia de la nanotecnología se expanda significativamente.

La sinergia entre la nanotecnología y otras disciplinas tecnológicas, como la biotecnología y las tecnologías energéticas, es una tendencia en crecimiento. Esta convergencia está dando lugar a la creación de productos que integran múltiples innovaciones tecnológicas de corte ecológico, lo que refuerza aún más su impacto positivo en términos de sostenibilidad.

La constante búsqueda de reducción de costos en los procesos de producción se presenta como una prioridad. En este escenario, los nanomateriales desempeñan un papel crucial, especialmente en el ámbito de la producción. La incorporación de estos materiales de vanguardia permite a las unidades económicas ofrecer productos que sobresalen en calidad y características en comparación con aquellos producidos mediante métodos convencionales. La

sinergia entre los avances científicos y el progreso tecnológico se vuelve esencial para mantener la competitividad en el mercado actual y aprovechar los beneficios que esto conlleva.

Este estudio de investigación tiene como objetivo determinar un proceso verde optimizado como una alternativa eficiente para la obtención de nanopartículas metálicas de zinc, alineado con los Objetivos del Desarrollo Sostenible Internacionales, especialmente aquellos vinculados a la producción y consumo responsables. Los procesos verdes destacan por ser más económicos que los convencionales. Además, se busca aplicar estas nanopartículas en películas de poliestireno expandido reciclado como una alternativa para la gestión de residuos, y tener un beneficio económico.

4. Objetivo general

Obtener nanopartículas mediante proceso verde, aplicadas y evaluadas en un material base para evaluar su pérdida de peso.

4.1 Objetivos específicos

- Realizar búsqueda bibliográfica en inglés de los avances y tendencias en el campo de las nanopartículas y sus aplicaciones antimicrobianas.
- Analizar las fuentes bibliográficas, que permita determinar la propuesta a realizar de aplicación de las nanopartículas.
- Optimizar proceso verde para obtener nanopartículas metálicas.
- Caracterizar las nanopartículas para conocer sus propiedades y posibles efectos.
- Evaluar las propiedades de pérdida de peso.
- Analizar resultados estableciendo futuras direcciones y recomendaciones.

Capitulo II

Marco Teórico



2.1 Procesos de producción sustentables

La creciente conciencia ambiental y la urgencia de abordar los desafíos del cambio climático han llevado a un cambio fundamental en la forma en que las empresas abordan sus procesos de producción. Los procesos de producción sustentables se han convertido en un imperativo, ya que las organizaciones buscan minimizar su impacto ambiental, cumplir con regulaciones más estrictas y, al mismo tiempo, lograr eficiencia operativa.

Principios Fundamentales de Producción Sustentable

Eficiencia en el uso de recursos: Los procesos de producción sustentables buscan optimizar el uso de materias primas, energía y agua, minimizando el desperdicio y reduciendo la huella ambiental.

Energías renovables y tecnologías limpias: La adopción de fuentes de energía renovables y tecnologías limpias es esencial para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y disminuir la dependencia de recursos no renovables.

Minimización de residuos y reciclaje: La gestión eficiente de residuos implica reducir la generación de desechos, reutilizar materiales cuando sea posible y fomentar el reciclaje para cerrar los ciclos de producción.

Responsabilidad en la cadena de suministro: Los procesos sustentables se extienden a lo largo de toda la cadena de suministro, asegurando que los proveedores también adopten prácticas responsables y éticas.

Integración de Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

La producción sustentable se alinea estrechamente con los Objetivos de Desarrollo Sostenible establecidos por las Naciones Unidas. Al orientar los procesos de producción hacia

metas como la erradicación de la pobreza, la igualdad de género y el consumo responsable, las empresas contribuyen de manera significativa al logro de un desarrollo sostenible a nivel global.

Innovación e Investigación Continua

La innovación continua en tecnologías limpias y prácticas sustentables es esencial para abordar los desafíos emergentes y mejorar la eficiencia de los procesos de producción. La inversión en investigación y desarrollo permite a las empresas mantenerse a la vanguardia de las soluciones sostenibles y adaptarse a un entorno empresarial en constante cambio.

Responsabilidad Social Empresarial (RSE) y Transparencia

La responsabilidad social empresarial se ha convertido en un componente clave de la identidad corporativa. La transparencia en la divulgación de prácticas y desempeño ambiental y social no solo fomenta la confianza del consumidor, sino que también impulsa a las empresas a mantener altos estándares éticos y sostenibles.

Educación y Concienciación

La educación interna y externa sobre la importancia de los procesos de producción sustentables es crucial. Los empleados deben comprender los beneficios y desafíos de la producción sustentable, mientras que los consumidores necesitan información clara para tomar decisiones informadas sobre productos y marcas que favorezcan la sostenibilidad.

Resiliencia Empresarial ante Cambios Climáticos

La resiliencia empresarial implica la capacidad de adaptarse y prosperar en un entorno en constante cambio. Los procesos de producción sustentables no solo ayudan a mitigar los impactos negativos del cambio climático, sino que también preparan a las empresas para enfrentar desafíos climáticos y regulatorios a largo plazo (Chiu & Pun, 2018).

2.1.1 Sustentabilidad

La sustentabilidad es un concepto fundamental en la búsqueda de un futuro sostenible para nuestro planeta. Se refiere a la capacidad de satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades. La sustentabilidad abarca aspectos económicos, sociales y ambientales, y busca alcanzar un equilibrio entre ellos para garantizar un desarrollo sostenible a largo plazo.

En el ámbito ambiental, la sustentabilidad busca preservar y proteger los recursos naturales y los ecosistemas en los que se sustenta la vida. Esto implica adoptar prácticas de producción y consumo responsables, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, promover el uso eficiente de la energía y los recursos, conservar la biodiversidad y proteger los ecosistemas frágiles. La sustentabilidad ambiental también implica enfrentar los desafíos del cambio climático y la degradación ambiental, buscando soluciones basadas en la ciencia y la colaboración global (Naciones Unidas, 2015).

2.1.2 Gestión de residuos de las industrias

La gestión adecuada de los residuos generados por las industrias es un aspecto crucial para promover la sostenibilidad ambiental y minimizar el impacto negativo en el entorno. Las industrias producen una amplia variedad de residuos, que pueden incluir sustancias químicas peligrosas, desechos sólidos y efluentes líquidos. Una gestión eficiente de estos residuos no solo contribuye a la protección del medio ambiente, sino que también puede generar beneficios económicos y promover una buena imagen corporativa.

Para lograr una gestión efectiva de los residuos industriales, es importante seguir una serie de estrategias y prácticas. En primer lugar, se debe promover la reducción en la fuente, es decir, minimizar la cantidad de residuos generados mediante la adopción de procesos de producción más limpios y eficientes. Esto implica el uso de materiales y productos menos

tóxicos, así como la implementación de prácticas de reciclaje internas y la optimización de los flujos de producción. Además, es fundamental implementar sistemas de segregación y clasificación de residuos en el lugar de origen. Esto permite separar los diferentes tipos de residuos y facilitar su posterior tratamiento y disposición adecuada. Los residuos peligrosos deben ser manejados de acuerdo con las regulaciones y normativas ambientales y de salud y seguridad ocupacional correspondientes.

La gestión de residuos industriales también puede incluir prácticas de tratamiento y valorización. Esto implica el uso de tecnologías y procesos que permitan la recuperación de materiales y energía a partir de los residuos. Por ejemplo, el reciclaje y la reutilización de materiales pueden reducir la necesidad de extraer y producir nuevos recursos, mientras que la valorización energética puede aprovechar el contenido energético de los residuos para generar electricidad o calor.

En cuanto a la disposición final de los residuos, se deben seguir las normativas y regulaciones establecidas por las autoridades competentes. En muchos casos, se requiere la utilización de instalaciones especializadas, como rellenos sanitarios o plantas de tratamiento de residuos, para garantizar una eliminación segura y controlada. Es importante destacar que la gestión de residuos debe ser abordada de manera integral y considerar la responsabilidad compartida entre las industrias, los gobiernos y la sociedad en general. La promoción de la educación ambiental y la conciencia sobre la importancia de la gestión adecuada de los residuos son fundamentales para fomentar prácticas sostenibles y fomentar la participación de todos los actores involucrados (González, 2017).

2.2 Nanotecnología

La nanotecnología, definida como la ciencia, ingeniería y aplicación de materiales y dispositivos a nivel nanométrico, ha revolucionado diversos sectores de la ciencia y la industria en las últimas décadas (J., Smith & Brown, 2020). Su importancia radica en la capacidad de

manipular la materia a una escala extremadamente pequeña, lo que permite la creación de materiales y dispositivos con propiedades únicas y beneficiosas.

La nanotecnología es un campo interdisciplinario que se enfoca en la manipulación y control de la materia a nivel nanométrico, es decir, a una escala extremadamente pequeña, que generalmente se encuentra en el rango de 1 a 100 nanómetros. La nanotecnología tiene aplicaciones en una amplia gama de industrias y campos, desde la medicina y la electrónica hasta la energía y la fabricación.

2.2.1 Nanopartículas

Las nanopartículas son estructuras de tamaño reducido que se sitúan en una escala nanométrica, es decir, tienen dimensiones inferiores a 100 nanómetros ($1 \cdot 10^{-7}$ metros). Estas partículas poseen propiedades únicas y distintivas debido a su tamaño y estructura, lo que les confiere una amplia gama de aplicaciones en diversas áreas científicas y tecnológicas. Las nanopartículas han despertado un gran interés en campos como la medicina, la electrónica, la energía, la industria textil, la construcción y la automoción, entre otros. En la medicina, por ejemplo, las nanopartículas se utilizan como vehículos para la entrega de fármacos, lo que permite una liberación controlada y dirigida de los medicamentos en el organismo. Esto puede mejorar la eficacia terapéutica y reducir los efectos secundarios no deseados.

Además de su aplicación en la entrega de fármacos, las nanopartículas también se utilizan en la detección y diagnóstico de enfermedades. Por su pequeño tamaño, pueden interactuar con células y tejidos específicos, lo que las convierte en excelentes biosensores. Estas propiedades se explotan en técnicas de imagenología, como la resonancia magnética y la tomografía por emisión de positrones, para detectar y visualizar patologías a nivel molecular. En el campo de la electrónica, las nanopartículas se emplean en la fabricación de dispositivos electrónicos de alta precisión, como transistores y pantallas táctiles. Su tamaño reducido les

confiere propiedades electrónicas y ópticas únicas, lo que permite el desarrollo de componentes más eficientes y compactos. En el ámbito energético, las nanopartículas se investigan para su aplicación en celdas solares, baterías y dispositivos de almacenamiento de energía. Su alta relación superficie-volumen y su capacidad para interactuar con la luz y los electrones las convierten en candidatas prometedoras para mejorar la eficiencia de los sistemas de generación y almacenamiento de energía.

Es importante destacar que la síntesis de nanopartículas también ha experimentado avances significativos. La síntesis verde, mencionada anteriormente, busca desarrollar métodos de producción más sostenibles y respetuosos con el medio ambiente. Esto implica el uso de materiales y condiciones de reacción más seguros, así como la reducción del consumo de energía y la minimización de residuos tóxicos (Gómez Garzón, 2018).

2.2.2 Síntesis de nanopartículas

La síntesis de nanopartículas es un proceso fundamental en la nanotecnología, que implica la creación y control de partículas a una escala nanométrica, generalmente en el rango de 1 a 100 nanómetros. Estas nanopartículas tienen propiedades únicas y aplicaciones versátiles en una variedad de campos.

Existen numerosos métodos de síntesis de nanopartículas, que varían en función del tipo de material, la forma deseada y las condiciones de reacción. Algunos de los métodos más comunes incluyen la síntesis química, la síntesis por láser, la síntesis biológica y la síntesis por vía física. Cada método tiene ventajas y limitaciones específicas (Jones, 2019).

2.2.3 Proceso verde

El proceso también conocido como síntesis verde es un enfoque importante en la producción de nanomateriales. Se refiere a un conjunto de métodos y principios que se utilizan para sintetizar nanomateriales de manera más sostenible y respetuosa con el medio ambiente.

La síntesis convencional de nanomateriales a menudo implica el uso de sustancias químicas tóxicas, solventes orgánicos nocivos y condiciones de reacción que consumen grandes cantidades de energía. Estos métodos pueden tener impactos negativos en la salud humana y en el medio ambiente. La síntesis verde busca abordar estos problemas y promover una producción más segura y sostenible de nanomateriales.

En el contexto de la síntesis verde, se busca minimizar o eliminar el uso de sustancias químicas peligrosas. Se fomenta el uso de solventes acuosos en lugar de solventes orgánicos tóxicos. Además, se exploran enfoques alternativos como el uso de extractos de plantas y compuestos orgánicos renovables como agentes de síntesis. La síntesis verde también se preocupa por reducir el consumo de energía en los procesos de producción de nanomateriales. Se buscan métodos más eficientes y sostenibles que requieran menor energía y generen menos emisiones de gases de efecto invernadero.

Al adoptar la síntesis verde, se busca no solo minimizar los impactos negativos en el medio ambiente y en la salud humana, sino también preservar las propiedades y funcionalidades de los nanomateriales. Es fundamental asegurar que los nanomateriales sintetizados mediante métodos verdes conserven sus propiedades deseadas y puedan ser aplicados en diversos campos, como la medicina, la electrónica, la energía y muchos otros (Gómez Garzón, 2018).

Polifenoles

Según (Valencia Avilés, 2017) los polifenoles son sustancias químicas (moléculas) que se encuentran de manera natural en las plantas. Son compuestos secundarios producidos por estas y tienen diversas funciones fisiológicas. Estas moléculas poseen una amplia distribución en el reino vegetal y existen numerosos tipos de polifenoles con estructuras químicas distintas. Los polifenoles son reconocidos por su capacidad de capturar especies reactivas de oxígeno y nitrógeno, las cuales están relacionadas con el desarrollo de enfermedades. Esto los convierte

en ingredientes potenciales para el desarrollo de nuevos productos en las industrias farmacéutica, alimentaria y cosmética. Sin embargo, es importante realizar pruebas rigurosas de toxicidad para asegurar su seguridad. Los polifenoles son compuestos naturales derivados de las plantas que poseen propiedades antioxidantes y que han sido objeto de amplios estudios en relación con su potencial beneficio para la salud humana.

Agua desionizada

El agua desionizada, también conocida como agua desmineralizada o agua desionizada, se refiere a un tipo de agua que ha sido sometida a un proceso de eliminación de iones y minerales disueltos, dejándola en un estado de pureza alta. El agua desionizada se define como "agua que ha sido tratada para eliminar la mayoría o todos sus iones, tales como cationes y aniones, lo que resulta en un contenido muy bajo de minerales y sales disueltas" (American Society for Testing and Materials (ASTM), 2006).

El proceso de desionización del agua generalmente implica el uso de técnicas como la ósmosis inversa, el intercambio iónico o la destilación. Estas técnicas permiten eliminar selectivamente los iones presentes en el agua, incluyendo cationes como sodio, calcio, magnesio y potasio, así como aniones como cloruro, sulfato y bicarbonato.

El agua desionizada se utiliza en una amplia variedad de aplicaciones donde la presencia de iones y minerales podría interferir o ser perjudicial. Algunos ejemplos de uso incluyen laboratorios de investigación y análisis, industrias farmacéuticas y químicas, fabricación de productos electrónicos, industria alimentaria, sistemas de refrigeración y calderas, y otros procesos donde se requiera agua de alta pureza. Es importante destacar que el agua desionizada no debe confundirse con el agua destilada. Aunque ambos tipos de agua son procesadas para eliminar impurezas, el agua destilada se obtiene mediante el proceso de destilación, que implica la evaporación y posterior condensación del agua, dejando atrás la mayoría de los iones y contaminantes.

Etanol

El etanol, también conocido como alcohol etílico, es un compuesto químico que despierta un interés significativo debido a sus diversas aplicaciones en la industria, la medicina, la investigación y la producción de energía. Este alcohol es ampliamente reconocido como una sustancia comúnmente presente en bebidas alcohólicas, pero también se utiliza en numerosos otros contextos.

El etanol se produce a través de la fermentación de materiales ricos en azúcares, como la caña de azúcar, el maíz o la remolacha. El proceso de fermentación implica la acción de microorganismos, como levaduras, que convierten los azúcares en etanol y dióxido de carbono. También se puede obtener mediante procesos de destilación (Jones, 2019).

2.3 Efecto Fotoeléctrico

El efecto fotoeléctrico es un fenómeno intrigante en el cual la luz puede "desprender" electrones de un material. La luz es como una lluvia de partículas pequeñas llamadas fotones. Cuando estos fotones golpean la superficie de un material, pueden transferir su energía a los electrones del material. Si la energía del fotón es suficiente, los electrones pueden superar la fuerza de atracción que los mantiene en el material y escapar, como si estuvieran siendo lanzados al aire. Es como si los electrones estuvieran atrapados en un pozo y la luz les diera el impulso necesario para saltar fuera de él. La cantidad de energía que reciben los electrones depende de la energía de los fotones, que a su vez está determinada por la longitud de onda de la luz. Si la luz es de alta energía, como la luz ultravioleta, los electrones pueden adquirir mucha energía y salir con gran velocidad. Por otro lado, si la luz es de baja energía, como la luz roja, los electrones pueden no tener suficiente energía para escapar del material. Este fenómeno tiene diversas aplicaciones prácticas, como en la generación de energía solar, donde los paneles fotovoltaicos aprovechan el efecto fotoeléctrico para convertir la luz solar en electricidad. También se utiliza en dispositivos como los fotodetectores, que convierten la luz en

señales eléctricas, y en la fotografía digital, donde los sensores de las cámaras capturan la luz y la convierten en imágenes digitales (Spagnolo, 2019).

2.4 Estadística inferencial

La estadística inferencial es una rama de la estadística que se ocupa de hacer inferencias o conclusiones sobre una población a partir de una muestra de datos. Su objetivo principal es extraer conclusiones generales basadas en la información limitada proporcionada por la muestra. La estadística inferencial se utiliza en diversas áreas, como la investigación científica, la toma de decisiones empresariales, el análisis de encuestas, entre otras. A través de técnicas y métodos estadísticos, se busca obtener conclusiones válidas y confiables sobre la población de interés.

El proceso de inferencia estadística comienza con la formulación de una hipótesis. Una hipótesis estadística es una afirmación o suposición acerca de una característica o relación en la población. Luego, se recopila una muestra representativa de la población y se recopilan datos relevantes. Estos datos se utilizan para analizar y evaluar la hipótesis planteada (Agresti & Franklin, 2018).

2.4.1 Regresión lineal

Según el autor (Montgomery, 2012) la regresión lineal es una técnica estadística ampliamente utilizada para modelar la relación entre una variable dependiente y una o más variables independientes. Se basa en la suposición de que existe una relación lineal entre estas variables, lo que implica que los cambios en las variables independientes se traducen en cambios proporcionales en la variable dependiente.

El objetivo de la regresión lineal es encontrar la mejor línea recta (llamada línea de regresión) que se ajuste a los datos observados, minimizando la distancia entre los valores observados y los valores predichos por el modelo. Esta línea de regresión se caracteriza por su

pendiente (que representa la magnitud del cambio en la variable dependiente por unidad de cambio en la variable independiente) y su intersección con el eje vertical (que representa el valor de la variable dependiente cuando todas las variables independientes son iguales a cero).

La regresión lineal se puede expresar matemáticamente mediante la ecuación de regresión, que representa la relación lineal entre la variable dependiente (Y) y las variables independientes (X). En su forma más simple, la ecuación de regresión lineal se puede expresar como:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_p X_p$$

Donde:

Y es la variable dependiente que queremos predecir.

X_1, X_2, \dots, X_p son las variables independientes que se utilizan para predecir Y.

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p$ son los coeficientes de regresión, que representan la contribución de cada variable independiente a la variable dependiente.

Una medida comúnmente utilizada para evaluar la bondad de ajuste de un modelo de regresión lineal es el coeficiente de determinación, conocido como R cuadrada (R^2). R^2 es un valor que varía entre 0 y 1, y proporciona una medida de cuánta variabilidad de la variable dependiente es explicada por el modelo.

R^2 se calcula como la proporción de la variabilidad total de la variable dependiente que es explicada por el modelo de regresión. Un valor de R^2 cercano a 1 indica que el modelo explica una gran parte de la variabilidad de la variable dependiente, mientras que un valor cercano a 0 indica que el modelo tiene poca capacidad para explicar la variabilidad.

2.4.2 ANOVA

El Análisis de Varianza (ANOVA) es una técnica estadística utilizada para evaluar si las medias de tres o más grupos son estadísticamente diferentes. En lugar de comparar las medias directamente, el ANOVA examina las diferencias de varianza tanto entre los grupos como dentro de los grupos.

Hipótesis del ANOVA:

El ANOVA plantea dos hipótesis: la hipótesis nula (H_0) y la hipótesis alternativa (H_1). La hipótesis nula asume que no hay diferencias significativas entre las medias de los grupos, mientras que la hipótesis alternativa afirma que al menos una de las medias es diferente.

Tipos de ANOVA:

El ANOVA se puede clasificar en diferentes tipos según el diseño experimental y el número de factores. Algunos de los tipos comunes de ANOVA son el ANOVA de un factor (unidireccional), el ANOVA de dos factores (bidireccional) y el ANOVA de medidas repetidas.

Interpretación del resultado del ANOVA:

Al realizar el ANOVA, se obtiene un valor p asociado a la prueba de significancia. Si el valor p es menor que un nivel de significancia predefinido (generalmente 0.05), se rechaza la hipótesis nula y se concluye que al menos una de las medias es significativamente diferente. (Montgomery, 2012).

Capitulo III

Análisis de información



3.1 Búsqueda bibliográfica

En este apartado se presenta un resumen de información relacionada con el proceso verde para la obtención de nanopartículas metálicas, la información fue consultada en diferentes fuentes como lo son: Google académico, Scielo, Academia, Redalyc.

La Tabla 1 recopila de manera sistemática y organizada información relevante sobre una serie de trabajos académicos y científicos. Cada entrada de esta tabla incluye el nombre del artículo, el autor y el año de publicación así mismo se indica el proceso que llevaron a cabo para obtener nanopartículas, complementando la tabla con los resultados obtenidos en cada trabajo. Esta recopilación y catalogación de datos se llevó a cabo a través de una revisión bibliográfica.

Tabla 1. Revisión de literatura (elaboración propia).

Nombre del artículo y autor	Como se llevó a cabo el proceso	Resultados obtenidos
<p>Síntesis de nanopartículas metálicas por rutas verdes. revista de bioprocesos y tecnología química.</p> <p>(Vera et al., 2017)</p>	<p>Realizaron una síntesis a partir de extractos naturales de plantas, hojas de <i>Aeglemarmelos</i>, y <i>picrasma quassioides</i> para sintetizar nanopartículas de plata.</p>	<p>Nanopartículas de plata</p> <p>Planta <i>Aeglemarmelo</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Morfología esférica • Tamaño de 60 nm • Tiempo de reacción de 25 minutos <p>Planta <i>picrasma quassioides</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Tamaño 10-49.5 nm. • Tiempo de reacción de 45 min.
<p>Optimización y caracterización del proceso de síntesis verde de nanopartículas de oro a partir de pulpa de café (tesis doctoral).</p> <p>(Bonilla Nepomuceno, 2020)</p>	<p>Se sintetizaron nanopartículas de oro a partir de la pulpa de café utilizando el diseño de Box Behnken (superficie de respuesta) para estandarizar los factores clave para la síntesis.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 8 g de pulpa de café en polvo • 1 l de agua destilada • Temperatura 85°C. 	<p>Nanopartículas de oro</p> <ul style="list-style-type: none"> • 520 nm • Polidispersa • Tamaño no homogéneo • Morfología esférica • Tiempo 25 min.

Nombre del artículo y autor	Como se llevó a cabo el proceso	Resultados obtenidos
<p>Desarrollo de aditivos antimicrobianos basados en nanopartículas metálicas obtenidas por síntesis verde para su aplicación en recubrimientos (tesis doctoral, Universidad Nacional de La Plata).</p> <p>(Barberia Roque, 2022)</p>	<p>Obtención de nanopartículas de plata mediante extracción de polifenoles de Yerba mate.</p> <ul style="list-style-type: none"> • PH 7 • Temperatura 60 °C <p>Purificación de las nanopartículas</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2 ml de suspensión centrifugado 10000 rpm durante 20 minutos a 20 °C. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tamaño medio de las nanopartículas por debajo de los 20 nm • Morfología esférica • Tiempo 30 minutos.
<p>Estudio de la recuperación de metales a partir de la síntesis verde de nanopartículas metálicas (trabajo de fin de grado universidad Politécnica de Catalunya).</p> <p>(Jiménez Alba. D., 2019)</p>	<p>Se sintetizaron nanopartículas metálicas con la siguiente ruta de obtención:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ácido alginico 0.5 g • Agua desionizada 25 ml • Disolución de alginato por agitación magnética • Mezcla por sonicación de solución con extracto de raspo de uva 1:1 • Encapsulación de nanopartículas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Nanopartículas de 60 y 80 nm • Morfología esférica • Tiempos de 30 y 50 min.
<p>Síntesis de nanopartículas de óxido de hierro usando extracto acuoso de Eucalyptus grandis. Dyna, 88(216), 220-226.</p> <p>(Pabón-Guerrero et al., 2021)</p>	<p>Realizaron la síntesis de nanopartículas de óxido de hierro utilizando el extracto acuoso de la planta eucalipto adicionando cloruro tetrahidratado de hierro como agente precursor.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Volumen de extracto 0.8 ml • Temperatura 87 °C. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tamaño de la nanopartícula alrededor de 9 nm. • Nanopartículas uniformes en tamaño y forma. • color: negro • Tiempo 24 horas.
<p>Síntesis verde de óxido de zinc para degradar el azul de metileno.</p> <p>(Nava Olivas, 2017)</p>	<p>Se sintetizaron nanopartículas de zinc mezclando 200 ml de extracto de té verde con 2 g de óxido de zinc, se evaporó el solvente por método de baño maría, a la pasta resultante se le dio un tratamiento</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Morfología semiesférica • Tamaño de nanopartículas 17.47, 13.51 y 10.34 nm • Tiempo 2 horas.

Nombre del artículo y autor	Como se llevó a cabo el proceso	Resultados obtenidos
	térnico para formar nanopartículas (400°C).	
<p>Optimización de propiedades magnéticas de nanopartículas de óxido de hierro obtenidas por síntesis verde.</p> <p>(Vera Núñez. S.D & Jiménez Rojas. J.D, 2020)</p>	<p>Se obtuvo una solución mezclando 100 g de té de coca con 100 ml de agua usando una temperatura constante de 60 °C durante una hora, después se mezcló dicha solución con 10 ml de óxido de hierro a 90 °C</p> <p>Se obtienen nanopartículas por método de separación magnética.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Morfología: esférica • Tamaño promedio de 22.6 nm • Color: blanco • Tiempo 40 minutos.
<p>Evaluación de Protocolos para la Síntesis de Nanopartículas de Cobre u Óxidos de Cobre. Ingeniería 28.2 (2023).</p> <p>(Acevedo-León et al., 2023)</p>	<p>Se sintetizaron nanopartículas de óxido de cobre.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se calentaron 50 ml de una solución de cloruro de cobre pentahidratado 0.01 M • Baño maría a 80 °C • Agitación magnética constante • Se le agrego 50 ml de ácido ascórbico 0.04 M bajo las mismas condiciones • La solución se mantuvo en agitación constante durante 16 horas hasta obtener el color esperado • Centrifugado a 5000 rpm durante 20 minutos. 	<p>Se identifico que el método 3 que utilizo sulfato de cobre pentahidratado como agente precursor, acido ascórbico como reductor y almidón como estabilizante fue el método más adecuado para sintetizar nanopartículas de cobre pues con este método se obtuvieron nanopartículas con un tamaño promedio de 4.5 nm.</p>
Extracción de polifenoles		
<p>Evaluación del efecto de tratamientos con solventes orgánicos, agua y el tiempo de extracción en el rendimiento de polifenoles totales de la harina de semilla de palta (Persea americana).</p> <p>(Huamán Pérez, 2014)</p>	<p>Se extrajeron polifenoles de harina de semilla de palta con el siguiente proceso:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Preparación de la muestra por medio del lavado, secado y molienda de la semilla. ▪ Solventes orgánicos, acetona 75% y metanol 70%, y agua destilada ▪ Mezcla de harina con solvente ▪ Agitación constante durante 	<p>Se identifico que la mejor opción para la extracción de polifenoles es la acetona ya que se obtuvieron más polifenoles en el mismo tiempo experimentado Tiempos 4,8 y 12 horas.</p>

Nombre del artículo y autor	Como se llevó a cabo el proceso	Resultados obtenidos
	4, 8 y 12 horas a 30 °C <ul style="list-style-type: none"> ▪ Filtración y centrifugado a 5000 rpm durante 20 minutos ▪ Resguardo en tubos de prueba. 	
Extracción de polifenoles de plantas silvestres de zarzamora (<i>Rubus</i> spp.) para aplicaciones antimicrobianas. (Silva Adame M.B, 2014)	Extracción de polifenoles de planta de zarzamora: <ul style="list-style-type: none"> • Mezcla de 10 tallos y hojas deshidratados de zarzamora con 100 ml de etanol al 96% • Tiempo de 5 y 10 días • Temperatura 4 °C • Filtración • Refrigeración hasta ser utilizado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se determino la aparición de polifenoles a partir del día 5 en las 3 especies de zarzamora estudiadas. • El lugar geográfico de origen de la muestra influye en la cantidad de polifenoles que contiene la planta.
Extracción, separación y evaluación del efecto antioxidante de las diferentes fracciones de polifenoles de los granos de cacao. (Pico-Hernández et al., 2020)	Se extrajeron polifenoles de granos de cacao. <ul style="list-style-type: none"> • Preparación de la muestra moliendo los granos • Preparación del solvente: relación 1:1 etanol/agua • Extracción: sumergir base biológica triturada en el solvente preparado • Baño ultrasónico: 20 kHz durante 15 minutos a 4°C • Elevación de temperatura a 70 °C durante 30 minutos • Centrifugado: 4000 rpm durante 15 minutos a 4°C • Filtración y evaporación de solvente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se obtuvieron 77 mg de polifenoles • Reporte de concentración más alta de polifenoles extraídos de granos de café.
Extracción asistida por microondas de polifenoles de <i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam. con actividad antifúngica contra <i>Alternaria</i> sp.	Se extrajeron polifenoles de hojas de yaca con el siguiente proceso: <ul style="list-style-type: none"> • Recolección, secado y molienda de hoja de yaca • Preparación del solvente etanol/agua 4:1 • Relación solido-liquido 1:10 	<ul style="list-style-type: none"> • 164 +- 6.3 mg de polifenoles para extractos a 900W después de 3 minutos • 16.3 +- 2 mg de polifenoles después de 2 minutos.

Nombre del artículo y autor	Como se llevó a cabo el proceso	Resultados obtenidos
(Aguilar-Veloz et al., 2021)	<ul style="list-style-type: none"> • Microondas a 600 W en intervalos de 30 segundos sin agitación adicional • Baño de hielo hasta obtener una temperatura de 25 °C • Filtración • Centrifugado a 5000 rpm durante 10 minutos • Evaporación del solvente al vacío 50°C. 	
<p>Efectos de los procesos de extracción sobre la actividad antioxidante de los polifenoles de la manzana. CyTA-Revista de Alimentos 13.4 (2015): pág. 603-606.</p> <p>(He et al., 2015)</p>	<p>Se extrajeron polifenoles de la pulpa de manzana. Proceso empleado:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se obtuvo pulpa de manzana <p>Tipos de extracción:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Microondas: 600 W relación 1:10 pulpa de manzana/solvente • Tiempo 2 horas • Ultrasonido: relación 1:10 pulpa/solvente, baño ultrasónico a 200W • Tiempo 25 minutos • Baño de agua: relación 1:10 muestra/solvente, se sumergió la muestra a una temperatura constante de 70 °C • Tiempo 25 minutos. 	<p>El mejor método de extracción de polifenoles es el asistido por microondas ya que presento una mayor capacidad de protección de actividad antioxidante en comparación con los otros dos métodos.</p>
<p>Evaluación antioxidante y quimio protección de extractos fenólicos de semillas de manzana.</p> <p>(González Laredo et al., 2007)</p>	<p>Se extrajeron polifenoles de semillas de manzana.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Preparación de la muestra: trituración y pulverización • Solventes: • hexano, acetato de etilio y metanol al 50% • hexano y acetona 70% • Mezcla de polvo con solvente y agitación • Reposo 	<p>El método que presento mayor cantidad de polifenoles extraídos fue el que utilizo acetato de etilio, metanol 50% y acetona 70% 70.30 mg polifenoles.</p>

Nombre del artículo y autor	Como se llevó a cabo el proceso	Resultados obtenidos
	<ul style="list-style-type: none"> • Filtración • Evaporación del solvente. 	
<p>Optimización de un método de extracción de polifenoles para pulpa de naranja dulce (Citrus sinensis L.) para identificar compuestos fenólicos consumidos a partir de naranjas dulces.</p> <p>(Iglesias-Carres et al., 2019)</p>	<p>Se extrajeron polifenoles de la pulpa de naranja bajo las siguientes condiciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Congelación de pulpa con ayuda de nitrógeno líquido • Molienda de pulpa • Solvente: metanol 90% • Mezcla: 20 ml de solvente con 90% de la muestra de pulpa • Temperatura 55°C • Tiempo 20 minutos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Optimización de 20 minutos • Reducción de 2 pasos para extracción • Menor cantidad de extracto, más concentrado.
<p>Extracción asistida por ultrasonido de polifenoles del fruto de Punica granatum (Granada).</p> <p>(Rodríguez Chanfrau & López Armas, 2014)</p>	<p>Extracción de polifenoles de granada.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Preparación de la muestra: recolección lavado y molienda de la muestra hasta obtener un tamaño menor a 200 micrómetros • Solvente: solución hidroalcohólica • Mezcla: relación 1:20 g/ml • Baño ultrasónico a 28 kHz y potencia de 150 W • Temperatura 30 °C • Tiempos de extracción: 15, 30, 60 y 120 minutos. 	<p>Condiciones óptimas de extracción</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tiempo: 60 minutos • Concentración hidroalcohólica 50%.
<p>Influencia del método de extracción en la recuperación de compuestos fenólicos bioactivos a partir de subproductos de la industria alimentaria.</p> <p>(Gil-Martín et al., 2022)</p>	<p>Presenta métodos de extracción de polifenoles:</p> <ul style="list-style-type: none"> • E. Solventes orgánicos • E. Ultrasonido • E. Con fluidos presurizados • E. Microondas • E. Líquidos iónicos. 	<p>El método recomendado para la extracción de polifenoles es utilizando solventes orgánicos.</p>
<p>Optimización de la extracción asistida por ultrasonido del contenido</p>	<p>Se optimizó el proceso de extracción de polifenoles de la planta Zea Mays utilizando el</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Polifenoles extraídos 11 mg/g.

Nombre del artículo y autor	Como se llevó a cabo el proceso	Resultados obtenidos
de polifenoles de pelos (residuos) de Zea mays. (Aourabi et al., 2020)	siguiente proceso: <ul style="list-style-type: none"> • Recolección de la muestra • Secado a temperatura ambiente • Solvente: etanol/agua 70:30 • Baño ultrasónico: frecuencia de 45 kHz y potencia de 50 W • Tiempo: 40 minutos • Filtración y conservación a presión reducida. 	
Obtención de polifenoles de hojas de genipa americana (jagua) y evaluación de su actividad antibacteriana en cultivos microbiológicos. (Mango Mamani & Durand Aldava J, 2018)	Procedimiento experimental para la extracción de polifenoles de hojas de Jagua: <p>Preparación de la muestra</p> <ul style="list-style-type: none"> • Limpieza, secado (sombra a temperatura ambiente), selección (pesado de 500 g), molienda (con molino manual) <p>Obtención del extracto</p> <ul style="list-style-type: none"> • Maceración de hojas fragmentadas, 500g/2500ml de alcohol etílico de 96°, reposo 12 días con agitación periódica, filtro de solución macerada, concentración en una estufa de aire circulante a 40°C hasta obtener un extracto seco, conservación en frascos limpios color ámbar con tapa hermética • Ensayos fitoquímicos 	Con el procedimiento propuesto resulta 34.3 g de extracto seco por maceración que equivale al 6.86% del rendimiento El análisis cromatográfico al realizar lectura en una lampara UV a 254 nm se observan manchas oscuras y a 365 nm manchas fluorescentes los que indica que existe la presencia de compuestos fenólicos.
Optimización del proceso de extracción hidroalcohólica a partir de la guayusa (ilex guayusa loes) en función del contenido de polifenoles totales y actividad antioxidante. (Granja Guerrero, 2022)	Proceso para extraer polifenoles de hojas de guayusa: <ul style="list-style-type: none"> • Recepción y selección de hojas • Lavado, desinfectado y secado. • Deshidratado (horno de estufa a 40°C) • Molido y tamizado (molino manual) • Mezcla • Harina de la hoja 	A mayor concentración de etanol, tiempo y temperatura de extracción mayor es la concentración de polifenoles totales.

Nombre del artículo y autor	Como se llevó a cabo el proceso	Resultados obtenidos
	<ul style="list-style-type: none"> • Etanol: % 60,75,90 • Temperatura: °C 30,45,60 • Tiempo: H 6,15,24 • Ensayo de Folin y Frap para obtener extracto optimizado • Polifenoles totales y actividad antioxidante 	
<p>Extracción hidroalcohólica de los compuestos bioactivos del amaranto (<i>Amaranthus spp.</i>) en función del contenido de polifenoles y capacidad antioxidante.</p> <p>(Cevallos Carvajal & Rojas Molina, 2021)</p>	<p>Procedimiento para extracción de polifenoles de planta de amaranto:</p> <p>Recolección de M.P</p> <ul style="list-style-type: none"> • Planta de amaranto • Selección y limpieza • Secado en horno de estufa 40°C • Moler planta deshidratada con molino manual • Harina de amaranto • Etanol: % 60,75,90 • Temperatura: °C 30,45,60 • Tiempo: H 6, 15,24 <p>Obtención de extractos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bomba al vacío para obtener la muestra del extracto y separar residuos solidos • Extracto optimizado 	<ul style="list-style-type: none"> • Pronóstico de cantidad de polifenoles 30,1209 mg/g • Cantidad de polifenoles reales Polifenoles 32,1006 mg/g <p>La cantidad de polifenoles extraídos con el proceso experimental fue superior a la pronosticada por el programa.</p>
<p>Técnicas y modelado de extracción de polifenoles: una revisión.</p> <p>(Sridhar et al., 2021)</p>	<p>Se propuso un proceso de extracción de polifenoles de plantas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Selección del material vegetal • Elección del disolvente: agua, alcohol (etanol) • Relación solido-liquido: proporción 1:1 entre el material y el disolvente • Tiempo: 120 minutos • Agitación ocasional: para facilitar la transferencia de los compuestos • Filtrado y recolección: con un papel filtro o un tamiz fino 	<ul style="list-style-type: none"> • Técnica efectiva para obtener polifenoles de manera suave y conservando sus propiedades beneficiosas • La concentración y composición de polifenoles obtenidos varía según la planta utilizada.
<p>Polifenoles: métodos de</p>	<p>Proceso de extracción de</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de extracción

Nombre del artículo y autor	Como se llevó a cabo el proceso	Resultados obtenidos
<p>extracción, acción antioxidante, biodisponibilidad y efectos anticancerígenos</p> <p>(Brglez Mojzer et al., 2016)</p>	<p>polifenoles asistido por ultrasonido:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Preparación de la muestra: molienda o trituración • Preparación del disolvente: Etanol, Metanol, Acetona • Mezcla de muestra y disolvente: calcular la proporción optima • Aplicación de ultrasonidos: baño ultrasónico, ondas de alta frecuencia que generan vibraciones • Proceso de extracción: rompimiento de paredes celulares y facilitar la liberación de compuestos fenólicos • Separación y recuperación de los polifenoles: separación de la solución y la muestra solida con técnicas de filtración o centrifugado 	<p>reducido, este proceso acelera la transferencia de masa entre muestra y disolvente</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mayor concentración de polifenoles en los extractos.
<p>Polifenoles: métodos de extracción.</p> <p>(Rajbhar 2014)</p>	<p>Proceso de extracción de polifenoles de plantas asistido por microondas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Preparación de la muestra: molienda o trituración • Preparación del disolvente: Etanol, Metanol, Acetona • Mezcla de muestra y disolvente: calcular la proporción optima • Aplicación de radiación de microondas: calor en el recipiente • Control de temperatura y tiempo: calcular condiciones optimas • Enfriamiento y filtración: a temperatura ambiente y con un papel filtro • Concentración del extracto: mediante evaporación del solvente o liofilización para 	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor rendimiento en el proceso de extracción • Las microondas pueden acelerar la liberación de los compuestos fenólicos de la muestra vegetal • Reducción del tiempo de extracción.

Nombre del artículo y autor	Como se llevó a cabo el proceso	Resultados obtenidos
	<p>obtener una mayor cantidad de polifenoles</p>	
<p>Extracción de polifenoles de ocho cultivares de Perilla frutescens (Meng 2009)</p>	<p>Extracción de polifenoles de hoja de perilla.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Recolección de material vegetal: Temporada de cosecha • Secado: Con aire a 60°C • Extracción: 1 g de hojas secas a temperatura ambiente durante 4 horas en 100 ml de agua desionizada con agitación constante y suave • Los extractos se filtraron con papel y se almacenaron a 4°C para evitar la degradación de los compuestos 	<ul style="list-style-type: none"> • Se identificaron 3 ácidos fenólicos en las ocho muestras utilizadas.
<p>Optimización de la extracción de polifenoles de la pulpa de grosella espinosa de Ceilán (Dovyalis hebecarpa) (Bochi 2014)</p>	<p>Proceso para extracción de polifenoles de pulpa de grosella:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Preparación de la muestra: Bayas de grosella previamente deshidratadas por congelación • Selección de disolvente: se analizaron diferentes solventes etanol, agua y acetona en combinación con ácido fórmico • Extracción: se utilizó un diseño de superficie de respuesta para optimizar las variables de extracción (porción de solvente, tiempo de extracción y concentración de ácido fórmico) • Filtración de extracto • Análisis y cuantificación 	<ul style="list-style-type: none"> • Polifenoles: 3.2% y 4.3% de total de la mezcla obtenida • Condiciones óptimas del solvente 80% agua con un 20% de acetona
<p>Efecto del disolvente de extracción y la temperatura sobre los perfiles de polifenoles, efectos antioxidantes y antiinflamatorios del subproducto de la piel de la uva roja.</p>	<p>Proceso de extracción de polifenoles de piel de uva roja:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Preparación del material vegetal: Lavado y secado de piel de uva roja • Preparación del disolvente: Etanol / Agua 70% / 30% • Mezcla: 2 g de material vegetal 	<p>Identificación de 65 compuestos de los cuales 14 pertenecen a las clases químicas de ácidos orgánicos y fenólicos.</p>

Nombre del artículo y autor	Como se llevó a cabo el proceso	Resultados obtenidos
(Baron 2021)	<p>previamente molido en 40 ml de disolvente</p> <ul style="list-style-type: none"> • Agitación magnética: durante 24 h a temperatura ambiente • Centrifugado: 5000 rpm durante 10 min y filtración • Secado: durante una noche al vacío • Resguardo para su posterior análisis 	
<p>Optimización de la extracción asistida por ultrasonidos de polifenol de semillas de nuez de areca (Areca catechu L.) utilizando la metodología de superficie de respuesta y sus efectos sobre la actividad osteogénica</p> <p>(Sun 2023)</p>	<p>Se extrajeron polifenoles de semillas de nuez con método asistido por ultrasonido. Se determinaron las condiciones óptimas de extracción utilizando metodología de superficie de respuesta:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Potencia ultrasónica: 87W • Concentración de etanol: 65% • Temperatura de extracción: 62°C • Tiempo de extracción: 153 min • Muestra vegetal: Moler y tamizar semillas de nuez para obtener un polvo fino • Mezcla: 0.2 g de polvo con 50ml de solución acuosa de etanol en un tubo de centrifugado de 50ml • Extracción: se utilizó un limpiador ultrasónico de 40kHz utilizando las condiciones óptimas mencionadas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Polifenoles de semillas de nuez de Areca: 139.62 mg/g.
<p>Influencia de los disolventes de extracción sobre el contenido de polifenoles, las composiciones y las capacidades antioxidantes de las semillas de higo (Ficus carica L.)</p>	<p>Proceso de extracción de polifenoles de semillas de higo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Preparación de la muestra: lavado, secado y molienda • Solventes utilizados: Acetona 100% • Metanol 100% • Etanol 100% • Acetona acuosa 50% 	<p>Contenido total de polifenoles</p> <ul style="list-style-type: none"> • Acetona 100% (192 mg) • Etanol 100% (195 mg) • Metanol 100% (447 mg) • Acetona acuosa 50% (650 mg aprox.) • Etanol acuoso 50% (700 mg aprox.)

Nombre del artículo y autor	Como se llevó a cabo el proceso	Resultados obtenidos
(Nakilcioğlu-Taş & Ötleş, 2021)	<ul style="list-style-type: none"> • Metanol acuoso 50% • Etanol acuoso 50% • Relación solido- liquido (1:5) p/v: 3 g de muestra se vertieron en 15 ml de solvente • Agitación constante a 50°C durante 90 min • Filtración • Análisis inmediato de la muestra para determinar el contenido de polifenoles totales 	<ul style="list-style-type: none"> • Metanol acuoso 50% (714 mg) <p>El solvente más apropiado para la extracción de polifenoles de las semillas de higo es el metanol acuoso al 50%.</p>

3.2 Análisis de fuentes bibliográficas

En este apartado, se comparan los datos más importantes de los artículos estudiados que se relacionan con la extracción de polifenoles y la síntesis de nanopartículas metálicas utilizando un proceso verde. El objetivo es analizar los factores en los cuales coinciden los autores para tener un panorama general de la obtención de estos elementos.

3.2.1 Materiales biológicos para extracción de polifenoles

Las hojas y los tallos de las plantas son las más utilizadas por los autores para la extracción de polifenoles tal y como se muestra en la Figura 1, esto debido a la abundancia y disponibilidad de estos materiales en comparación con otras fuentes. Además, los materiales derivados de plantas cuentan con una gran diversidad química, ya que contienen una amplia gama de compuestos como polifenoles, flavonoides, alcaloides, entre otros.

Un enfoque primordial en este campo es la sostenibilidad y la producción verde, en este sentido, las plantas ofrecen una alternativa más segura y respetuosa con el medio ambiente, ya que proporcionan compuestos naturales y reducen la necesidad de utilizar materiales químicos peligrosos, además de que disminuyen el consumo de energía.

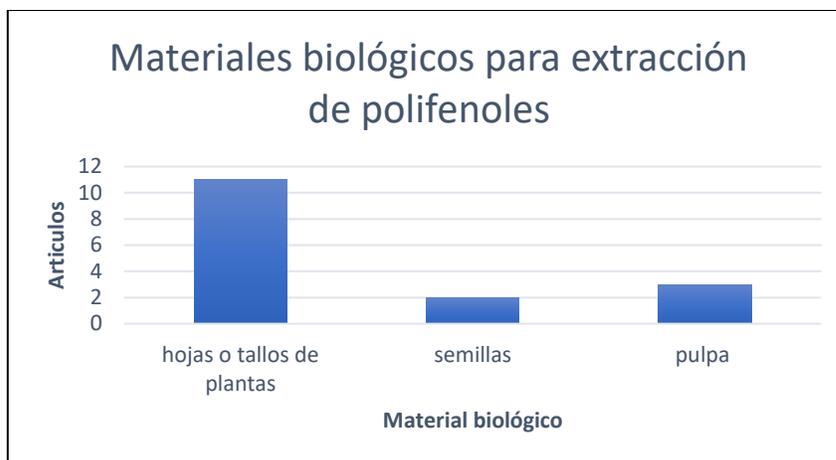


Figura 1. Materiales utilizados en proceso verde (elaboración propia)

3.2.2 Solventes usados para extracción de polifenoles

Los solventes más utilizados en la extracción de polifenoles por parte de los autores analizados son los que se muestran en la Figura 2, el solvente preferido es etanol/agua, y es primordial saber que la elección del solvente se basa en su capacidad para extraer eficientemente los polifenoles y promover la síntesis de nanopartículas metálicas. La mayoría de los autores eligieron etanol como solvente dado que es ampliamente disponible, seguro y económico. Además, muchos polifenoles son solubles en este líquido, lo que facilita su extracción. También puede proporcionar un ambiente favorable para la síntesis de nanopartículas metálicas debido a su capacidad para estabilizar y reducir los precursores metálicos.

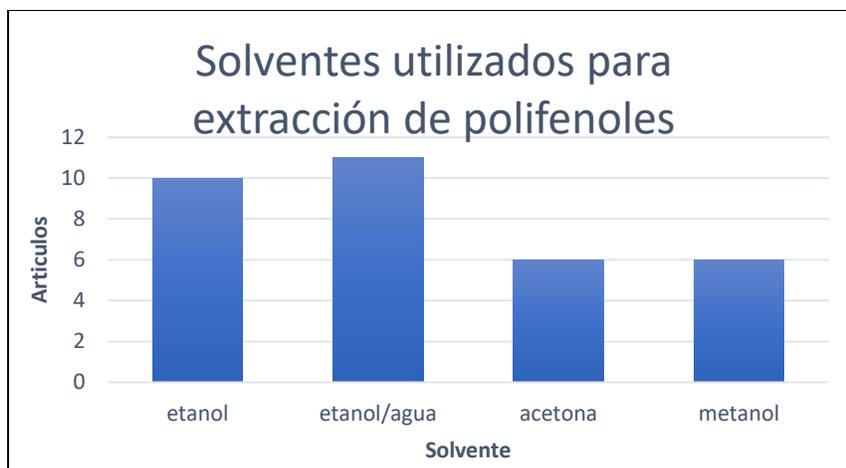


Figura 2. Solventes utilizados en el proceso de extracción de polifenoles (elaboración propia)

3.2.3 Calcinación de nanopartículas de zinc

Las temperaturas empleadas para la calcinación de nanopartículas de Zinc varían desde 90 °C durante 48 horas hasta 600 °C durante 3 horas tal y como se muestra en la Figura 3 (a) y (b), estos valores indican un alto consumo de energía aunado a un largo lapso de exposición para lograr la calcinación, por lo que se debe realizar una propuesta para optimizar dichos parámetros que son críticos para el proceso verde de nanopartículas de Zinc.

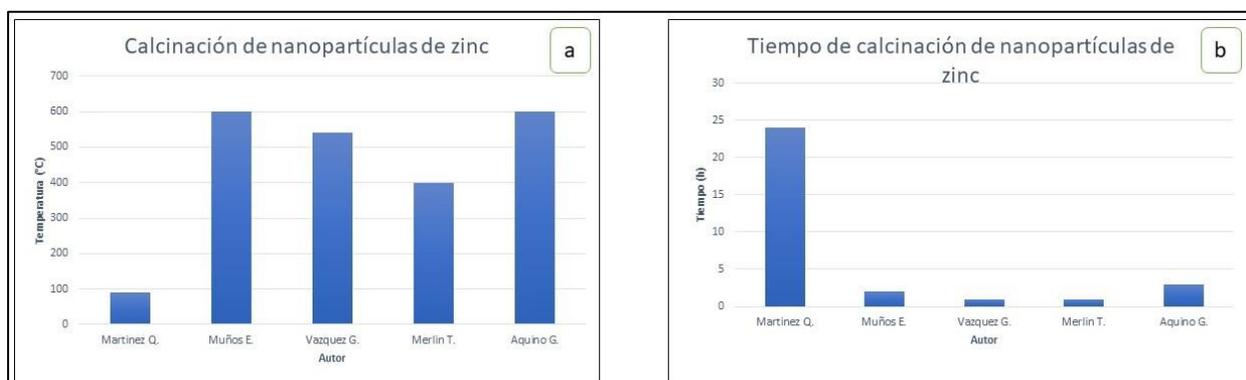


Figura 3. Temperatura y tiempo de calcificación de nanopartículas de Zinc (elaboración propia)

Capitulo IV

Metodología y

Desarrollo



4.1 Metodología propuesta

Como se observa en la Figura 4 se da una propuesta de optimización del proceso verde la cual tiene la finalidad de hacer más rápida la obtención de nanopartículas metálicas. Una vez obtenidas se conocen sus propiedades y se propone aplicarlas en un material base plástico donde funcionarían como catalizadores que contribuyan a que por medio de exposición al sol el material plástico tenga menor permanencia en el entorno y se contribuya a su gestión final. Esta propuesta se fundamenta a partir de la búsqueda bibliográfica de información (en inglés) que nos proporcionó un panorama general sobre los avances y tendencias más actuales de este proceso verde y sus aplicaciones enfocándonos en disminuir residuos plásticos.



Figura 4. Metodología propuesta para la optimización del proceso verde para la obtención de nanopartículas metálicas (elaboración propia)

4.2 Materiales, reactivos e instrumentos

En la Tabla 2 se presenta un listado de los materiales que se utilizaron de forma experimental a nivel laboratorio para la extracción de polifenoles y en el proceso verde de acuerdo con la propuesta realizada.

Tabla 2. Materiales, reactivos e instrumentos para experimentación (elaboración propia)

Para extracción de polifenoles	Para proceso verde	Para películas de poliestireno expandido reciclado
<ul style="list-style-type: none"> • Hojas de mejorana secas • Té verde (McCormick[®]) • Mortero • Etanol • Agua • Crisol • Probeta • Espátula • Papel filtro • Vaso de precipitado • Agitador magnético • Balanza analítica • Bandeja de pesado • Bata • Embudo 	<ul style="list-style-type: none"> • Nitrato de Zinc • Cloruro de hierro • Infusión • Agitador magnético • Crisol • Balanza analítica • Bandejas de pesado • Espátula • Pinzas para crisol • Bolsas con cierre 	<ul style="list-style-type: none"> • Poliestireno expandido reciclado • Tolueno • Balanza analítica • Vaso de precipitado • Tubo de ensayo • Cajas Petri • Probeta • Sonicador

A continuación, se presentan los reactivos e instrumentos disponibles en las instalaciones para realizar proceso verde y extraer los polifenoles de las plantas, ver Figura 5, cabe mencionar que para poder realizar las pruebas experimentales se requiere de un ambiente controlado por lo cual todas las pruebas se realizarán en un laboratorio y con el equipo de seguridad requerido.

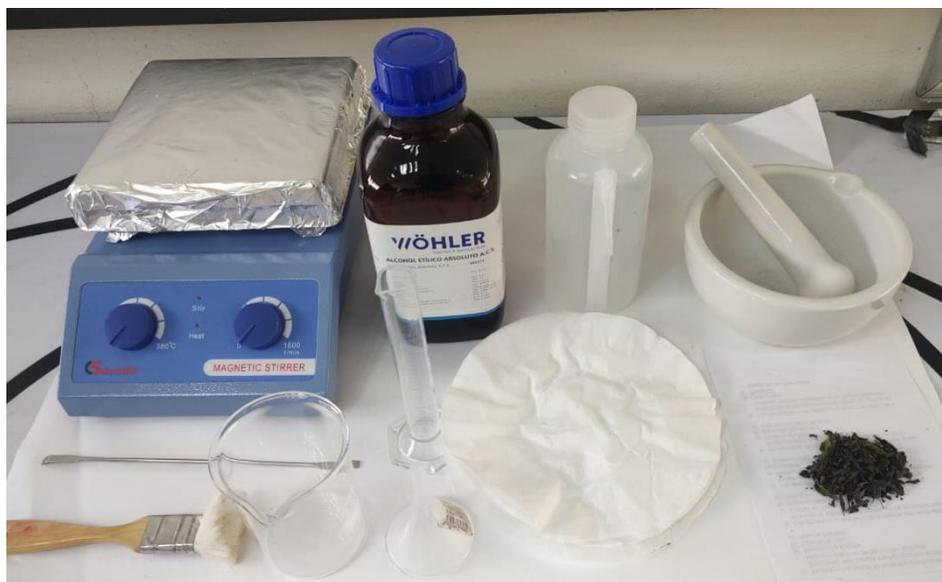


Figura 5. Materiales requeridos para la experimentación (elaboración propia)

Capitulo V

Resultados y discusión



5.1 Pruebas previas realizadas

Para el proceso verde realizaron una serie de pruebas experimentales previas, las cuales no fueron del todo favorables, sin embargo, fueron base para determinar la optimización del proceso.

Se establecieron los parámetros para la extracción de polifenoles que es la base para optimizar tiempo en el proceso de obtención nanopartículas metálicas.

En la Tabla 3 se presentan siete pruebas, los parámetros que se modificaron fueron temperatura, tiempo y diferente infusión, para poder obtener las nanopartículas con menor tiempo y energía utilizada. La prueba 6 en la que se utilizó té verde y mejorana, usando como solvente etanol fue la con la que se obtuvieron mejores resultados pues con una temperatura de 360 °C y 32 minutos de calcinación se lograron obtener 1.269 g de nanopartículas de Zinc.

Tabla 3. Pruebas experimentales previas (elaboración propia)

Bese vegetal	Solvente	Sales metálicas	Evaporación de solvente	Resultado
Mejorana	Etanol/agua Relación 1:1	Hierro Zinc	380 °C 45 min	No se logro la formacion de nanoparticulas
Mejorana	Etanol/agua Relación 1:1	zinc	380 °C 1 h 30 min	0.340 g Nanoparticulas de Zinc
mejorana	agua	Hierro	380 °C 1 h	0.567 g Nanoparticulas de Hierro
mejorana	Etanol/agua Relación 1:1	Hierro	380 °C 1 h	0.504 g Nanoparticulas de Hierro
Mejorana	Etanol/agua Relación 1:1	zinc	450°C 45 min	1.006 g Nanoparticulas de Zinc
Mejorana + té verde	Etanol/agua Relación 1:1	zinc	360 °C 32 min	1.269 g Nanoparticulas de Zinc
Mejorana + té verde	Etanol	zinc	360 °C 32 min	1.066 g Nanoparticulas de Zinc

5.2 Optimización de proceso verde

La optimización propuesta para proceso verde se aplica mediante la extracción de compuestos fenólicos presentes en las plantas de mejorana y té verde.

La planta mejorana utilizada es proveniente de la venta de plantas medicinales, mientras que el té verde es comercial (McCormick[®]). Estas plantas tienen resultados en cuanto a la cantidad de polifenoles que son importantes en el proceso verde Figura 6 (a). Para iniciar con el proceso de extracción de polifenoles se pesaron 1.4 g de cada planta tal y como se muestra en la Figura 6 (b) para pulverizarlas con ayuda de un mortero Figura 6 (c) y (d) y poder ser mezcladas con 50 ml de solvente (25 ml etanol/25 ml agua) ver Figura 6 (e), posteriormente la mezcla resultante fue llevada a un agitador magnético a 300 °C durante 15 minutos Figura 6 (f), una vez transcurrido el tiempo se filtró el extracto para utilizarlo posteriormente en el proceso verde ver Figura 6 (g).

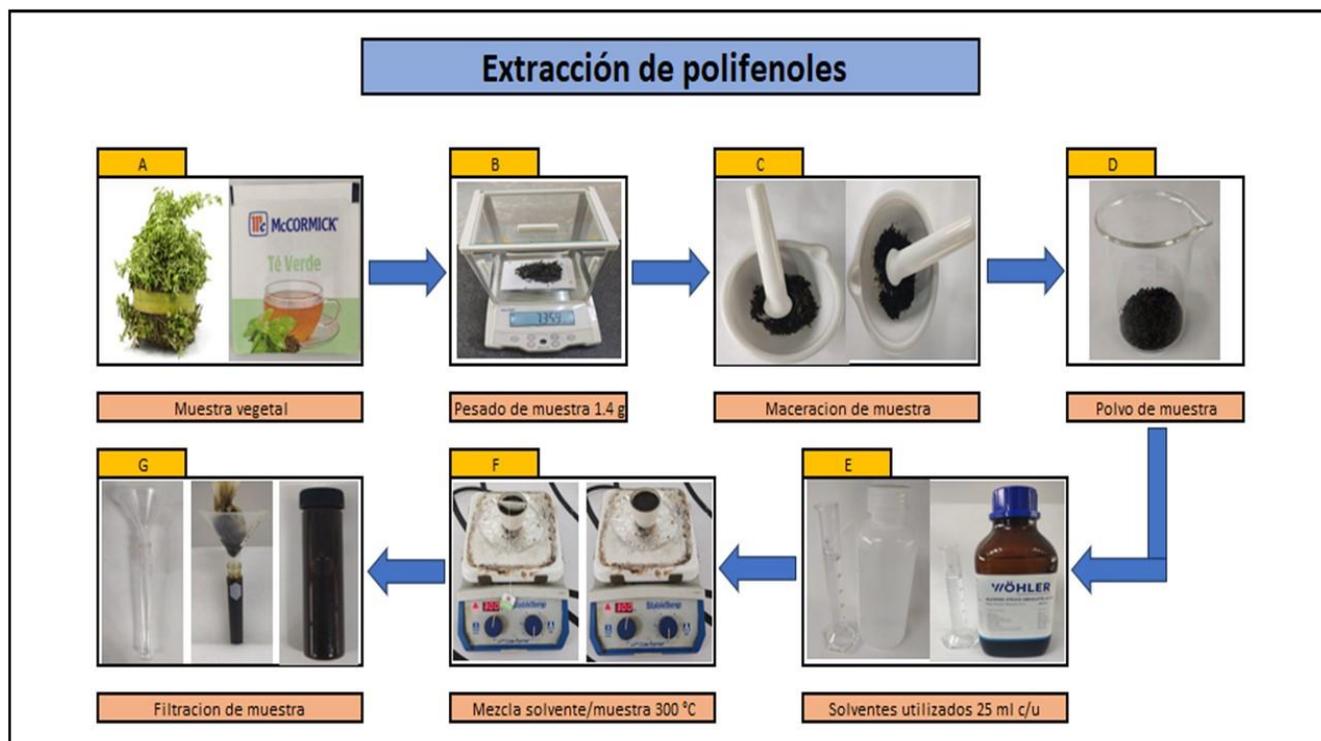


Figura 6. Extracción de polifenoles, Muestra vegetal (A), Pesado de la muestra (B), Maceración de la muestra (C), Mezcla de muestras vegetales (D), Solventes utilizados (E), Mezcla de solventes con muestra vegetal (F), Filtración de extractos fenólicos (G), (elaboración propia).

5.2.1 Proceso verde de nanopartículas de Zinc-Hierro

El proceso inicia con la solución de polifenoles Figura 7 (h), después se pesan 2.5 g de nitrato de zinc y 2.5 g de cloruro tetrahidratado de hierro para posteriormente ser añadidos a la solución de polifenoles Figura 7(k). Siguiendo con el proceso se evapora el solvente y inicia la calcinación de las nanopartículas Figura 7(l) llevando el crisol a un agitador magnético a 360 °C durante 32 minutos, las nanopartículas obtenidas fueron almacenadas en bolsas con cierre y identificadas para su posterior análisis Figura 7(m).

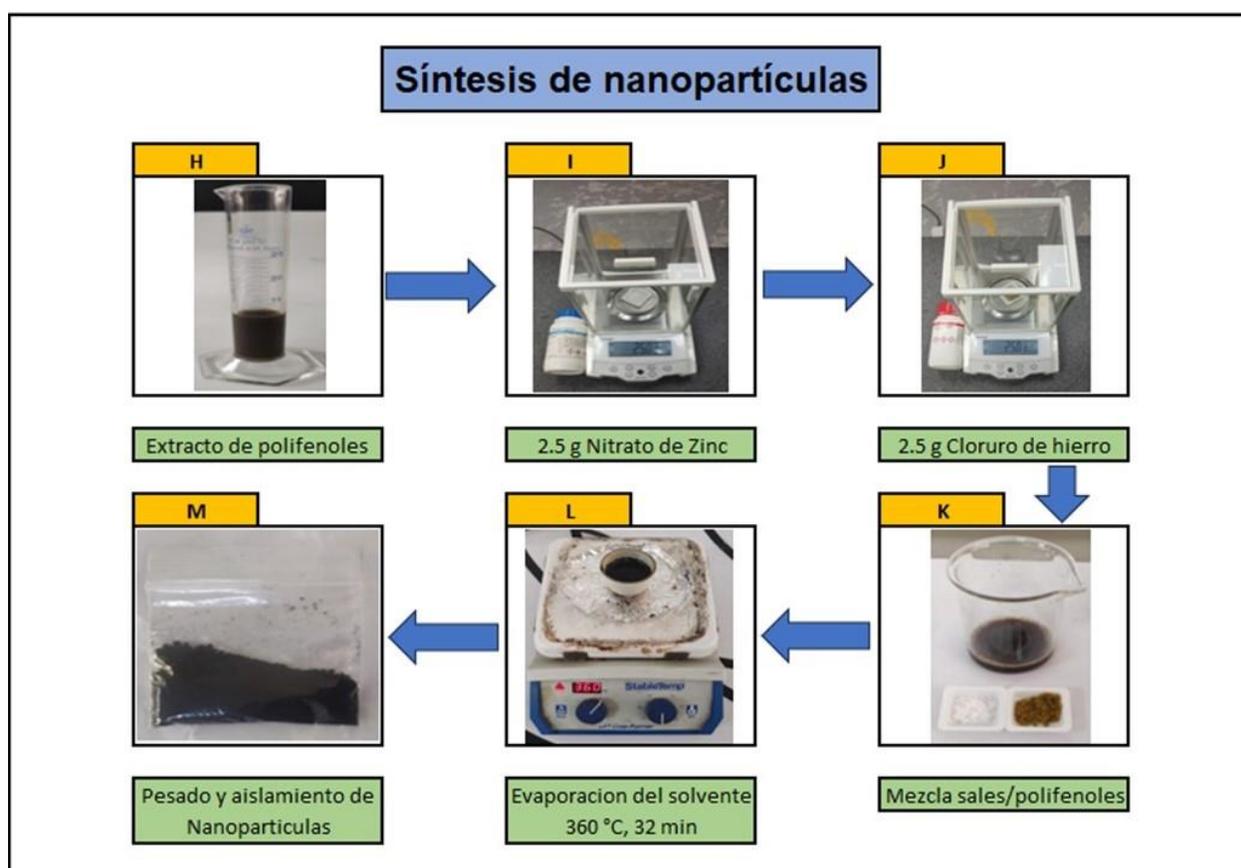


Figura 7. Síntesis de nanopartículas, Polifenoles (H), Zinc (I), Hierro (J), Mezcla de sales con polifenoles (K), Evaporación de solvente (L), Pesado y aislamiento de nanopartículas (M), (elaboración propia).

La Tabla 4 presenta la comparativa de los parámetros optimizados en el proceso verde, el parámetro tiempo de calcinación fue optimizado un 53.3% reduciéndolo de una hora a 32 minutos, por otro lado, también se mejoró en un 10% la temperatura utilizada en la calcinación reduciendo 400°C a 360°C, este análisis fue realizado con base en la propuesta y lo reportado por (Merlín T, 2020) el cual tiene los valores más bajos en dichos parámetros.

Tabla 4. Temperaturas y tiempos empleados para la calcinación de nanopartículas de Zinc (elaboración propia)

Autor	Temperatura	Tiempo de calcinación
(Martínez, 2023)	90 °C	48 horas
(Muñoz-Echeverría, 2021)	600 °C	2 horas
(Merlín T, 2020)	400 °C	1 hora
(Aquino G, 2016)	600 °C	3 horas
Este trabajo	360°C	32 minutos

5.3 Aplicación de nanopartículas

Las nanopartículas metálicas obtenidas fueron aplicadas en pruebas para gestión de residuos en una película de poliestireno expandido reciclado, dichas nanopartículas fueron adicionadas a este material con el fin de que mediante el efecto fotoeléctrico al recibir luz solar y ultravioleta los electrones dentro de las nanopartículas tengan la capacidad de liberarse de la muestra lo cual contribuirá a acelerar el proceso de pérdida de peso.

5.3.1 Películas de poliestireno expandido reciclado

Se utilizaron como soporte para la obtención de las películas cajas Petri limpias y fueron identificadas Figura 8 (a, b), se mezclaron 5 g de poliestireno reciclado con 20 ml de tolueno dentro de las cajas Petri hasta que se disolviera completamente el poliestireno tal y como se muestra en las Figuras 8 (c, d, e, f).

NOTA: En este paso concluye el proceso para las películas que no contienen nanopartículas, después de los pasos mencionados únicamente se seca la muestra Figura 8 (J).

Se pesaron 0.020 g de nanopartículas como se muestra en la Figura 8 (g) y se agregaron a las cajas Petri correspondientes Figura 8 (h), para llevarlas a sonicación a 20 °C durante 25 minutos Figura 8 (i), las películas se secan de 15 a 20 días a temperatura ambiente, posteriormente a ello estas pueden ser utilizadas para exposición y poder evaluar su pérdida de peso, Figura 8 (J).

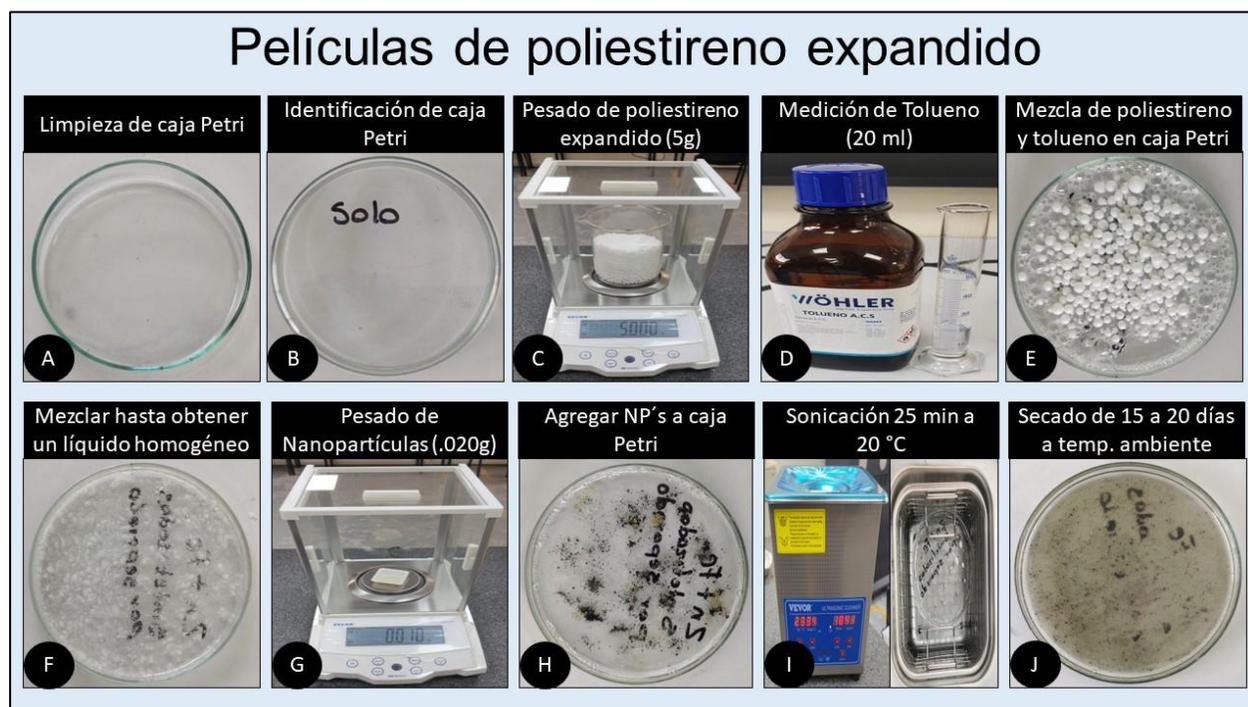


Figura 8. Creación de películas de poliestireno expandido: limpieza de caja Petri (A), identificación de caja Petri (B), pesado de poliestireno (C), medición de Tolueno (D), mezcla de poliestireno y tolueno (E), mezcla homogénea (F), pesado de nanopartículas (G), mezcla de nanopartículas con película (H), sonicación de película (I), secado de película (J) (elaboración propia).

5.3.2 Fotodegradación de poliestireno expandido

Se expusieron 2 bloques de películas de poliestireno expandido, cada bloque abarcaba 5 muestras con 2 repeticiones, todas se crearon a partir de la mezcla de 5 g de poliestireno expandido reciclado y 20 ml de tolueno. La cantidad de nanopartículas adicionada a cada película se puede observar en la tabla 5, el bloque 1 fue expuesto a luz solar durante 40 días y el bloque 2 fue expuesto a una lampara de luz ultravioleta de durante 30 días.

Tabla 5. Películas de poliestireno expandido (elaboración propia)

	Metal	EPS (gr.)	NP's (gr.)	Tolueno (ml.)
A	Zn	5 gr.	0.020 gr.	20 ml.
B	Fe	5 gr.	0.020 gr.	20 ml.
C	N/A	5 gr.	N/A	20 ml.
D	Zn+Fe mezcla	5 gr.	0.020 gr.	20 ml.
E	Zn+Fe natural	5 gr.	0.010 gr. de c/u	20 ml.

Bloque 1: Expuesto a luz solar

Se presentan las muestras de poliestireno expandido que fueron expuestas a luz solar, dicha exposición se realizó durante 40 días y se capturo por fotografía la apariencia física de cada una a partir del día 0 y posteriormente cada 10 días, tal y como se muestra en la Figura 9, a simple vista las que contienen nanopartículas de Zn + Fe son en las que la apariencia de la superficie se ve más deteriorada.

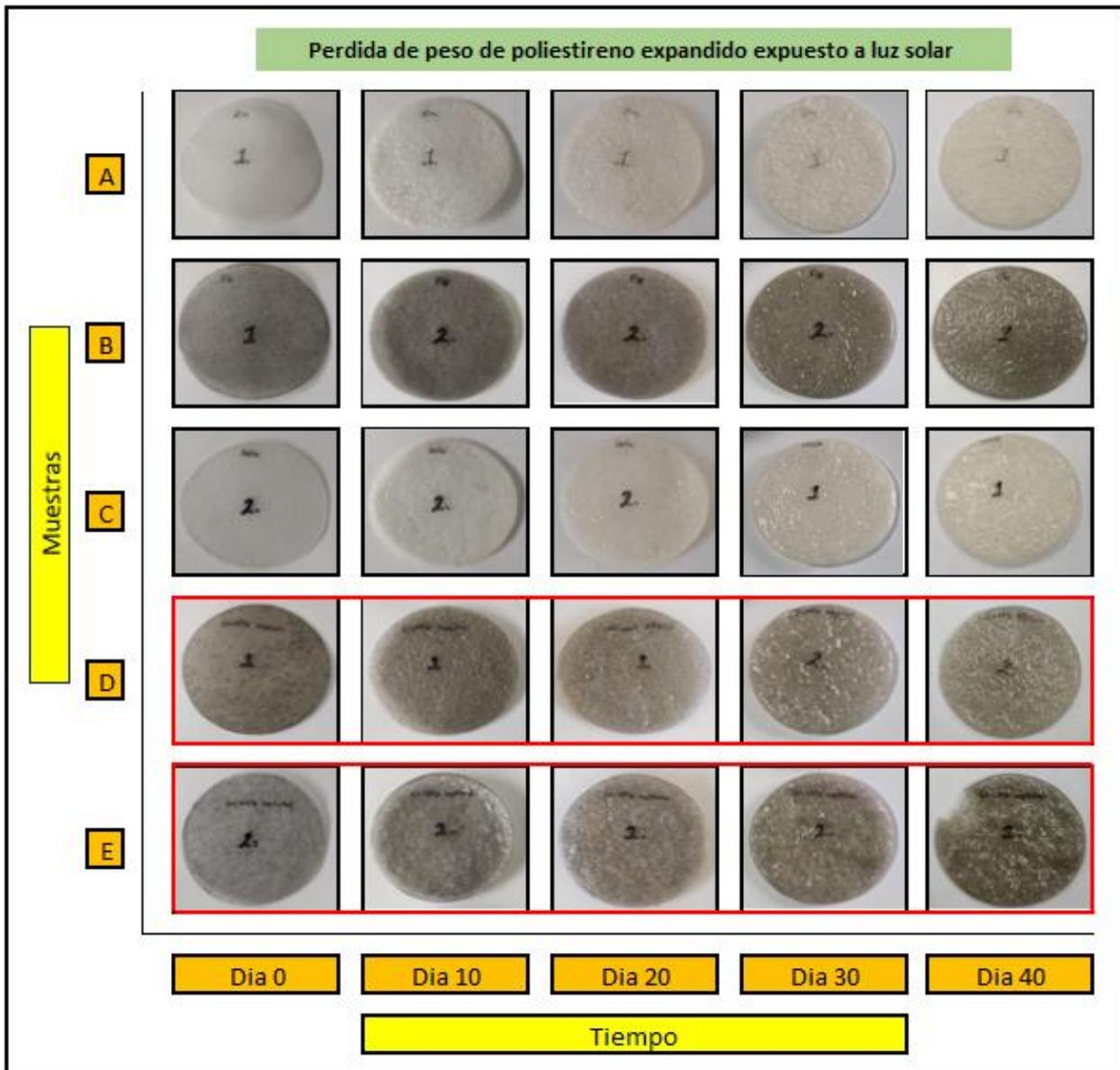


Figura 9. Pérdida de peso de poliestireno expandido expuesto a luz solar (elaboración propia)

Bloque 2: Expuesto a lampara de luz ultravioleta

A continuación, se presenta el registro de la apariencia física de las muestras del bloque 2 de poliestireno expandido que fue expuesto a luz ultravioleta durante 30 días y del cual se tomó la evidencia a partir del día 0 y posteriormente cada 10 días, ver Figura 10, con base en las imágenes se determinó que no existe diferencia visual significativa en las muestras.

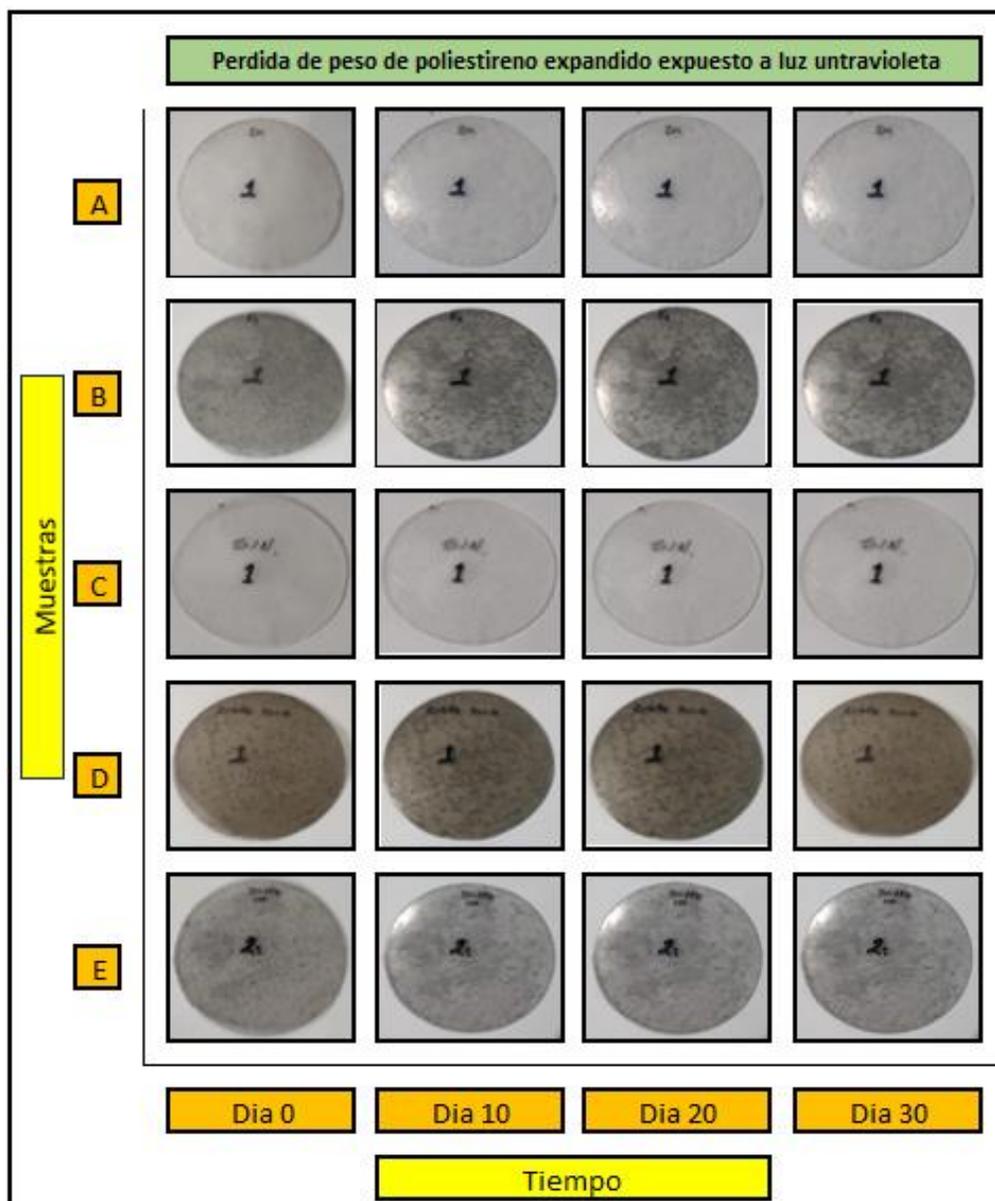


Figura 10. Pérdida de peso de poliestireno expandido expuesto a lampara de luz ultravioleta

(elaboración propia)

5.3.3 Pérdida de peso de poliestireno expandido

Los átomos contenidos en las nanopartículas buscan liberarse como si estuvieran siendo lanzados al aire debido a la radiación a la cual se exponen, (Spagnolo, 2019) lo que provoca la ruptura de la estructura interna de la muestra y, a su vez, una continua disminución del peso de esta, facilitando su integración al ambiente.

Bloque I: Expuesto a luz solar

En la Tabla 6 se presenta el registro de los pesos correspondientes al bloque 1 que fue expuesto durante 40 días a luz solar y del cual se obtuvo un registro cada 10 días para monitorear su peso.

Tabla 6. Registro de peso de las muestras bloque 1 para evaluar su pérdida de peso (elaboración propia).

Muestra	Día 0	Día 10	Día 20	Día 30	Día 40	Peso perdido g
Zn 1	2.734 g	2.627 g	2.594 g	2.583 g	2.558 g	0.176
Zn 2	3.053 g	2.947 g	2.913 g	2.909 g	2.881 g	0.172
Fe 1	3.417 g	3.292 g	3.247 g	3.233 g	3.189 g	0.228
Fe 2	3.147 g	3.023 g	2.940 g	2.926 g	2.901 g	0.246
Solo 1	3.654 g	3.529 g	3.469 g	3.424 g	3.410 g	0.244
Solo 2	3.633 g	3.487 g	3.444 g	3.434 g	3.388 g	0.245
Zn + Fe mezcla 1	3.772 g	3.593 g	3.517 g	3.495 g	3.458 g	0.314
Zn + Fe mezcla 2	3.434 g	3.295 g	3.250 g	3.225 g	3.197 g	0.237
Zn + Fe natural 1	3.964 g	3.786 g	3.652 g	3.627 g	3.509 g	0.455
Zn + Fe natural 2	4.189 g	3.988 g	3.912 g	3.879 g	3.844 g	0.345

Las películas que disminuyeron mayormente el peso son la que contienen Zn + Fe natural y Zn + Fe mezcla comparadas con las otras muestras, visualmente se observa cambio considerable en la superficie de estas.

Bloque II: Expuesto a luz ultravioleta

En la Tabla 7 se presenta el registro de los pesos correspondientes al bloque 2 expuesto durante 30 días a una lámpara de luz ultravioleta y del cual se realizó una captura cada 10 días para evaluar su pérdida de peso.

Tabla 7. Registro de peso de las muestras bloque 2 para evaluar su pérdida de peso (elaboración propia).

Muestra	Día 0	Día 10	Día 20	Día 30	Peso perdido g
Zn 1	2.855 g	2.797 g	2.781 g	2.769 g	0.086 g
Zn 2	3.496 g	3.423 g	3.408 g	3.397 g	0.099 g
Fe 1	3.603 g	3.544 g	3.532 g	3.519 g	0.084
Fe 2	3.382 g	3.320 g	3.302 g	3.292 g	0.09
Solo 1	3.825 g	3.759 g	3.754 g	3.736 g	0.089
Solo 2	3.630 g	3.554 g	3.542 g	3.532 g	0.098
Zn + Fe mezcla 1	3.702 g	3.626 g	3.610 g	3.599 g	0.103
Zn + Fe mezcla 2	3.194 g	3.148 g	3.134 g	3.127 g	0.067
Zn + Fe natural 1	3.668 g	3.594 g	3.582 g	3.569 g	0.099
Zn + Fe natural 2	3.844 g	3.769 g	3.757 g	3.746 g	0.098

Con base en los valores registrados se puede determinar que existen diferencias entre los pesos de las muestras expuestas. Sin embargo, no se aprecian cambios significativos a simple vista en las películas, se analizaron los datos y por medio de cálculos estadísticos (ANOVA y regresión lineal) se interpretan resultados.

5.3.4 Análisis de varianza (ANOVA)

Bloque 1 (Expuesto a luz solar)

El análisis ANOVA inicia planteando las hipótesis, la hipótesis nula (H_0) indica que todas las medias son iguales y la hipótesis alternativa (H_a) indica que no todas las medias son iguales. Figura 11, de igual forma se debe de considerar un nivel de significancia para poder interpretar la regla de decisión.

Método	
Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$
<i>Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.</i>	

Figura 11. Planteamiento de hipótesis para bloque 1 (elaboración propia)

Con el software Minitab se realiza un análisis de varianza que presenta el p-valué, que es nuestra referencia para la regla de decisión “si $P > 0.05$ entonces no se rechaza H_0 ”.

Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	9	7.422	0.82470	23.80	0.000
Error	40	1.386	0.03465		
Total	49	8.808			

Figura 12. Análisis de varianza para bloque 1 (elaboración propia)

Como ilustra la Figura 12, P-valué tiene un valor de 0.000 entonces dado que $0.000 < 0.05$ se afirma la H_a la cual dice que no todas las medias son iguales o para este ejercicio, al menos uno de los registros de los pesos es diferente.

La Figura 13 presenta una gráfica de diferencia de medias de Tukey en la cual, si un intervalo no contiene cero, las medias correspondientes son significativamente diferentes.

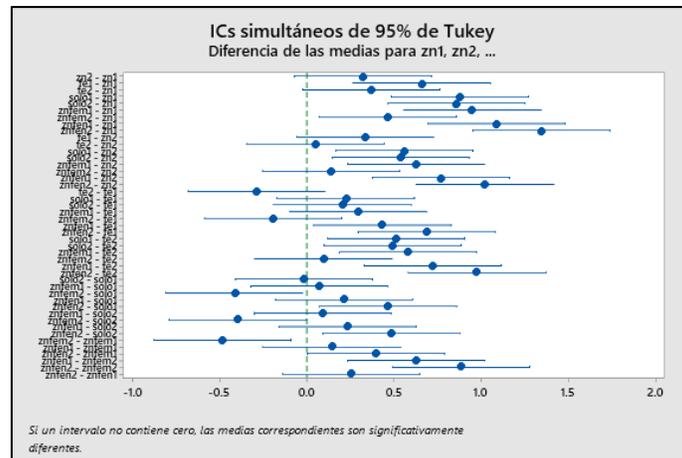


Figura 13. Diferencia de medias por método de Tukey (elaboración propia)

Bloque 2 (Expuesto a lámpara de luz ultravioleta)

Para realizar el análisis de varianza se consideran las instrucciones expresadas en el bloque 1, se cambian los valores de los pesos del bloque.

La Figura 14 presenta el planteamiento de hipótesis para las muestras expuestas del bloque 2.

Método	
Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$
<i>Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.</i>	

Figura 14. Planteamiento de hipótesis para bloque 2 (elaboración propia)

“sí $P > 0.05$ entonces no se rechaza H_0 ”

Como se puede observar en la Figura 15, P-valor tiene un valor de 0.000 entonces se afirma que dado que $0.000 < 0.05$ se acepta H_a la cual indica que no todas las medias son iguales.

Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	9	2.45821	0.273134	147.01	0.000
Error	20	0.03716	0.001858		
Total	29	2.49537			

Figura 15. Análisis de varianza para bloque 2 (elaboración propia)

La Figura 16 presenta la diferencia entre medias de los pesos registrados para el bloque 2, los intervalos que no contienen cero presentan una media estadísticamente diferente entre sí.

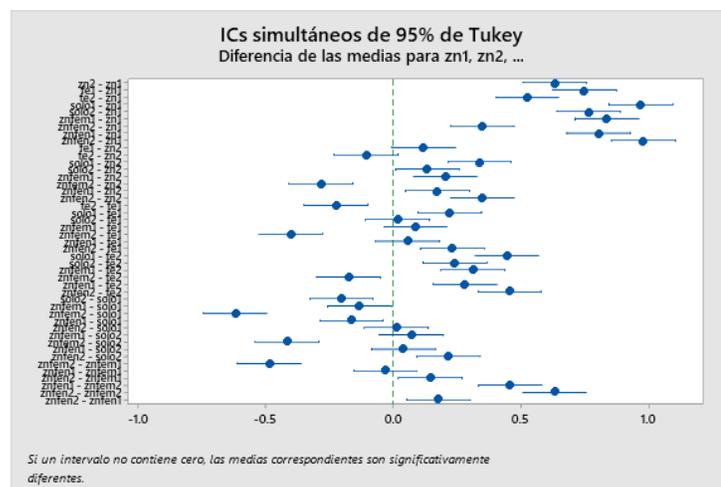


Figura 16. Diferencia de medias por método de Tukey (elaboración propia)

5.3.5 Análisis de regresión lineal

Bloque 1 (Expuesto a luz solar)

La Figura 17 expone las gráficas de regresión de las muestras expuestas a luz solar de las cuales se realizaron las siguientes deducciones:

- Para las Figuras 17 (a, b, c, e) dado que en las gráficas se observa un comportamiento no lineal de los datos, se determinó que no es posible realizar una estimación para conocer el tiempo de pérdida de peso total de las muestras, de acuerdo con el criterio general de (Hernández & Pascual Barrera, 2018) el coeficiente de correlación de 90 se considera excelente

y por debajo de ese valor se considera bueno, en este trabajo se tomaron únicamente valores de coeficiente de correlación considerados excelentes.

- En la Figura 17 (d) el valor de coeficiente de correlación obtenido fue $R = 0.9117$ lo cual corresponde a una correlación excelente, se evaluó la variable tiempo en la ecuación de regresión, se determinó que la pérdida de peso total será en 433 días (1.18 años).

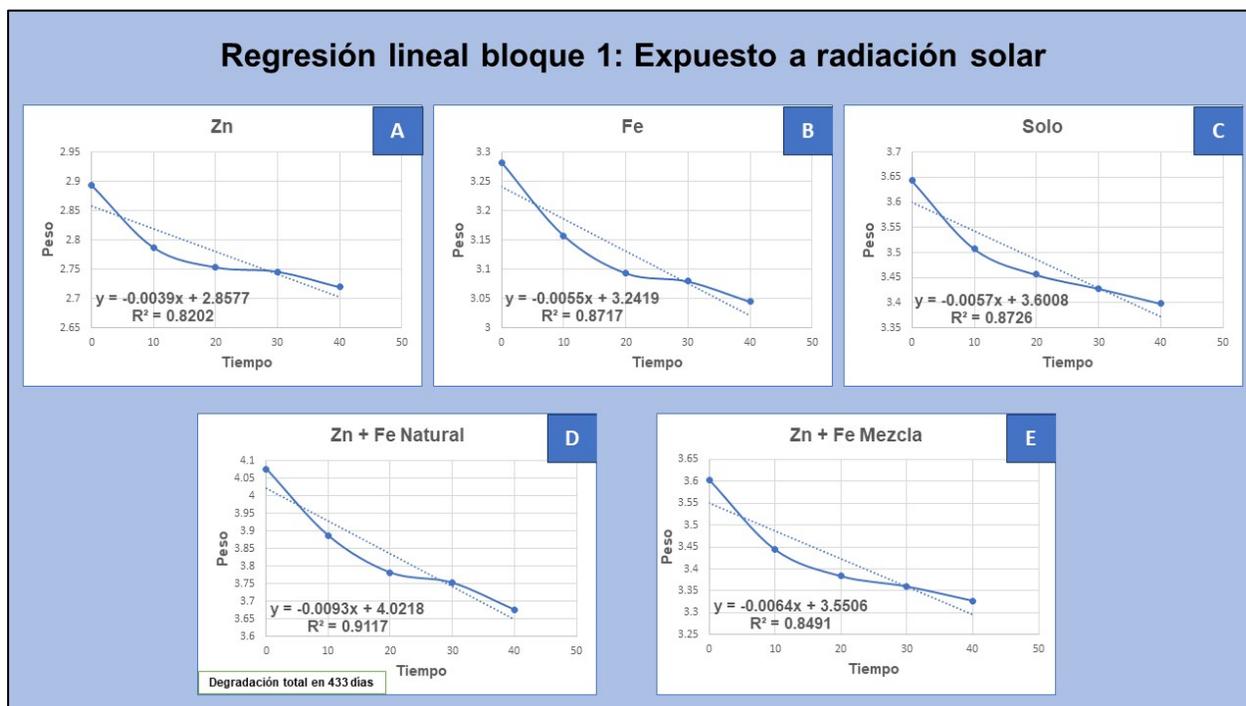


Figura 17. Regresión lineal bloque 1, Zn (A), Fe (B), Solo (C), Zn + Fe Natural (D), Zn + Fe Mezcla (E), (elaboración propia)

Se realizó la comparación de la muestra Zn + Fe natural la cual mostró un coeficiente de correlación excelente y la muestra a la que no se le adicionaron nanopartículas para conocer el tiempo de pérdida de peso total de cada muestra, se evaluó la variable tiempo en la ecuación de regresión de cada muestra respectivamente teniendo los siguientes resultados:

1.18 años para la pérdida total de peso de la muestra Zn + Fe natural y 1.73 años para la muestra sin adición de nanopartículas lo que representa una optimización del 31.73 % en el tiempo de pérdida de peso total de la muestra con adición de nanopartículas.

Bloque 2 (Expuesto a lampara de luz ultravioleta)

La Figura 18 expone las gráficas de regresión de las muestras expuestas una lampara de luz ultravioleta, las Figuras 18 (a), (b), (c), (d) y (e) presentan un valor de coeficiente de correlación menor a 0.90 estos valores no representan una correlación excelente y dado que en este trabajo únicamente se toman valores de coeficiente de correlación mayores a 90 (correlación excelente), no se pueden considerar para estimar un comportamiento de pérdida de peso de ninguna muestra.

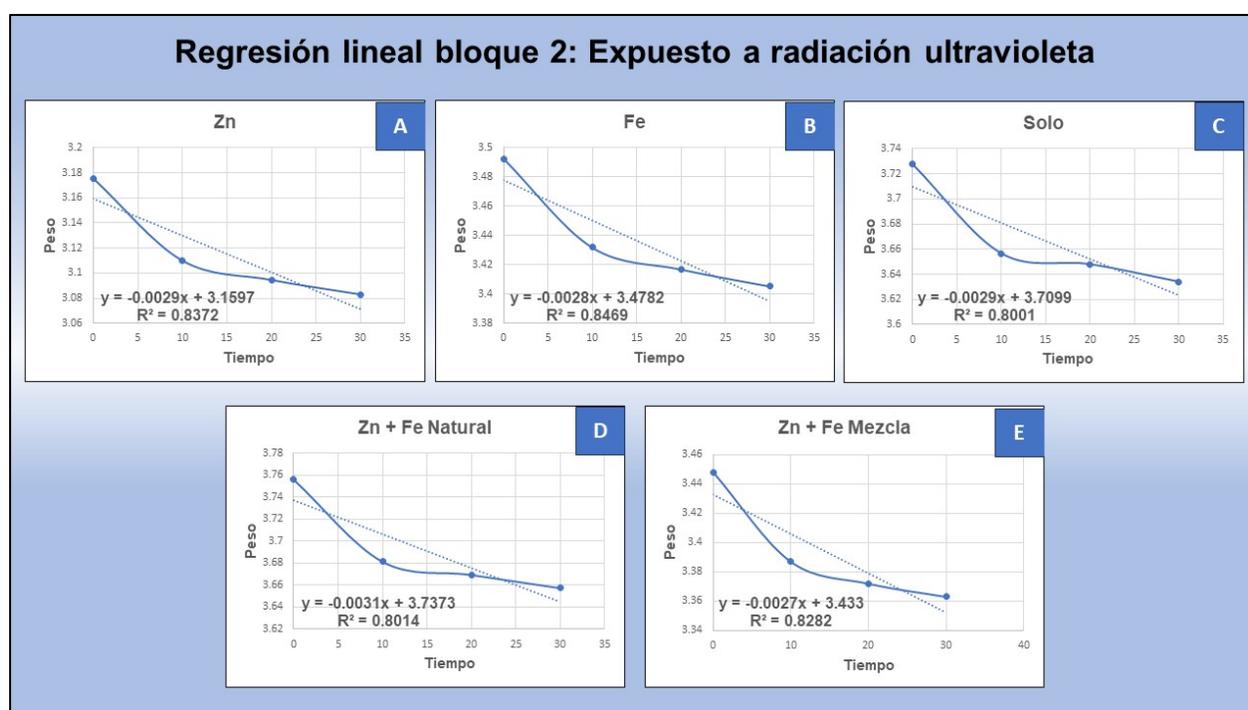


Figura 18. Regresión lineal bloque 2, Zn (A), Fe (B), Solo (C), Zn + Fe Natural (D), Zn + Fe Mezcla (E), (elaboración propia).

5.4 Conclusiones

De acuerdo con la búsqueda bibliográfica sobre los avances y tendencias en el campo de las nanopartículas y el proceso verde permitió conocer procesos mismos que nos ayudaron a generar una propuesta para la extracción de polifenoles.

La extracción de polifenoles de las plantas mejorana y té verde permitieron la obtención de nanopartículas de Fe y Zn, las cuales se utilizaron para optimizar el proceso verde de nanopartículas.

La aplicación de las nanopartículas en películas de poliestireno expandido reciclado expuestas en 2 bloques, donde el primero se expuso 40 días a luz solar mientras que el segundo 30 días a una lámpara de luz ultravioleta se identificó que la muestra que presentó mejores resultados en cuanto a la pérdida de peso fue la muestra correspondiente a Zn + Fe natural

Se optimizó en un 10% la temperatura de calcinación de nanopartículas reduciendo la temperatura usada de 400°C a 360 °C, también se redujo el tiempo de exposición a la temperatura de calcinación en un 53% es decir se disminuyó de una hora a 32 minutos.

La muestra expuesta a luz solar que contiene nanopartículas Zn + Fe natural tardara 1.18 años (433 días) para llegar a la pérdida total de su peso mientras que la muestra a la que no se le adicionaron nanopartículas tardara 1.73 años (632 días) lo que representa una optimización del tiempo de 31.73 % para la muestra a la cual se le adicionaron nanopartículas.

5.5 Recomendaciones

Para experimentación a nivel laboratorio es recomendable considerar los siguientes puntos:

- Limpieza de instrumentos de laboratorio
- Llevar la muestra vegetal completamente seca para facilitar la pulverización.
- No exponer crisoles a cambios bruscos de temperatura.
- Investigar previamente el funcionamiento y operación correcto de cada instrumento a utilizar.
- Contemplar condiciones climatológicas durante el tiempo de exposición de las muestras.
- Identificar adecuadamente los resultados obtenidos en cada prueba experimental, así como tomar evidencia fotográfica de los resultados.
- Ampliación de la investigación sobre la porosidad de las nanopartículas.
- Creación de películas de poliestireno expandido adicionando diferentes cantidades de nanopartículas.
- Control y estandarización de parámetros de proceso verde, calcinación y creación de películas de poliestireno expandido.
- Experimentar con método de microondas o ultrasonido para la extracción de polifenoles y comparar los resultados con los expuestos en este trabajo.

5.6 Competencias aplicadas

Asignatura	Competencia	Aplicada en:
Fundamentos de investigación	Aplica herramientas metodológicas de investigación en la elaboración de escritos académicos, producto del desarrollo de la investigación documental en temáticas de su área, que lo habilitan para ser autónomo en la adquisición y construcción de conocimientos que fortalecen su desarrollo profesional.	Búsqueda y análisis de artículos científicos, tesis, libros y revistas especializados en el campo de las nanopartículas utilizando diversos buscadores académicos para obtener conocimientos generales de este campo.
Taller de investigación I	Elaborar un protocolo de investigación en el área de su formación profesional. Buscar y clasificar los diferentes tipos de investigación en el ámbito científico y tecnológico dentro y fuera de la institución. Desarrolla los elementos del protocolo en un documento de forma estructurada. Presenta en forma oral y escrita el protocolo de investigación. Presenta en plenaria el prototipo del proyecto de investigación.	En la elaboración del protocolo de investigación al dar una estructura organizada al mismo, además de la clasificación de los trabajos analizados y presentación del escrito final.
Taller de investigación II	Conoce los diferentes tipos de informes de investigación para desarrollar el escrito de al menos uno de ellos. Elabora artículos científicos destinados a publicación a partir del proyecto de investigación realizado previamente. Desarrolla sus habilidades	En la elaboración de un trabajo alineado con un formato estandarizado (APA) para su posterior publicación, además de la preparación personal para la ponencia externa.

	para realizar una presentación de impacto con la meta de participación en ponencia externa.	
Desarrollo sustentable	Aplica visión sustentable en el presente, en los ámbitos social, económico y ambiental que le permite evaluar el impacto de la sociedad sobre el entorno mismo, tomando en cuenta las estrategias.	Búsqueda de producción sustentable al utilizar bases biológicas abundantes y minimizando así el uso de químicos contaminantes. Aceleración de la integración de poliestireno expandido con el entorno mediante su degradación.
Procesos de fabricación	Analiza e Interpreta el funcionamiento de los hornos, así como las materias primas utilizados para la obtención del hierro y acero; conocer y optimizar los procesos empleados y conocer los tratamientos térmicos aplicados a los materiales ferrosos y no ferrosos, los procesos que cambian la forma de los materiales, la composición, el uso de los materiales plásticos y cerámicos de los procesos.	Operación y análisis del funcionamiento de equipo que trabaja a altas temperaturas. Evaluación de parámetros y etapas del proceso verde para optimización de estos. Conocimiento de materias primas utilizadas y procesos empleados para obtención de nanopartículas.
Química	Adquiere conocimientos básicos sobre la estructura de los compuestos químicos orgánicos e inorgánicos, así como su nomenclatura, propiedades físicas, reactividad, energía y equilibrio, considerando los impactos económicos y al medio	Conocimiento de la estructura y nomenclatura de los reactivos utilizados en el proceso verde de nanopartículas metálicas. Operación de equipo e instrumentos de laboratorio,

	ambiente. Toma decisiones con base en los conocimientos adquiridos que permitan seleccionar materiales industriales y asegura las condiciones de sustentabilidad, higiene y seguridad industrial y la responsabilidad social.	así como del equipo de protección personal
Sistemas de manufactura	Evalúa y optimiza los sistemas de manufactura empleados en la generación de bienes y servicios, mediante el uso de técnicas y herramientas de vanguardia.	Análisis y experimentación de los parámetros presentes en el proceso para integrarlos al proceso optimizado. Optimizar el proceso verde para la obtención de nanopartículas metálicas.
Propiedades de los materiales	Conoce y aplica los materiales adecuados en los diferentes procesos industriales de acuerdo con sus características y propiedades para obtener productos de calidad y bajo costo con conciencia de protección del medio ambiente.	Usar plantas con altos compuestos fenólicos para garantizar la obtención exitosa de nanopartículas.
Estudio del trabajo I	Identifica, evalúa, diseña y genera propuestas de mejora en los procesos de producción, estaciones de trabajo, distribución de planta, genera métodos de trabajo y establece tiempos estándar con cronómetro para elevar la productividad en las empresas de su entorno.	Identificación de oportunidades de mejora en el proceso verde. Evaluación de operaciones en las estaciones de trabajo. Generación de propuestas de mejora.

Estadística inferencial I	Emplea los métodos de muestreo adecuados para la obtención de la muestra experimental con la finalidad de realizar inferencias sobre la población y el desarrollo de pruebas estadísticas.	Selección del método de muestreo. Determinación del tamaño de la muestra. Captura periódica de la muestra. Desarrollo de pruebas estadísticas.
Estudio del trabajo II	Simplifica los métodos de trabajo en los procesos productivos y de servicios, determina estándares de tiempos con técnicas que no utilizan el cronometro, balancea estaciones de trabajo para la mejora de la productividad de la empresa y estructura sistemas de salarios e incentivos.	Análisis del proceso actual para identificar áreas de oportunidad e incorporar adecuaciones para hacer más eficiente el proceso. Mejora continua en el proceso para hacerlo más eficiente cada vez y mejorar su desempeño.
Estadística inferencial II	Identifica fuentes de variación aplicando el modelo estadístico más adecuado para planear, ejecutar y desarrollar experimentación orientado a la mejora de procesos logísticos, industriales, comerciales y de servicios.	En el planteamiento de las hipótesis específicas para demostrar la optimización realizada al proceso y a la muestra final. Análisis estadísticos para estimaciones de pérdida de peso de las muestras.
Seis sigma	Analizar y aplicar técnicas estadísticas y de calidad avanzadas con el propósito de mejorar y optimizar los sistemas productivos en un contexto de mejora continua.	En la definición del problema y los objetivos planteados, además de en la utilización de ANOVA y regresión lineal simple para estimar la pérdida total de peso de cada muestra.

Ecodiseño	<p>Detecta y evalúa el impacto de un producto, proceso relacionándolo con el ciclo de vida, manufactura limpia que contribuya a la optimización en la eficiencia energética y la minimización de residuos en el medio. Favoreciendo la logística a la inversa y los flujos de retorno de productos manufacturados, materiales o equipos de los compradores a la red logística.</p>	<p>Alineación del proyecto con los objetivos de la agenda 20-30 para el desarrollo sostenible.</p> <p>En la contribución para minimizar el tiempo de vida del poliestireno expandido y aceleración de su integración al entorno.</p> <p>En la disminución de energía térmica y eléctrica dentro del proceso verde.</p>
Manufactura esbelta	<p>Conocer las distintas técnicas de manufactura esbelta que ayuden a una mejora continua en los procesos productivos que permitan la satisfacción del cliente y empresarial disminuyendo tiempos y desperdicios. Aplicar las mejoras en los procesos y eliminar los desperdicios para aumentar la productividad de las organizaciones y la satisfacción de los clientes.</p>	<p>Análisis de las operaciones buscando áreas de oportunidad y al incorporar la extracción de polifenoles al proceso existente para buscar la disminución de tiempo total del proceso además de un menor uso de energía.</p>
Calidad y productividad	<p>Conoce, diseña, administra e implementa modelos y métodos para medir, evaluar, planear y mejorar la productividad y calidad en todo tipo de empresa, organización o institución.</p>	<p>Se utilizo mediante el monitoreo de las variables de interés para garantizar la fiabilidad de los resultados obtenidos, además de que se priorizaron las áreas de oportunidad más relevantes para hacer el proceso verde más optimo.</p>

5.7 Referencias

- Acevedo-León, D., Ossa-Orozco, C. P., & Torres-López, A. M. (2023). Evaluation of Protocols for the Synthesis of Copper or Copper Oxides Nanoparticles. *Ingeniería*, 28(2), e19067. <https://doi.org/10.14483/23448393.19067>
- Agresti, A., & Franklin, C. (2018). *Statistics: The art and science of learning from data*. Pearson.
- Aguilar-Veloz, L. M., Calderón-Santoyo, M., & Ragazzo-Sánchez, J. A. (2021). Microwave assisted extraction of polyphenols of *Artocarpus heterophyllus* Lam. with antifungal activity against *Alternaria* sp. (Vol. 9, Issue 51). www.riiit.com.mx
- American Society for Testing and Materials (ASTM). (2006). *Standard Terminology Relating to Water*. ASTM International.
- Aourabi, S., Sfaira, M., & Mahjoubi, F. (2020). Optimization of Ultrasound-Assisted Extraction of Polyphenol Content from *Zea mays* Hairs (Waste). *Scientific World Journal*, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/5072938>
- Aquino G, P. A. (2016). Síntesis y caracterización de nanopartículas de óxido de zinc obtenidas por el método de precipitación para su aplicación en pintura esmalte comercia.
- Barberia Roque, L. (2022). Desarrollo de aditivos antimicrobianos basados en nanopartículas metálicas obtenidas por síntesis verde para su aplicación en recubrimientos.
- Baron, G., Ferrario, G., Marinello, C., Carini, M., Morazzoni, P., & Aldini, G. (2021). Effect of extraction solvent and temperature on polyphenol profiles, antioxidant and anti-inflammatory effects of red grape skin by-product. *Molecules*, 26(18). <https://doi.org/10.3390/molecules26185454>
- Bochi, V. C., Barcia, M. T., Rodrigues, D., Speroni, C. S., Giusti, M. M., & Godoy, H. T. (2014). Polyphenol extraction optimisation from Ceylon gooseberry (*Dovyalis hebecarpa*) pulp. *Food Chemistry*, 164, 347–354. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.05.031>
- Bonilla Nepomuceno. (2020). Optimización y caracterización del proceso de síntesis verde de nanopartículas de oro a partir de pulpa de café.
- Brglez Mojzer, E., Knez Hrnčič, M., Škerget, M., Knez, Ž., & Bren, U. (2016). Polyphenols: Extraction Methods, Antioxidative Action, Bioavailability and Anticarcinogenic Effects. In *Molecules* (Basel, Switzerland) (Vol. 21, Issue 7). <https://doi.org/10.3390/molecules21070901>
- Cevallos Carvajal, E. R., & Rojas Molina, J. O. (2021). Extracción hidroalcohólica de los compuestos bioactivos del amaranto (*amaranthus* spp.) en función del contenido de polifenoles y capacidad antioxidante.
- Chiu, A., & Pun, K. (2018). Sustainable production: Practices, challenges, and the way forward. *Journal of Cleaner Production*, 1023–1037.

- Gil-Martín, E., Forbes-Hernández, T., Romero, A., Cianciosi, D., Giampieri, F., & Battino, M. (2022). Influence of the extraction method on the recovery of bioactive phenolic compounds from food industry by-products. In *Food Chemistry* (Vol. 378). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131918>
- Gómez Garzón, M. (2018). Nanomateriales, nanopartículas y síntesis verde. 27(2), 75–80. <https://doi.org/10.31260/RepertMedCir.v27>
- González Dávila, B. (2023). Evaluación de las propiedades antibacterianas y fotocatalíticas de Nanopartículas metálicas obtenidas por proceso verde.
- González Laredo, R. F., Reyes Navarrete, M. G., Presa y Lerma, A. M., Rosales Castro, M., Morales Castro, J., Gallegos Infante, J. A., & Rocha Guzmán, N. E. (2007). Evaluación del efecto antioxidante y quimioprotector de extractos fenólicos de semillas de manzana.
- González, P., Adenso, B., & García, M. S. (2017). Sustainable industrial waste management: A review. *Journal of Cleaner Production*, 143, 838–855.
- Granja Guerrero, D. V. (2022). “Optimización del proceso de extracción hidroalcohólica a partir de la guayusa (ilex guayusa loes) en función del contenido de polifenoles totales y actividad antioxidante”.
- He, Y., Lu, Q., & Liviu, G. (2015). Effects of extraction processes on the antioxidant activity of apple polyphenols. *CYTA - Journal of Food*, 13(4), 603–606. <https://doi.org/10.1080/19476337.2015.1026403>
- Hernandez, H. A., & Pascual Barrera, A. E. (2018). Validación de un instrumento de investigación para el diseño de una metodología de autoevaluación del sistema de gestión ambiental. *RIAA*, 9(1)-5.
- HUAMÁN PÉREZ, M. D. (2014). Evaluación del efecto de tratamientos con solventes orgánicos, agua y el tiempo de extracción en el rendimiento de polifenoles totales de la harina de semilla de palta (*Persea americana*).
- Iglesias-Carres, L., Mas-Capdevila, A., Bravo, F. I., Aragonès, G., Muguerza, B., & Arola-Arnal, A. (2019). Optimization of a polyphenol extraction method for sweet orange pulp (*Citrus sinensis* L.) to identify phenolic compounds consumed from sweet oranges. *PLoS ONE*, 14(1). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0211267>
- Jiménez Alba, D. (2019). Estudio de la recuperación de metales a partir de la síntesis verde de nanopartículas metálicas.
- Jones, R. , Smith, P. , & Brown, L. (2019). Ethanol Production by Fermentation: A Review. *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology*, 46(5), 581–593.
- Jones, R., Smith, P., & Brown, L. (2019). Nanoparticle Synthesis Methods: From Liquid Phase to Biologically Mediated Approaches. *Frontiers in Nanoscience*. 7, 353.
- Mango Mamani, E. É., & Durand Aldava J. (2018). “Obtención de polifenoles de hojas de genipa americana (jagua) y evaluación de su actividad antibacteriana en cultivos microbiológicos.”

- Martínez, E., María, Q., Medina, C., Paola, G., Chaparro, A. T., & Bosque, U. El. (2023). Evaluación de la actividad antiproliferativa y antioxidante de las nanopartículas de óxido de zinc (ZnO) obtenidas mediante síntesis verde cargadas con extractos de *Vasconcellea pubescens*, *Solanum betaceum* y *Solanum quitoense*.
- Meng, L., Lozano, Y., Bombarda, I., Gaydou, E. M., & Li, B. (2009). Polyphenol extraction from eight *Perilla frutescens* cultivars. *Comptes Rendus Chimie*, 12(5), 602–611. <https://doi.org/10.1016/j.crci.2008.04.011>
- Menon, A., Stojceska, V., & Tassou, S. A. (2020). A systematic review on the recent advances of the energy efficiency improvements in non-conventional food drying technologies. *Trends in Food Science & Technology*, 100, 67–76.
- Merlín T, J. A. (2020). Síntesis de Nanopartículas de Óxido de Zinc y Oxido de Zinc con Plata Asistida con Extractos de Plantas de Zonas Áridas y su Antagonismo contra Hongos Fitopatógenas.
- Montgomery, D. C., Peck, E. A., & Vining, G. G. (2012). *Introduction to Linear Regression Analysis*. (5th ed.). Wiley.
- Muñoz-Echeverri, L., Campo-Avenidaño, D., Hoyos-García, M., Obregón-Velázquez, M., Muñoz-Vergara, J., & Giraldo-Correa, G. (2021). Síntesis verde de nanopartículas de ZnO con actividad antibacteriana para funcionalizar textiles de algodón. *Informador Técnico*, 85(2). <https://doi.org/10.23850/22565035.3645>
- Naciones Unidas. (2015). *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*.
- Nakilcioğlu-Taş, E., & Ötleş, S. (2021). Influence of extraction solvents on the polyphenol contents, compositions, and antioxidant capacities of fig (*Ficus carica* L.) seeds. *Anais Da Academia Brasileira de Ciencias*, 93(1). <https://doi.org/10.1590/0001-3765202120190526>
- Nava Olivas, O. J. (2017). Síntesis verde de óxido de zinc para degradar el azul de metileno.
- Pabón-Guerrero, S. E., Benítez-Benítez, R., Rodrigo Andrés, S.-V., & José Antonio, G.-C. (2021). Synthesis of iron oxide nanoparticles using aqueous extract of *eucalyptus grandis*. *DYNA (Colombia)*, 88(216), 220–226. <https://doi.org/10.15446/dyna.v88n222.89031>
- Pico-Hernández, S. M., Murillo-Méndez, C. J., & López-Giraldo, L. J. (2020). Extraction, separation, and evaluation of antioxidant effect of the different fractions of polyphenols from cocoa beans. *Revista Colombiana de Química*, 49(3), 19–27. <https://doi.org/10.15446/rcq.v49n3.84082>
- Rajbhar, K., Dawda, H., & Mukundan, U. (2014). Polyphenols: methods of extraction. Article in *Scientific Reviews & Chemical Communications*, 5(1), 1–6. www.sadgurupublications.com

- Rodríguez Chanfrau, J. E., & López Armas, M. (2014). Ultrasound assisted extraction of polyphenols from *Punica granatum* (Grenada) fruit. <http://scielo.sld.cu>
- Silva Adame M.B. (2014). Extracción de polifenoles de plantas silvestres de zarzamora (*Rubus* spp) para aplicaciones antimicrobianas.
- Smith, J. , & Brown, A. (2020). Nanotechnology: An Overview. *Nanoscience and Nanotechnology*. 20(3), 152–167.
- Spagnolo, G. S., Leccese, F., & Leccisi, M. (2019). LED as transmitter and receiver of light: A simple tool to demonstration photoelectric effect. *Crystals*, 9(10). <https://doi.org/10.3390/cryst9100531>
- Sridhar, A., Ponnuchamy, M., Kumar, P. S., Kapoor, A., Vo, D. V. N., & Prabhakar, S. (2021). Techniques and modeling of polyphenol extraction from food: a review. In *Environmental Chemistry Letters* (Vol. 19, Issue 4, pp. 3409–3443). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. <https://doi.org/10.1007/s10311-021-01217-8>
- Sun, Y., Lu, J., Li, J., Li, P., Zhao, M., & Xia, G. (2023). Optimization of ultrasonic-assisted extraction of polyphenol from Areca nut (*Areca catechu* L.) seeds using response surface methodology and its effects on osteogenic activity. *Ultrasonics Sonochemistry*, 106511. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2023.106511>
- Valencia-Avilés, E., Ignacio-Figueroa, I., Sosa-Martínez, E., Carmen Bartolomé-Camacho, M., Martínez-Flores, H.-E., & García-Pérez, M.-E. (2017). Polyphenols: antioxidant and toxicological properties.
- Vera, G. P., Farías, C. L., & Castañeda, F. (2017). Synthesis of Metallic Nanoparticles by Green Routes.
- Vera Nuñez. S.D, & Jiménez Rojas. J.D. (2020). Optimización de propiedades magnéticas de nanopartículas de óxido de hierro obtenidas por síntesis verde.