

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

**“Manufactura verde de material base biológica con
poliestireno expandido fotodegradable”**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO INDUSTRIAL

PRESENTA:

Vázquez Garduño Erick Daniel

DIRIGIDA POR:

Dra. Cristina Arely de León Condes

Tianguistenco, Estado de México, junio 2023

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a las siguientes personas:

En primer lugar, a mi director de tesis:

A la *Dra. Cristina Arely De León Condes*. Mis agradecimientos van más allá ~~que~~ ~~per~~ de la dirección de esta tesis, ya que no solo encontré una gran maestra en usted, sino también un gran apoyo para seguir adelante. Gracias por transmitirme su experiencia, orientación y apoyo durante el desarrollo de mi trabajo. Por esa rigurosidad que le caracteriza. Gracias por el entusiasmo, y por contagiarme a seguir adelante, la ilusión para querer mejorar y hacer nuevas cosas. Es un placer trabajar con usted y con los diferentes docentes y administrativos que me apoyaron y animaron durante este periodo de incertidumbre. Sin dejar de lado a las personas que quisieron afectarme, también les agradezco ya que sin ustedes hoy en día no tuviera una nueva meta a alcanzar, puesto que los pollitos también vuelan.

A mi familia, especialmente a mis padres y a mis hermanos, quienes con su paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy una meta más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y superación y por estar siempre a mi lado, apoyándome incondicionalmente en todas mis decisiones.

A mis amigos Nicolas y Eduardo, por su ayuda cuando la necesitaba y su gran amistad. Por estar siempre a mi lado, en los días buenos y en los no tan buenos que han acompañado este camino. Por ser los mejores compañeros de vida que se pueden tener.

¡¡Gracias!!

“El éxito es ir de fracaso en fracaso sin perder el entusiasmo.”

Winston Churchill

RESUMEN

La utilización masiva y la gestión inadecuada de los residuos plásticos y agro- industriales propicia buscar una alternativa de aprovechamiento de estos materiales. De tal forma que varias empresas de giro industrial buscan utilizarlos como materiales alternativos a nivel mundial. En este trabajo se obtuvo un material compuesto a base de cáscara de arroz, almidón con recubrimiento de poliestireno expandido reciclado y nanopartículas metálicas con propiedades fotocatalíticas, la obtención de las nanopartículas fue mediante proceso verde. El material fue caracterizado con difracción de rayos X (XRD) técnica que determina la estructura cristalina propia de óxido de zinc (ZnO) y óxido de hierro (FeO). En la parte experimental fueron analizadas 4 tipos de muestras; base biológica, base biológica + poliestireno, base biológica +poliestireno con y sin nanopartículas (10 mg, 20 mg), sometidas a pruebas de impermeabilidad, a radiación de luz solar y luz visible, monitoreando las horas de resistencia al agua y pérdida de peso en cada una. Se obtuvo 9 veces mejor impermeabilidad cuando se aplicó recubrimiento de poliestireno expandido y disminución del 7.05% en peso para pruebas que contenían nanopartículas FeO-ZnO debido a la fotodegradación del poliestireno expandido.

Palabras clave: Material compuesto, Nanopartículas metálicas, Residuos Polímeros y agroindustriales, Fotodegradación.

ABSTRACT

The extensive use and inadequate management of plastics and agricultural industrial wastes require the search for alternatives to the use of these materials. Therefore, several industrial companies are trying to use them as alternative materials all over the world. was obtained. Nanoparticles were obtained using the green process. This material was characterized using X-ray diffraction (XRD), a method for determining the crystal structure of zinc oxide (ZnO) and iron oxide (FeO). In the experimental part, four different samples were analyzed. Bio-based, bio-based + polystyrene, bio-based + polystyrene, tested with and without nanoparticles (10 mg, 20 mg) for impermeability, solar and visible light, water resistance and time for weight loss control, respectively. Applying a foam polystyrene coating resulted in nine times better water resistance, and photodegradation of foam polystyrene resulted in a weight reduction of 7.05% for the sample containing FeO-ZnO nanoparticles.

Keywords: Composite material, Metal nanoparticles, Polymers and agricultural industrial wastes, Photodegradation.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	3
RESUMEN.....	4
ABSTRACT.....	5
Capítulo 1.....	1
Introducción.....	2
Planteamiento del problema.....	4
Justificación.....	6
Objetivos.....	7
Objetivos generales.....	7
Objetivos específicos.....	7
Capítulo 2. Marco Teórico.....	8
2.1 Materiales compuestos.....	9
2.1.1 Definición y Clasificación de las fibras naturales.....	10
2.1.2 Composición de las fibras naturales.....	10
2.2 Polímeros y su clasificación.....	14
2.2.1 Polímeros Naturales.....	15
2.3 Nanotecnología.....	15
2.3.1 Tipos de nanomateriales.....	16
2.3.2 Nanopartículas (NPs).....	18
2.3.3 Métodos de síntesis de NPs.....	20
2.3.3.1 Síntesis Verde.....	22
2.3.4 Caracterización de NPs.....	27
2.3.5 Manufactura Verde.....	28
2.4 Efecto Fotoeléctrico.....	30
2.5 Fotodegradación.....	31
2.6 Espectro electromagnético.....	32

2.7 Regresión lineal simple.....	35
2.7 Análisis de varianza (ANOVA).....	37
Capítulo 3. Revisión de la literatura	40
3.1 Aplicación de información recabada de artículos científicos.	41
3.2 Análisis de la información obtenida de artículos de investigación.....	61
Capítulo 4. Metodología.....	67
4.1 Diagrama de bloques Metodología.	68
4.2 Descripción de actividades	68
Capítulo 5 Resultados y discusión.....	73
5.1 Pruebas previas	74
5.2 Procedimiento optimizado y estandarizado	75
5.3 Obtención de nanopartículas de Óxido de hierro (FeO) – Óxido de Zinc (ZnO). 91	
5.4 Obtención del material compuesto.....	92
5.5 Caracterización	93
5.6 Pruebas experimentales de fotodegradación.....	94
5.6.1 Pruebas de fotodegradación expuestas a radiación de luz solar.....	95
5.6.2 Pruebas de fotodegradación sometidas a radiación de luz visible	97
5.7 Mecanismo de fotodegradación.	99
5.8 Pérdida de peso	99
5.8.1 Fotodegradación bajo radiación de luz solar.....	100
5.8.1.1 ANOVA (Factor de fotodegradación por radiación solar.).....	101
5.8.1.2 Regresión lineal simple (Factor de fotodegradación por radiación solar.)	
.....	104
5.8.2 Fotodegradación mediante radiación de luz visible	109
5.8.2.1 ANOVA (Factor de fotodegradación por radiación de luz visible).....	109
5.8.2.2 Regresión lineal simple (Factor de fotodegradación por radiación de luz	
visible.).....	112
5.9 Pruebas de permeabilidad	116

Conclusiones.....	118
Recomendaciones	119
Competencias desarrolladas	120
Referencias	123

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación de Materiales Compuestos (Elaboración propia, 2022).....	9
Figura 2. Clasificación de las fibras naturales según su origen. (Elaboración propia, 2022)	10
Figura 3. Estructura Molecular de la celulosa (Enciso et al., 2018) http://hdl.handle.net/10016/27431	11
Figura 4. Estructura Molecular de la hemicelulosa (Enciso et al., 2018) http://hdl.handle.net/10016/27431	12
Figura 5. Estructura Molecular de la lignina (Enciso et al., 2018) http://hdl.handle.net/10016/27431	12
Figura 6. Clasificación de polímeros naturales (Elaboración propia, 2022).....	15
Figura 7. Equivalencias de nanómetros, (Elaboración propia, 2022).....	16
Figura 8. Clasificación de los nanomateriales (Jimenez et al., 2019) http://hdl.handle.net/10317/7807	18
Figura 9. Estructura de nanopartículas con mayor estabilidad (Elaboración propia, 2022)	19
Figura 10. Representación esquemática de nanoestructuras y sus componentes. (Urrejola et al., 2018) http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022018000401463	20
Figura 11. Técnicas de síntesis de nanopartículas (Sánchez et al., 2020) http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0	21
Figura 12. Clasificación de diferentes métodos de síntesis nanopartículas (Elaboración propia, 2022).....	22
Figura 13. Proceso de síntesis verde de nanopartículas (Kim et al., 2019) https://doi.org/10.1021/cm402225z	23
Figura 14. Estructura química de los diferentes tipos de flavonoides. (Elaboración propia, 2022).....	25
Figura 15. Características de NPs (Elaboración propia, 2022)	27
Figura 16. Pilares del desempeño de la sustentabilidad (Abualfaraa et al., 2020) https://doi.org/10.3390/su12030981	29
Figura 17. Efecto Fotoeléctrico (Martínez, 2019) http://repositorio.digital.tuxtla.tecnm.mx/xmlui/handle/123456789/2411	31
Figura 18. Mecanismo general de fotodegradación (elaboración propia, 2023).....	32

Figura 19. Espectro electromagnético, OEM y la relación de la longitud de onda con diferentes objetos o entidades. (Galache, 2023) https://avanceyperspectiva.cinvestav.mx	32
Figura 20. Ejemplos de radiación ionizante y no ionizante (Galache, 2023) https://avanceyperspectiva.cinvestav.mx	33
Figura 21. Tipos de radiaciones solares (García et al., 2021) Act Farma Terap. 2021; Vol. 19(2): pag. 88-108.	35
Figura 22. Ejemplos de líneas de regresión posibles en la regresión lineal simple. (Anderson et al., 2016) http://up-rid2.up.ac.pa:8080/xmlui/handle/123456789/1924 ...	36
Figura 23. Grafica de distribución F de Snedecor.(Contento, 2019).....	39
Figura 24. Recopilación de información sobre los temas de investigación aledaños a la toma de decisiones para determinar la mejor propuesta. (elaboración propia, 2022)	61
Figura 25. Fibras naturales más utilizadas como base biológica. (elaboración propia, 2022).....	62
Figura 26. Polímeros naturales más utilizados mediante una base de almidón. (elaboración propia, 2022).....	63
Figura 27. Polímeros más utilizados mediante una base de resinas. (elaboración propia, 2022).....	64
Figura 28. Nanopartículas de oxido utilizadas en la síntesis verde. (elaboración propia, 2022).....	64
Figura 29. Nanopartículas de oxido más utilizadas en la síntesis verde. (elaboración propia, 2022).....	65
Figura 30. Diagrama de bloques basado en la metodología del proyecto. (elaboración propia, 2023).....	68
Figura 31. Prueba inicial para la obtención de la base biológica. (elaboración propia, 2023).....	74
Figura 32. Prueba inicial para la obtención de Nanopartículas. (elaboración propia, 2023)	75
Figura 33. Diagrama de procedimiento general. (Elaboración propia, 2023)	85
Figura 34. Etapa 5 del Procedimiento optimizado y estandarizado	86
Figura 35. Etapa 6 del Procedimiento optimizado y estandarizado	87
Figura 36. Etapa 7 del Procedimiento optimizado y estandarizado	89
Figura 37. Etapa 8 del Procedimiento optimizado y estandarizado	90
Figura 38. Obtención de NPs de Zn y Fe. (elaboración propia, 2023).....	91

Figura 39. Obtención de base biológica. (elaboración propia, 2023).....	92
Figura 40. Análisis de la difracción de rayos X (XRD). (elaboración propia, 2023).....	94
Figura 41. Fotodegradación del material compuesto mediante radiación solar. (elaboración propia, 2023).....	95
Figura 42. Fotodegradación del material compuesto sometidos bajo radiación de luz solar observados desde Microscopio Inskam315w 0~2000x 5.0m. (elaboración propia, 2023)	96
Figura 43. Fotodegradación del material compuesto mediante radiación de luz visible. (elaboración propia, 2023).....	97
Figura 44. Fotodegradación del material compuesto bajo radiación de luz visible observada mediante el Microscopio Inskam315w 0~2000x 5.0m. (elaboración propia, 2023).....	98
Figura 45. Mecanismo de fotodegradación de ZnO-FeO (elaboración propia, 2023) ...	99
Figura 46. Porcentaje de pérdida de peso mediante radiación. (elaboración propia, 2023)	100
Figura 47. Gráfica de distribución F “Pérdida de peso bajo radiación solar”. (Obtenida mediante Minitab, 2023)	103
Figura 48. Diagramas de dispersión “Pérdida de peso bajo radiación de luz solar Muestra A”. (elaboración propia, 2023)	104
Figura 49. Diagramas de dispersión “Pérdida de peso bajo radiación de luz solar Muestra A+B”. (elaboración propia, 2023)	105
Figura 50. Diagramas de dispersión “Pérdida de peso bajo radiación de luz solar Muestra A+B+C”. (elaboración propia, 2023)	105
Figura 51. Diagramas de dispersión “Pérdida de peso bajo radiación de luz solar Muestra A+B+D”. (elaboración propia, 2023)	106
Figura 52. Diagramas de dispersión por estimación “Pérdida de peso bajo radiación de luz solar”. (elaboración propia, 2023)	108
Figura 53. Gráfica de distribución F “Pérdida de peso mediante radiación de luz visible”. (obtenida mediante minitab, 2023).....	111
Figura 54 Diagramas de dispersión “Pérdida de peso bajo radiación de luz solar Muestra A+B”. (elaboración propia, 2023)	112
Figura 55. Diagramas de dispersión “Pérdida de peso bajo radiación de luz solar Muestra A+B+C”. (elaboración propia, 2023)	113

Figura 56. Diagramas de dispersión “Pérdida de peso bajo radiación de luz solar Muestra A+B+D”. (elaboración propia, 2023).....	114
Figura 57. Diagramas de dispersión por estimación “Pérdida de peso bajo radiación de luz visible”. (elaboración propia, 2023)	115
Figura 58. Permeabilidad del material compuesto (elaboración propia, 2023).....	117

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ventajas del uso de fibras naturales (Elaboración propia, 2022)	13
Tabla 2. Principales derivados del polietileno (Elaboración propia, 2022).....	14
Tabla 3. Filosofía de fabricación Manufactura tradicional vs Manufactura Verde. (Elaboración propia, 2022).....	30
Tabla 4. Grados de libertad del numerador (Contenido, 2019).....	38
Tabla 5. Materiales y cantidades para elaborar un material compuesto. (elaboración propia, 2023).....	70
Tabla 6. Peso promedio de fotodegradación del material compuesto bajo radiación de luz solar. (elaboración propia, 2023).....	101
Tabla 7. Promedio de fotodegradación del material compuesto bajo radiación de luz solar. (elaboración propia, 2023).....	109
Tabla 8. Competencias desarrolladas. (elaboración propia. 2023).....	120

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Modelo de regresión lineal simple (elaboración propia, 2023)	35
Ecuación 2. Ecuación de regresión lineal simple estimada. (elaboración propia, 2023)	36
Ecuación 3. Formula conversión de Mol a Gramos Hierro(II) cloruro tetrahidrato (elaboración propia, 2023).....	71

Capítulo

1

Introducción

A lo largo de la historia, las fibras naturales han sido útiles para el ser humano de una u otra manera. Existen datos sobre el uso de las hojas y las fibras de madera las cuales se han utilizado como refuerzo de bloques compuestos a base de arcilla para la construcción de viviendas e incluso para soportar cargas moderadas, pero con el avance en el desarrollo de los polímeros desde la segunda mitad del siglo pasado, estos han sido temporalmente desplazados del campo industrial por la inminente escasez futura del petróleo.

Empresas como DAIMLER S.A. DE C.V. en colaboración con UNICEF (Fondo Internacional de Emergencia de las Naciones Unidas para la Infancia), a través del programa Pobreza y Medio Ambiente en la Amazonía, promueve la aplicación de los materiales compuestos en la producción de sus vehículos. El aspecto más destacable de este esfuerzo es la viabilidad de utilizar fibras naturales para fines no tradicionales, sin sacrificar la calidad requerida para sus productos.

El proceso de compresión ha sido muy exitoso con fibras naturales como bagazo, hojuelas de kenaf, cáñamo, yute, sisal, ramio, kenaf, palma africana, nuez y cascarilla de arroz; utilizando diferentes sustratos poliméricos: como poliestireno (termoplástico), epoxi, poliuretano y resinas fenólicas (termo endurecibles). Por otro lado, hace unos años se utilizaron residuos de diversas industrias para crear un material compuesto sostenible. (Tapia, 2016)

La búsqueda constante para la sustitución alternativa de los plásticos de un solo uso se basa en la necesidad de reemplazar materiales con distintas aplicaciones como en empaques y embalajes, materiales considerados de un solo uso los cuales generan residuos (Pérez Arias, 2021).

En vista que los materiales compuestos reforzados con polímeros y fibras naturales han atraído el interés de los investigadores y la industria como una alternativa potencial, con mira a la gestión de los residuos generados por las empresas(Saavedra, 2021)

Habitualmente la síntesis convencional de nanopartículas implica condiciones duras, intensivas o potencialmente peligrosas, mientras que la síntesis verde se lleva a cabo en condiciones moderadas sobre la base de un proceso biológico que funciona dentro de la estructura del material, se han investigado principalmente los efectos derivados de la actividad fotocatalítica de recubrimientos basados en Fe-Zn (Hierro y Zinc). (Gómez, 2018)

El aumento en el uso de materiales plásticos se deriva no sólo de su versatilidad, sino de una tendencia global en el uso de recursos por parte de la sociedad. La economía actual se sostiene en una dinámica de consumo constante, el uso indiscriminado de productos plásticos y la mala gestión de los residuos, en consecuencia, un estimado del 70% de los residuos plásticos terminan en los océanos y vertederos. Debe señalarse que algunas organizaciones estiman que hay 1 kg de residuos plásticos por cada 3 kg de peces en el océano, cabe resaltar que las corporativas multinacionales contribuyen a la contaminación plástica como son la industria alimentaria, manufacturera, química, seguida de la industria farmacéutica. (Kollar, 2019)

Este trabajo establece una alternativa de uso de fibras naturales de residuos provenientes de actividades agro-industriales, obteniendo material compuesto biodegradable en combinación de poliestireno expandido con propiedades fotocatalíticas por medio de nanopartículas de hierro y zinc, para lograr que su permanencia en el ambiente sea menor.

Planteamiento del problema

El problema principal es el creciente uso de plásticos y gestión de residuos, especialmente para uso doméstico y comercial. Siendo así que los materiales derivados del petróleo que se utilizan actualmente para alimentos, bebidas, medicamentos, en aplicaciones industriales o de construcción no son biodegradables convirtiéndose en un problema en la disposición final.

El manejo inadecuado de estos residuos genera una problemática ambiental que rompe con el equilibrio ecológico y dinámico del ambiente; se origina debido a la falta de gestión de residuos, no se cuenta con ninguna actividad establecida para la disminución de residuos, la falta de organización y planeación de la actividad de reciclaje y reutilización y la más importante la carencia de una cultura ambiental.

Por otro lado, se hace necesario el estudio de nuevas tecnologías para el desarrollo de materiales compuestos generados a partir de polímeros y fibras naturales como reemplazo a diversos polímeros sintéticos, su impacto se ha extendido de manera gradual dentro de la manufactura verde. De igual forma el constante crecimiento de áreas de oportunidad por medio de la síntesis verde en la obtención de las nanopartículas metálicas con propiedades fotocatalíticas.

De manera que el aprovechamiento de residuos generados como la cascara de arroz y el poliestireno expandido reciclado en conjunto con nanopartículas metálicas como el óxido de zinc (ZnO) y el óxido de hierro (FeO) con propiedades fotocatalíticas, contribuye a la gestión de residuos.

En el Instituto Cubano de Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA) se han desarrollado varias técnicas para aprovechar los excedentes de bagazo en este país, siendo la industria azucarera una de las más importantes. Gómez describe el proceso de construcción de este material; para crear un tablero formado por tres capas con la diferencia de que las partículas de la capa exterior son más pequeñas que las de la capa interior y estas últimas también son más gruesas. El material polimérico utilizado como aglutinante depende del uso final del tablero, por ejemplo, la resina fenólica se utiliza cuando la humedad es un factor de decisión. También describe el uso del bagazo en cemento y yeso con resultados alentadores debido a su mayor degradación. (Saavedra, 2021)

En las últimas décadas, grupos de investigación académicos e industriales han estado trabajando activamente para desarrollar compuestos poliméricos reforzados con fibras naturales

debido a las extraordinarias propiedades de estas fibras naturales, entre ellas: su alta disponibilidad, sus características únicas en comparación con otros materiales de refuerzo, biodegradabilidad, bajo costo, reciclabilidad y baja densidad, así como propiedades mecánicas significativas que los convierten en los sustitutos ecológicos adecuados. (Bayas et al., 2021)

Es por eso que se pretende obtener y caracterizar un material compuesto utilizando residuos y subproductos como matriz o refuerzos, para mejorar las propiedades de los polímeros de manera sostenible. Asimismo, se busca generar nanopartículas metálicas de forma económica y sostenible, sin tener que recurrir a métodos costosos de modificación química.

Justificación

Se hace hincapié en el interés por alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2030 de las Naciones Unidas desde una perspectiva económica, social y medioambiental. En la actualidad, varios centros de investigación intentan encontrar alternativas a los polímeros convencionales debido al enfoque sostenible. De este modo, dentro de los polímeros se está desarrollando rápidamente el grupo de los polímeros naturales que tienen origen renovable y/o biodegradable con un menor tiempo de degradación. (Domínguez, 2017).

Por lo tanto, los materiales compuestos son una alternativa para obtener nuevos materiales sostenibles con diversas aplicaciones en la industria. Debido a las propiedades de estos compuestos, la investigación y el desarrollo aumentan constantemente y sus aplicaciones abarcan diferentes campos de la tecnología como la síntesis verde que contribuye a la obtención de nanopartículas metálicas, debido a sus aplicaciones en el proceso de fotodegradación.

Actualmente los residuos agroindustriales no son gestionados de manera correcta y son eliminados mediante incineración, dado que el poliestireno tarda más de 500 años en degradarse convierte se en un problema para la salud del ser humano por no tener una gestión adecuada en el manejo de los residuos. (Prathna et al., 2020)

El objetivo general de este proyecto es obtener y caracterizar un material compuesto donde se propone la utilización de residuos y subproductos como matriz o refuerzos que puede traer mejoras considerables en las propiedades de los polímeros de manera sostenible, y la obtención de nanopartículas metálicas sin tener que depender de costosos métodos de modificación química.

Los residuos y subproductos se producen en todos los procesos de producción y, a menudo existe un alto costo en la eliminación de estos, lo que crea un problema no solo ambiental sino también económico. Por tanto, la gestión de este tipo de residuos se convierte en una estrategia económicamente viable para la sociedad.

De esta manera, la síntesis verde para nanopartículas y el aprovechamiento de residuos en la obtención de un material compuesto con propiedades fotocatalisis con baja permanencia en el ambiente tiene impactos económicos, ambientales y contribuye en el desarrollo de procesos verdes y materiales sostenibles con respecto a los tradicionales.

Objetivos

Objetivos generales

Obtener un material compuesto alternativo a los plásticos desechables con propiedades de degradación fotocatalítica.

Objetivos específicos

- Hacer síntesis de la literatura reciente de los avances globales de materiales base biológica.
- Establecer análisis que permita diagnosticar en base a las investigaciones previas sobre el tema, la propuesta del material.
- Describir las propiedades y características de materiales a partir de los sustitutos biológicos.
- Realizar pruebas preliminares de experimentos para obtener muestras.
- Obtención y caracterización de NPs realizada por síntesis verde.
- Realiza pruebas de fotodegradación y análisis de resultados
- Presentar la propuesta final estableciendo futuras direcciones y recomendaciones.

Capítulo 2.

Marco

Teórico

2.1 Materiales compuestos

Un material compuesto es una combinación que consta de al menos dos macro constituyentes que difieren en forma y composición química y que son insolubles entre sí, son materiales conformados por dos o más componentes, dando lugar a un material homogéneo, que posee múltiples ventajas entre las que se destacan su elevada resistencia, elevada rigidez, comportamiento a la fatiga, alta resistencia a la corrosión, facilidad de fabricación y su alta estabilidad dimensional, en términos medioambientales y la búsqueda incesante de recursos no basados en derivados del petróleo, las fibras naturales se han convertido en una alternativa respetable con el medioambiente.

Los materiales de esta familia surgen de la necesidad de obtener una combinación de propiedades que difícilmente se encuentren en los cerámicos, los plásticos o los metales; por lo que se diseña según la aplicación para la cual se necesitan. A pesar de haberse obtenido diversos compuestos con propiedades excepcionales utilizar estos en aplicaciones prácticas no siempre es factible dado que se trata, de elementos caros o de difícil fabricación de manera general. Su característica principal es que, en cada uno de ellos, se pueden distinguir dos componentes bien diferenciados: la matriz y el refuerzo o fase discontinua. (Hull Derek, 2021)

Estos componentes son generalmente tenaces y dúctiles para transmitir las cargas a las fibras y evitar que las grietas causadas por fibras rotas se propaguen a todo el compuesto. Como se muestra en la Figura 1, existen dos tipos de materiales compuestos, donde estos deben tener diferentes características que puedan contribuir a la resistencia total del compuesto, el material de la matriz transmite los esfuerzos a las fibras y proporciona tenacidad y ductilidad al compuesto, mientras los refuerzos de fibras soportan la mayor parte de la fuerza o tensión aplicada.

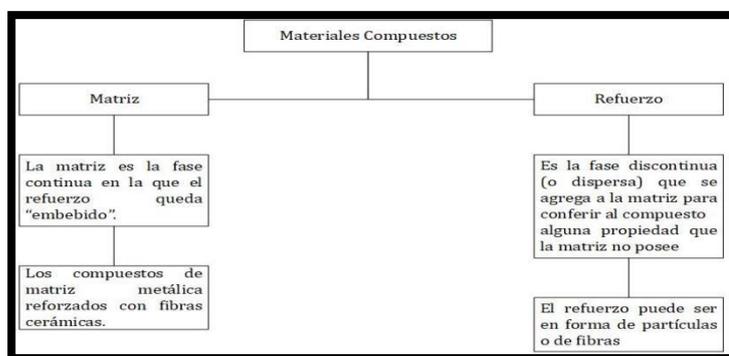


Figura 1. Clasificación de Materiales Compuestos (Elaboración propia, 2022)

2.1.1 Definición y Clasificación de las fibras naturales

Existen numerosas clasificaciones de las fibras naturales en las que se incluyen a las fibras minerales, fibras provenientes de animales y fibras verdes. La clasificación de las fibras naturales se muestra en la Figura 2, como son animales, vegetales y minerales, así como sus derivados, facilita su disponibilidad; son de bajo costo, biodegradables, y, por lo tanto, se atenúa el impacto sobre el medio ambiente. Una característica de gran interés es que presentan propiedades mecánicas que, en algunas aplicaciones, son comparables con materiales de refuerzo sintéticos convencionales como las fibras de vidrio o de carbono. (Velásquez Sandra, 2018)

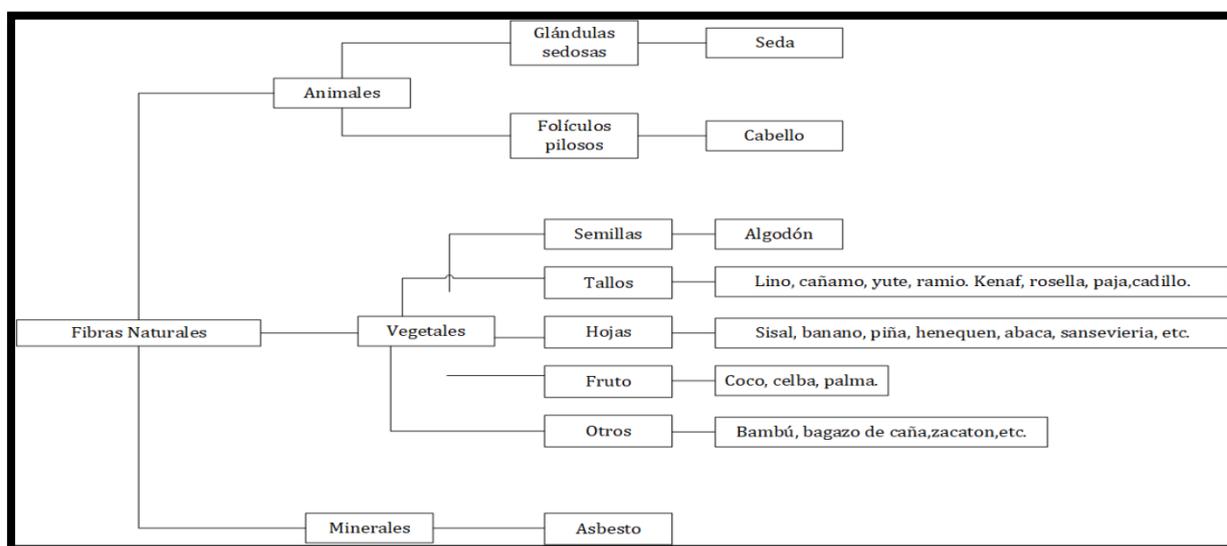


Figura 2. Clasificación de las fibras naturales según su origen. (Elaboración propia, 2022)

2.1.2 Composición de las fibras naturales

Las propiedades físicas de las fibras vegetales varían de una fibra a otra, dependen principalmente de su composición y estructura, la edad de la planta, el área de extracción, las condiciones de crecimiento y la digestión. Las fibras vegetales naturales son estructuras lignocelulósicas compuestas principalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina, y pueden contener pectina, proteínas, ceras, taninos, cenizas o sales inorgánicas. En general, se puede argumentar que la celulosa juega el papel más importante en las propiedades de la fibra y determina el comportamiento mecánico del refuerzo en los compuestos. (Velásquez Sandra, 2018)

Celulosa

La celulosa es el polímero más abundante en la tierra. Es un polímero hidrófilo lineal formado por cadenas lineales de D-glucopiranosas unidas por enlaces glucosídicos y se puede apreciar su estructura en la figura 3. Su hidrofiliencia proviene de los numerosos grupos hidroxilo unidos al anillo de piranosas. Debido a la presencia de estos grupos de *Hidróxido (OH)*, existen numerosos enlaces de hidrógeno y, gracias a las fuerzas de Van der Waals, algunas de las moléculas de celulosa se auto alinean y están estrechamente espaciadas para formar regiones cristalinas. La celulosa tiene una estructura lineal o fibrosa, en la que se establecen múltiples puentes de hidrógeno entre los grupos hidróxido de distintas cadenas yuxtapuestas de glucosa, haciéndolas insolubles al agua, las moléculas menos ordenadas forman las regiones amorfas del polímero. (Enciso et al., 2018)

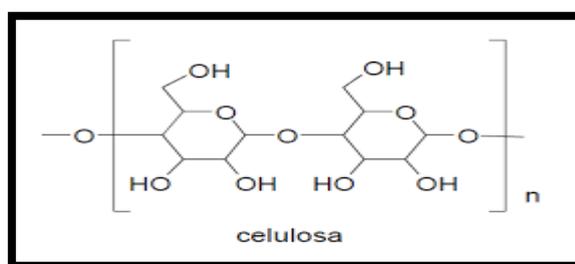


Figura 3. Estructura Molecular de la celulosa (Enciso et al., 2018)
<http://hdl.handle.net/10016/27431>

Hemicelulosa

La función principal de la hemicelulosa es interactuar con la celulosa y la lignina para dar rigidez a la pared celular. Son más difíciles de clasificar que la celulosa y generalmente el término hemicelulosa se refiere a un grupo de polisacáridos amorfos como los monómeros de xilosa, glucosa, galactosa, arabinosa y manosa. Es un polímero ramificado completamente amorfo con baja resistencia en comparación con la celulosa semicristalina lineal. Como se muestra en la Figura 4, se puede observar la estructura de la hemicelulosa, en donde esta puede ser muy hidrófila y se disuelve en soluciones alcalinas. Las hemicelulosas son responsables por gran parte de los enlaces entre fibras y afectan directamente a las propiedades de la influencia de estos enlaces entre las fibras, con una mejor suavidad de la superficie, pero menor volumen específico y porosidad.

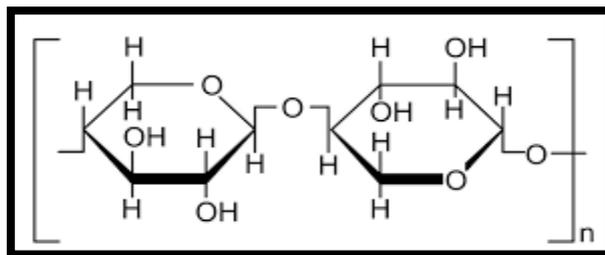


Figura 4. Estructura Molecular de la hemicelulosa (Enciso et al., 2018)
<http://hdl.handle.net/10016/27431>

Lignina

La lignina es un polímero orgánico aromático natural abundante, presente en todas las plantas vasculares. La lignina, la celulosa y la hemicelulosa son los principales componentes de las fibras de todas las especies leñosas y herbáceas. La lignina está constituida por *Alcohol coniferílico* ($C_{10}H_{12}O_3$), *Alcohol p-cumarílico* ($C_9H_{10}O_2$) y *Alcohol sinapílico* ($C_{11}H_{14}O_4$) en diferentes especies de plantas.

Las ligninas tienen las siguientes características: (1) Son polímeros vegetales construidos a base de unidades de fenilpropanoides; (2) Presentan la mayor parte de los grupos metoxilo contenidos en la madera; (3) Son resistentes a la hidrólisis ácida, fácilmente oxidables, solubles en bisulfito o álcalis caliente, y fácilmente condensables con fenoles o tioles; (4) Cuando se hace reaccionar con nitrobenzeno en una solución alcalina caliente, las ligninas producen principalmente vainillina, siringaldehído y p-hidroxibenzaldehído en función del origen de las ligninas; (5) Cuando se colocan a ebullición en una solución etanólica de ácido clorhídrico, las ligninas forman monómeros del tipo "cetonas de Hibbert" (mezcla de cetonas aromáticas resultantes de la ruptura de los principales enlaces éter (β -O-4) entre unidades de lignina), la estructura de la lignina se muestra en la Figura 5.

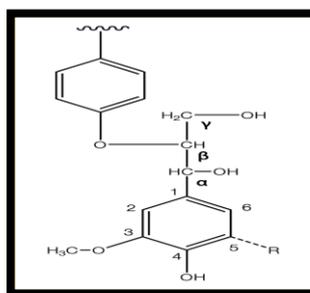


Figura 5. Estructura Molecular de la lignina (Enciso et al., 2018)
<http://hdl.handle.net/10016/27431>

Ventajas del uso de fibras naturales como base biológica.

Todas estas fibras a lo largo de la historia han sido de utilidad de una u otra manera al hombre, pero con el avance en el desarrollo de los polímeros a partir de la segunda mitad del siglo pasado, estas fueron desplazadas transitoriamente de la esfera industrial; pero con la inminente escasez de petróleo en un futuro cercano y la creciente preocupación ambiental por parte de los países de primer mundo se está reconsiderando la utilización de las agro-fibras como material de refuerzo en materiales compuestos debido a sus excelentes propiedades como se muestra en la Tabla 1, (Tapia et al., 2019).

Tabla 1. Ventajas del uso de fibras naturales (Elaboración propia, 2022)

Ventajas del uso de fibras naturales
Son ambientalmente amigables en el proceso, producción y como desecho al final del ciclo.
Son renovables y se necesitan menor cantidad de energía de entrada por unidad de producción.
Propiedades similares a aquellos materiales con refuerzo de fibra de vidrio.
Mejor elasticidad.
Son menos abrasivos durante el proceso de fabricación.
Absorben bien las vibraciones y por lo tanto el sonido.
2 a 3 veces más barato que trabajar con fibra de vidrio.
Si se requiere un compuesto 100% biodegradable, se pueden mezclar con polímeros naturales.
Cuando se queman los compuestos con fibras naturales hay menor producción de CO ₂ y otros gases tóxicos.

2.2 Polímeros y su clasificación.

Los Polímeros son sustancias naturales o sintéticas compuestas por moléculas llamadas macromoléculas, que son múltiplos de unidades químicas más simples llamadas monómeros. En efecto, los plásticos son un ejemplo de polímeros, pero agrupados químicamente de diferentes formas.

Los polímeros son compuestos orgánicos, de origen natural o sintético, de alto peso molecular, una característica común de los polímeros es que tienen un punto de fusión bajo y son fáciles de moldear. Su baja densidad lo hace útil en industrias como la automotriz donde se utiliza para productos livianos. Debido a su baja conductividad térmica, puede utilizarse como aislante térmico, puede entrar en contacto con los alimentos sin presentar un peligro. Sus diferentes especificaciones permiten tener una mayor estabilidad en donde destacan los materiales de polietileno los cuales podemos observar en la tabla 2.

Tabla 2. Principales derivados del polietileno (Elaboración propia, 2022)

	LLDPE	LLDPE	HDPE
Nombre	Polietileno de baja densidad	Polietileno lineal de baja densidad	Polietileno de alta densidad
Estructura	Alto grado de ramificación de cadena corta + ramificación de cadena larga	Alto grado de ramificación de cadena corta	Lineal (o bajo grado de ramificación de cadena corta)

Los polímeros se pueden clasificar según diferentes parámetros. Sin embargo, la clasificación más amplia es por su origen. De esta forma los siguientes polímeros se distinguen por su origen.

- **Polímeros Naturales:** Polímeros obtenidos de la naturaleza. También existen polímeros biodegradables como los derivados de plantas y animales, se denominan polímeros naturales. (caucho natural, celulosa, PLA).
- **Polímeros Sintéticos:** Son polímeros obtenidos artificialmente en un laboratorio, actualmente en producción industrial. (polipropileno, polietileno, poliamida)
- **Polímeros semisintéticos:** son polímeros de origen natural, procesamiento químico/físico adicional antes de llegar a la forma final.

2.2.1 Polímeros Naturales

Los polímeros naturales, tienen origen natural y renovable. Proviene de plantas, animales o microorganismos, son biodegradables por lo cual son capaces de descomponerse en elementos naturales por la acción de microorganismos sin afectar el medio ambiente, lo que les permite ser reabsorbidos por la naturaleza completando el ciclo de vida del material (Arrieta, 2018).

Los polímeros naturales son elaborados a partir de fuentes naturales como, por ejemplo: (azúcar, almidón, celulosa, papas, cereales, melaza, aceite de soya, maíz, etc.) por lo que son prácticamente no contaminantes durante la producción y biodegradables. Este tipo de material tiene la misma resistencia y rigidez que el plástico estándar, por lo tanto, se utiliza en embalaje, clasificando los polímeros naturales en tres categorías como se muestra en la figura 6, donde describe cada uno de los diferentes polímeros naturales y su precedente.

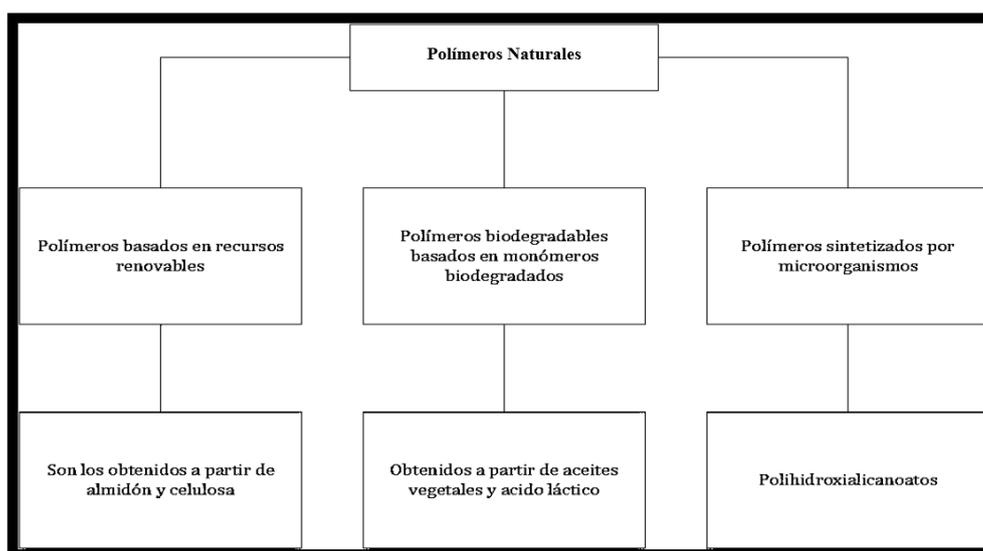


Figura 6. Clasificación de polímeros naturales (Elaboración propia, 2022)

La industria de los polímeros naturales, a pesar de llevar varias décadas en marcha, es un sector de innovación que presenta un potencial económico y ecológico enfocado hacia una bioeconomía circular que es capaz de reducir la huella de carbono y usar recursos renovables de manera eficiente, consiguiendo materiales innovadores con mejores prestaciones. (Fadeeva et al., 2019)

2.3 Nanotecnología

La nanotecnología es el estudio, diseño, creación, síntesis, manipulación y aplicación de materiales, aparatos y sistemas funcionales a través del control de la materia, la explotación

de fenómenos y propiedades de la materia a nano escala. Cuando se manipula la materia a una escala tan minúscula de átomos y moléculas, demuestra fenómenos y propiedades totalmente nuevas. Por lo tanto, científicos utilizan la nanotecnología para crear materiales, aparatos y sistemas novedosos y poco costosos con propiedades únicas.(Gómez, 2018)

Sus extraordinarias propiedades aseguran una revolución en los modos en que los materiales y productos van a ser obtenidos, siendo la investigación a nano escala de interés para industrias tales como: productoras de cerámicas, metalurgia, láminas delgadas, electrónica, materiales magnéticos, dispositivos ópticos, catalizadores, almacenamiento de energía y biomedicina.

La revolución nanotecnología, se asocia, por una parte, a la "fabricación molecular" cuya viabilidad cuenta con un impacto enorme en nuestras vidas, en las economías, los países y en la sociedad. La palabra nanómetro deriva de la combinación de dos palabras griegas: "nanos" que significa enano, y "metrón", o patrón de medida. Las siguientes equivalencias mostradas en la figura 7, representan las diferencias entre el nanómetro y otras unidades de medida de uso frecuente en ciencia e ingeniería, dando idea de cuán pequeña es esta unidad: (Wahab, 2019).

• Milímetro: $1 \text{ mm} = 1\,000\,000 \text{ nm}$
• Micrómetro: $1 \mu\text{m} = 1000 \text{ nm}$
• Angstrom: $1 \text{ \AA} = 1/10 \text{ nm}$
• Picómetro: $1 \text{ pm} = 1/1000 \text{ nm}$

Figura 7. Equivalencias de nanómetros, (Elaboración propia, 2022)

2.3.1 Tipos de nanomateriales

Los nanomateriales son materiales con propiedades morfológicas más pequeñas que un micrómetro en al menos una dimensión. A pesar del hecho de que no hay consenso sobre el tamaño mínimo o máximo de un nanomaterial, algunos autores restringen su tamaño de 1 a 100 nanómetros (nm), una definición lógica situaría la nano escala entre la microescala (1 micrómetro) y la escala atómica/molecular (alrededor de 0.2 nanómetros).

Las propiedades de los materiales dependen de cómo se comporten los electrones o de cómo estén ordenados los átomos en la materia. En un material nanométrico, el movimiento de los electrones está muy limitado por las dimensiones del propio material. Por consiguiente, si

se reducen las dimensiones de un material, se modifican sus propiedades y en consecuencia se pueden diseñar materiales con propiedades óptimas. La Agencia del Medio Ambiente (EPA) ha clasificado los nanomateriales actuales en cuatro tipos, a saber:

- Basados en carbono: estos nanomateriales están compuestos mayoritariamente por carbono y suelen adoptar formas como esferas huecas, elipsoides o tubos. Los nanomateriales de carbono con forma elipsoidal o esférica se conocen como fullerenos, mientras que los cilíndricos reciben el nombre de nanotubos. Estas partículas tienen muchas aplicaciones posibles, incluido el desarrollo de recubrimientos y películas mejoradas, materiales más ligeros y resistentes y diversas aplicaciones en el campo de la electrónica.

- Basados en metales: estos nanomateriales incluyen puntos cuánticos, nanopartículas de oro y plata y óxidos metálicos como el dióxido de titanio.

- Dendrímeros: estos nanomateriales son polímeros de tamaño nanométrico construidos a partir de unidades ramificadas. La superficie de un dendrímero tiene numerosos extremos de cadena, que se pueden adaptar para desempeñar funciones químicas específicas. Esta propiedad se podría utilizar también para la catálisis. Además, debido a que los dendrímeros tridimensionales contienen cavidades interiores en las que se pueden introducir otras moléculas, pueden ser útiles para la administración de fármacos.

- Compuestos: estos combinan las nanopartículas con otras, o con materiales de mayor tamaño. Las nanopartículas, como arcilla a nano escala, ya se están añadiendo a numerosos productos, desde piezas de automóviles a materiales de empaquetado, para mejorar sus propiedades mecánicas, térmicas, protectoras, etc. (Abdo, 2016)

A nivel mundial, la producción de nanomateriales se encuentra en constante aumento, exponiendo a los trabajadores relacionados con su producción, así como a la población a un mayor contacto con este tipo de materiales. Entre los principales nanomateriales a los que se encuentran expuestos están: los nanotubos de carbón; los nanocompositos; los fullerenos; los dendrímeros; las nanopartículas de base metálica como plata (Ag), oro (Au); metaloides como los óxidos de hierro (Fe), dióxido de titanio (TiO₂), dióxido de estaño (SnO₂), óxido de aluminio (Al₂O₃) y óxido de cerio (CeO₂), y dióxido de silicio (SiO₂) quantum dots: compuestos de un núcleo de metales y una cubierta de composición, la clasificación de estos nanomateriales se observan en la figura 8.

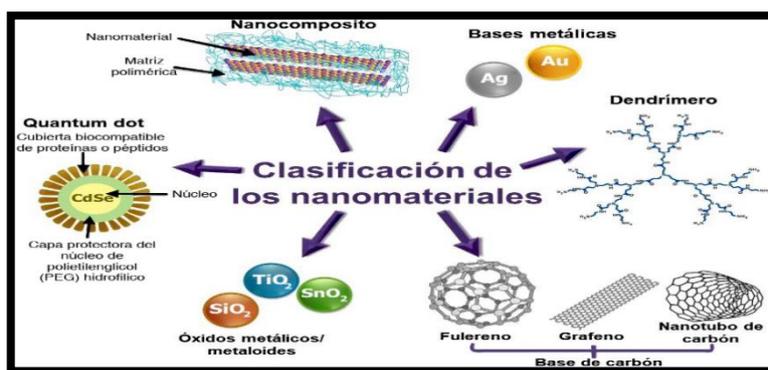


Figura 8. Clasificación de los nanomateriales (Jimenez et al., 2019)
<http://hdl.handle.net/10317/7807>

2.3.2 Nanopartículas (NPs)

Las nanopartículas son producidas a partir de diferentes tipos de metales como el oro, hierro, platino o de óxidos metálicos, en la actualidad las nanopartículas más usadas y caracterizadas son las sintetizadas a partir de iones de plata (Ag NPs), debido a sus propiedades físicas (conductividad), químicas (estabilidad) y biológicas (actividad catalítica y antibacterial). Varios de los efectos adversos de la síntesis de nanopartículas han sido asociados con la toxicidad de los métodos físicos y químicos, debido a la presencia de sustancias tóxicas absorbidas en la superficie de la NP.

Una alternativa eco-amigable son los métodos biológicos para la síntesis de nanopartículas utilizando microorganismos, enzimas, hongos y extractos de plantas. Es el desarrollo de métodos respetuosos con el ecosistema para la síntesis de nanopartículas como la síntesis verde, convirtiéndose en una importante rama de la nanotecnología. (Gómez, 2018)

Diversos experimentos de espectroscopia de masas revelaron a principios de los noventa la existencia de nanopartículas de carburo metálicos con determinadas estequiometrías o números mágicos. Así por un lado el grupo de Castleman descubrió la existencia del Ti_8C_{12} en 1992, y dos años más tarde el grupo de Pilgrim descubrió la de la nanopartícula con estequiometría $Ti_{14}C_{13}$ estas nanopartículas tienen una estabilidad especial, y debido a su diferente proporción C/M pueden tener reactividades similares. De todas maneras, toda la discusión posterior ha terciado sobre los carburos de Ti. Por un lado, un tema de controversia ha sido la estructura del Ti_8C_{12} (denominado MetCar). Castleman apuntó en un principio a una estructura esferoidal, como la planteada para los fulerenos, que se basa simplemente en una suerte de dodecaedro, aunque con simetría T_h . Esta se puede ver también como un cubo de

átomos metálicos en los que grupos C_2 sobresalen de las caras. En esta estructura todos los átomos metálicos son equivalentes, al igual que los átomos de carbono. Otra estructura más cerrada fue propuesta a posteriori, en la que se forma un tetraedro con simetría T_d en la que coexisten átomos metálicos internos (Ti^i) situados en los centros de las caras del tetraedro, y átomos metálicos externos (Ti^o) situados en los vértices. Los grupos C_2 se sitúan en los lados, e incluso otras estructuras más dispares como cubos¹⁷⁰ o cajas C_{12} recubiertas de átomos metálicos. La estructura de la partícula $Ti_{14}C_{13}$, a la que se denominó nano cristal, ha sufrido sin embargo mucha menos controversia estableciéndose su estructura como cúbica con átomos metálicos en los centros de las caras y vértices, mientras que los átomos de carbono se sitúan en los lados y en el centro de la nanopartícula los cuales podemos observar en la Figura 9. (Granja, 2019)

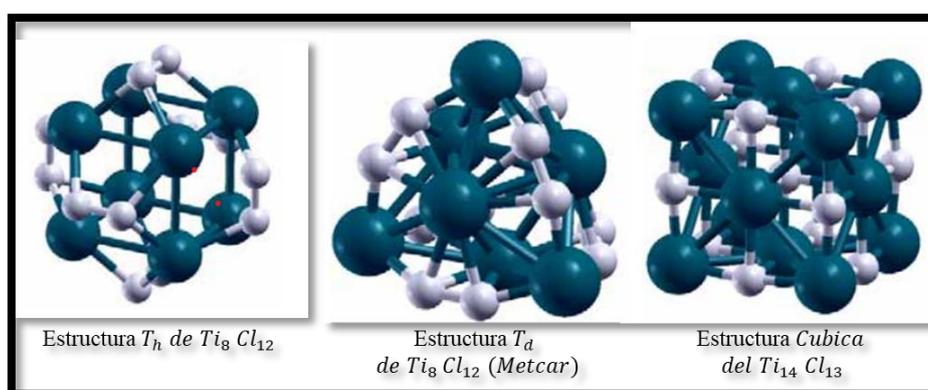


Figura 9. Estructura de nanopartículas con mayor estabilidad (Elaboración propia, 2022)

La selección de la nanopartícula dependerá del método de elaboración, las propiedades químicas, físicas y biológicas.

Existen dos tipos de nanopartículas poliméricas, nano esferas y nano cápsulas, según el método de preparación. Las nano esferas son sistemas de matriz esférica con agentes activos dispersos uniformemente dentro de una matriz polimérica. Las nano cápsulas, por otro lado, son sistemas de vesículas que encierran fármacos en cavidades rodeadas por una capa de cubierta de polímero y controlan su liberación de acuerdo con sus propiedades, estas diferencias implican que los dos tipos de nanopartículas tienen propiedades diferentes en cuanto a la liberación de su contenido. La elección de las nanopartículas depende del método de fabricación, las propiedades químicas y físicas, la estructura de las nanopartículas se muestran en la figura 10.

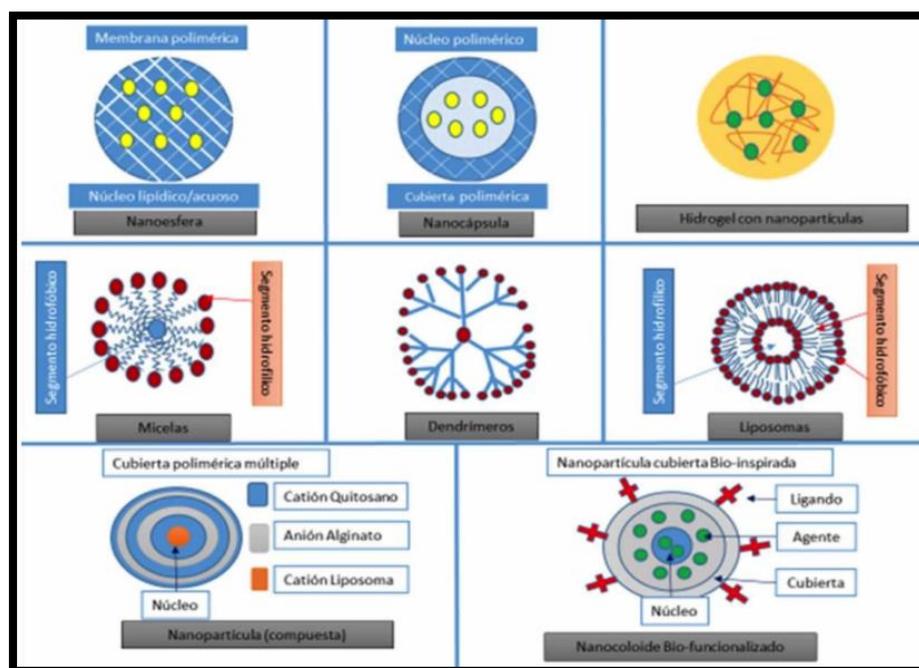


Figura 10. Representación esquemática de nanoestructuras y sus componentes. (Urrejola et al., 2018) <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022018000401463>

2.3.3 Métodos de síntesis de NPs

La síntesis de nanopartículas se aplica mediante dos técnicas opuestas, las técnicas descendentes (top-down) consisten en la división de material macroscópico o grupo de materiales sólidos hasta llegar al tamaño nanométrico. Las técnicas ascendentes (bottom-up) consisten en la fabricación de nanopartículas con capacidad de auto ensamblarse o autoorganizarse a través de la condensación de átomos o entidades moleculares en una fase gaseosa o en solución.

El conjunto de técnicas a utilizar puede dividirse en dos, mediante métodos químicos, que implican la reducción o precipitación de metales en presencia de agentes estabilizantes o métodos físicos tales como: Termólisis, Sonoquímica y Fotoquímica. Dentro de estos dos tipos de métodos se implementan diferentes técnicas. Cabe destacar que los métodos químicos debido a que son simples de implementar y, además, permiten un mayor control del tamaño de la partícula, son los más utilizados. (Jimenez et al., 2019)

La síntesis de nanopartículas se realiza utilizando dos enfoques opuestos: 'de abajo hacia arriba' y 'de arriba hacia abajo'. En el primer caso, los nanomateriales se fabrican a nivel atómico, mientras que, en el segundo caso, se logra una reducción del tamaño del material, dando como resultado los nanomateriales, como se muestra en la figura 11.



Figura 11. Técnicas de síntesis de nanopartículas (Sánchez et al., 2020)
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0>

Métodos físicos:

Entre los métodos físicos se encuentran la ablación láser, termólisis, radiación con microondas y la síntesis fotoquímica. La formación de nanopartículas mediante métodos físicos consta de varias etapas: la vaporización por diversas técnicas de un sustrato, la condensación de los átomos para formar el núcleo inicial, el crecimiento del núcleo por la adición de más átomos y la coalescencia.

Los métodos físicos, tales como la radiación de protones, ablación láser, deposición de vapor a vacío, y métodos por radiación son capaces de producir una amplia gama de NPs metálicas con poco esfuerzo para modificar el proceso para cada tipo de material; sin embargo, la calidad de las partículas producidas no es tan alta como sintetizadas químicamente. Los métodos físicos por lo general producen NPs a una escala mayor, pero poseen poco control sobre el tamaño de partícula, la distribución del tamaño y la forma de esta. En los métodos físicos existen diversas aplicaciones que son de mayor costo (Saleh, 2016).

Métodos Químicos:

Existen diversos métodos químicos que pueden ser aplicados para la obtención de nanopartículas metálicas. En el caso de las nanopartículas metálicas los primeros métodos descritos son el método Lee-Meisel y el método Creighton. Consistiendo en una variación del método Turkevich para la obtención de nanopartículas de oro, empleando en lugar de HAuCl_4 como precursor metálico y citrato de sodio como agente reductor. Por el método de Lee-Meisel

se obtienen nanopartículas con una distribución amplia de tamaño de partícula (poli dispersas). El método Creighton consiste en la reducción con un agente reductor NaBH_4 (Borohidruro de sodio), este es uno de los métodos más populares actualmente, llegando así obtener nanopartículas con un tamaño aproximado de 10 nm y con una distribución estrecha de tamaños (mono dispersas). El principio básico para la preparación química en una solución de nanopartículas coloidales es la reducción de un precursor metálico con agentes químicos bajo la protección de estabilizadores. Sin embargo, se han empleado toda una serie de métodos de reducción química para preparar nanopartículas metálicas, métodos en los que los agentes reductores comprenden varios compuestos. Los métodos de reducción química requieren largo tiempo de preparación y condiciones ambientales especiales. obteniendo beneficios de disponibilidad de reactivos, un bajo costo de producción y reproducibilidad. (Sánchez et al., 2020)

Sin embargo el método de síntesis verde es más amble con el ambiente, este es más económico y fácil de adquirir en cuanto a los materiales como se muestran en la Figura 12.

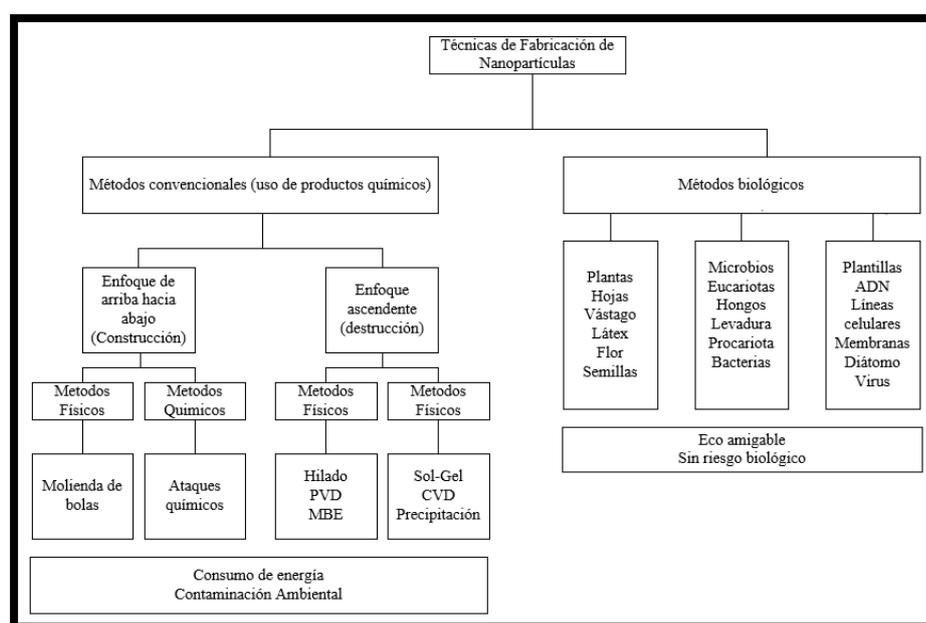


Figura 12. Clasificación de diferentes métodos de síntesis nanopartículas (Elaboración propia, 2022)

2.3.3.1 Síntesis Verde

Existe un creciente interés en desarrollar procesos de obtención de nanopartículas que sean amigables con el ambiente, es decir que eviten el uso de productos químicos. Esta tendencia enmarcada en la denominada química verde tiene como objetivos principales reducir

los desechos, minimizar el uso de productos no seguros. La síntesis verde de nanopartículas se basada en el uso de extractos vegetales debido a su accesibilidad, efectividad, seguridad, son de bajo costo, no contaminan y por ofrecer vastas posibilidades.

Las biomoléculas presentes en los extractos de plantas se emplean para la síntesis de nanopartículas, resulta un método de bajo costo con posibilidad de escalado para fines industriales. Los extractos se preparan a partir de hojas, raíces o tallos, después de lo cual se agrega una solución acuosa de sales metálicas. (Rangel et al., 2017)

El uso de extractos de plantas para sintetizar nanopartículas es el método más rápido y seguro, como se muestra en la Figura 13, el extracto de plantas adicionado a soluciones acuosas de sales de plata produce simultáneamente nanopartículas con actividad antimicrobiana y propiedades catalíticas.

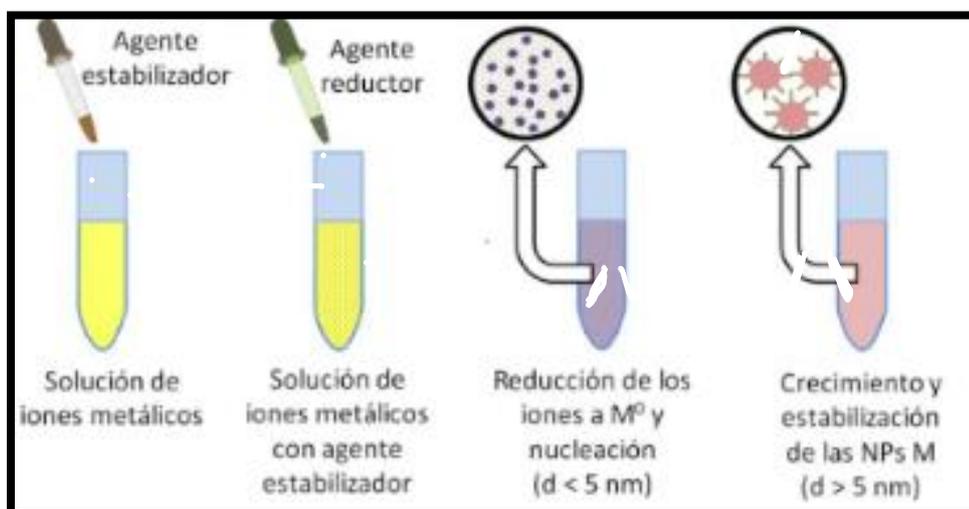


Figura 13. Proceso de síntesis verde de nanopartículas (Kim et al., 2019) <https://doi.org/10.1021/cm402225z>

Las nanopartículas son producidas a partir de diferentes tipos de metales como el oro, hierro, platino o de óxidos metálicos; en la actualidad las nanopartículas de mayor uso y caracterizadas son las sintetizadas a partir de iones, debido a sus propiedades físicas (conductividad), químicas (estabilidad) y biológicas (actividad catalítica y antibacteriana).

Este tipo de síntesis es eficiente tanto en términos de tiempo de reacción, como de estabilidad de las nanopartículas que excluyen a agentes químicos tóxicos, siendo un método sencillo, el cual se lleva a cabo por reducción química usando sales metálicas como precursor con una entidad biológica como agente reductor.

Se han utilizado un sinnúmero de plantas como estabilizadores para la síntesis de nanopartículas en muchas investigaciones donde la reducción y estabilización de los iones es facilitada por la combinación de biomoléculas como proteínas, aminoácidos, enzimas, alcaloides, taninos, compuestos fenólicos, saponinas, terpenoides, cetonas, aldehídos, amidas, ácidos carboxílicos, esteroides, saponinas, carbohidratos, flavonoides y vitaminas.(Kim et al., 2019)

Antioxidantes

Los antioxidantes tienen aplicaciones en un amplio número de áreas. En alimentos, los antioxidantes y especies que los contienen se han utilizado en productos cárnicos, aceites y grasas para retrasar la oxidación de los lípidos y por tanto los atributos negativos en sabor y aroma que vienen por la rancidez. Los antioxidantes también son incluidos en diferentes productos alimenticios debido a los beneficios que aportan a la salud, ofreciendo así un alimento funcional, además, varios flavonoides como antocianinas, flavonas, flavanonas y flavonoles son usados como colorantes, saborizantes y edulcorantes en una variedad de productos alimenticios. Son también utilizados en productos de cosmética, higiene y cuidado personal para no solo prevenir la oxidación de la parte lipídica de la formulación; por ejemplo, han sido usados en la elaboración de productos cosméticos debido a su capacidad de proteger la piel de los radicales libres que se generan debido a la radiación solar y contaminantes ambientales, también se sabe que los ésteres de flavonoides son buenos agentes humectantes, dado que las esterases presentes en la epidermis rompen los ésteres y regeneran los flavonoides iniciales, lo cual permite que tengan su capacidad antioxidante inicial.

Flavonoides

Para discutir el concepto de flavonoide, se debe conocer el grupo de compuestos que los abarcan. Un compuesto fenólico es una sustancia que posee uno o más fenoles, los cuales son bencenos unidos a un grupo hidroxilo. Estos compuestos están presentes en las plantas en forma de metabolitos secundarios y cumplen una variedad de funciones como pigmentación de frutos, flores y hojas, intervienen en la polinización atrayendo insectos y ayudan a plantas heridas a protegerse de ataques fúngicos y bacterianos.

Los flavonoides son un grupo incluido dentro de los compuestos fenólicos como: flavonas, flavonoles, flavanonas, flavanolas, isoflavonas y antocianinas; los cuales se diferencian por variaciones en su estructura química las cuales podemos observar en la figura 14.

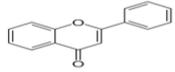
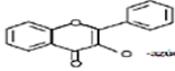
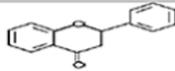
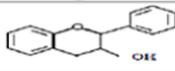
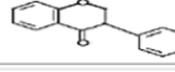
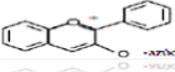
Fuente	Estructura	Compuestos	Subclase
Hierbas, apio, pimentón, uva, naranja y limón.		Sinensetina, apigenina, Diosmina Y Luteolina.	Flavona
Cebolla, vino, tomate, naranja, manzana, té, frutas rojas.		Quercetina, Myricetina Y Raempferol.	Flavonol
Miel, cítricos, tomate y cerveza.		Hatingenina, Hesperidia Y Isoxanthohumol.	Flavanona
Vino, chocolate, cacao, té.		Catequina, Epicatequina Y Galocatequina.	Flavanol o catequina
Soya y leguminosas.		Genisteina, Daidzeina Y Gliciteina	Isoflavona
Frutas rojas, manzana, pera, uva, naranja.		Cianidina, Pelargonidina, Delfinidina Y Peonidina	Antoclanina

Figura 14. Estructura química de los diferentes tipos de flavonoides. (Elaboración propia, 2022)

Métodos de extracción.

La extracción es la separación de las porciones activas de tejidos vegetales, o animales, usando solventes selectivos a través de procedimientos estándar. Esta técnica separa los metabolitos solubles de la planta y deja atrás a la masa celular insoluble. Los productos obtenidos son mezclas complejas de metabolitos, en estado líquido, semisólido, o, luego de remover el solvente, en forma de polvo seco. Se incluyen las preparaciones como decocciones, infusiones, extractos fluidos, tintes y extractos en polvo. El propósito de los procesos de extracción estandarizados para obtener la porción deseada y eliminar el material indeseado mediante tratamiento con un solvente selectivo. Los extractos obtenidos, luego de estandarizarse, pueden utilizarse como agentes medicinales en su forma actual; o recibir un tratamiento mayor para ser incorporados en cualquier dosis en tabletas o capsulas. Estos contienen compuestos como alcaloides, glicósidos, terpenos, flavonoides y ligninas. Se tienen varias técnicas de extracción como maceración, infusión, percolación, digestión, decocción, extracción caliente continua (Soxhlet), extracción alcohólica con fermentación, extracción mediante ultrasonido y mediante fluidos supercríticos. Es importante mencionar que antes de realizar la extracción, el material vegetal debe prepararse, lo cual se puede hacer de distintas maneras como secado y molido, congelado y molido, cortado en trozos pequeños y liofilización; esto se hace con el propósito de obtener partículas más pequeñas, y por tanto una mayor superficie de contacto, que brinden mayor facilidad al momento de extraer el metabolito deseado. La forma de preparar la muestra y el tamaño de partícula dependerá del método de

extracción que se realizará. A continuación, se explicarán los detalles de algunos métodos de extracción. (Saleh & Gupta, 2016)

Maceración.

En este proceso, la planta entera o groseramente molida es colocada en un contenedor tapado con el solvente y se le deja reposar a temperatura ambiente por un periodo de al menos 3 días, con agitación frecuente hasta que la materia soluble se haya disuelto. Luego la mezcla se separa y la materia vegetal húmeda se exprime para obtener la mayor cantidad de extracto posible. Los líquidos se combinan y luego se clarifican mediante filtrado o decantación

Percolación.

La planta trozada es humedecida con una apropiada cantidad del solvente especificado y se la deja reposar por aproximadamente 4 horas en un contenedor cerrado. Luego esta mezcla se coloca en el percolador y se cierra la parte superior de este. Se agrega más solvente para formar una capa poco profunda encima del material vegetal y se deja la mezcla macerar en el percolador cerrado por 24 horas. Luego se abre la parte de abajo del percolador y se deja que el líquido gotee lentamente. Se va agregando solvente según lo requerido, hasta que el percolado sea las tres cuarta partes del volumen final requerido. Finalmente se exprime el material vegetal y el líquido obtenido es agregado al percolado, el cual se clarifica mediante filtración o decantación

Extracción Soxhlet

Es una técnica de extracción química utilizada para aislar compuestos deseados de ensayos sólidos o semisólidos. Esto implica la extracción repetida de la muestra con solventes para disolver los componentes deseados. El proceso comienza colocando el material en el cartucho de extracción y agregando el solvente al matraz. A medida que se calienta el matraz, el solvente se evapora, se condensa en el tubo de reflujo y gotea sobre la muestra. El solvente disuelve los compuestos deseados en la muestra y se acumula en el fondo del globo, circulando automáticamente a través del tubo de retorno para asegurar una extracción continua y eficiente. Una vez completada la extracción, el disolvente se evapora para dar el compuesto deseado.

Reflujo.

En extracción bajo reflujo, el material vegetal está sumergido en el solvente dentro de un matraz o balón, el cual está conectado a un condensador. El solvente es calentado hasta que

alcance la temperatura deseada, usualmente la de ebullición. Los vapores que se generan van siendo condensados y el solvente se recicla al recipiente. (Delgadillo, 2020)

2.3.4 Caracterización de NPs

Las nanopartículas (NPs) de 3 a 50 nm son de considerable interés desde la perspectiva de la ciencia básica y el desarrollo en diversos campos de la tecnología. Esto se debe a que estas NPs exhiben fenómenos eléctricos, ópticos, magnéticos y catalíticos dependientes del tamaño que sus contrapartes a granel no pueden. Por ejemplo, las NPs de óxido de hierro exhiben superparamagnetismo a temperatura ambiente, mientras que los "puntos cuánticos" de semiconductores exhiben efectos de confinamiento cuántico. El tamaño de partícula conduce a un aumento significativo en el área superficial. Es este aumento en la relación entre el área superficial y el volumen lo que da lugar a ciertas propiedades físicas. En este rango de tamaño, las NPs de óxido de hierro se vuelven casi paramagnéticas y algunos metales nobles, como las NPs de oro, emiten fluorescencia. Algunas de estas características únicas se resumen en la figura 15.

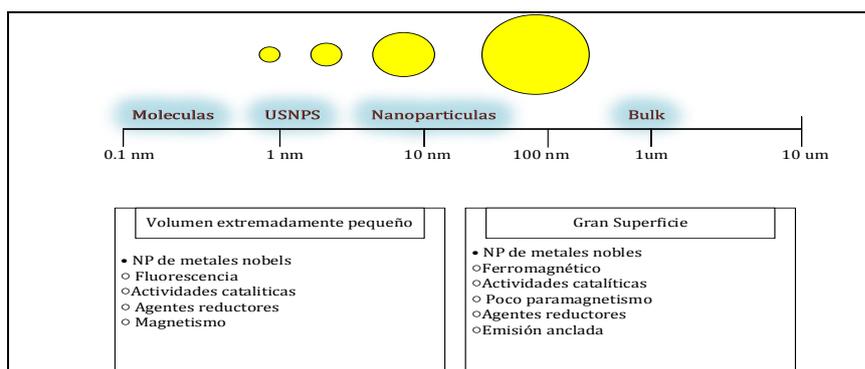


Figura 15. Características de NPs (Elaboración propia, 2022)

Debido a el rango de tamaño de las NPs es tan estrecho, la explotación de estos fenómenos físicos requiere una distribución de tamaño casi monocromática y técnicas de caracterización precisas. Por lo tanto, una comprensión clara del mecanismo de formación de es esencial para poder obtener de manera confiable con las estructuras y propiedades deseadas sin una purificación extensa dependiente del tamaño. Se han desarrollado técnicas para medir con precisión el tamaño de NPs. Los agregados sub-nanómetros compuestos por menos de 20 átomos se definen mejor como agrupaciones que como partículas o cristales. Estos grupos requieren diferentes métodos de síntesis y caracterización, lo que da como resultado diferentes propiedades fisicoquímicas.

Las NPs de mayor tamaño debido a su menor masa y número atómico. El estado de energía controlado modula la reactividad en comparación con las NPs más grandes. Las mediciones precisas del tamaño y la distribución de NPs son esenciales tanto para la caracterización de las propiedades fundamentales dependientes del tamaño como para muchas aplicaciones tecnológicas. La caracterización precisa de nanopartículas ultra pequeñas (USNPs) es muy difícil debido a la resolución espacial requerida en la escala de Angstrom. Por lo tanto, solo hay unos pocos informes sobre la caracterización del tamaño exacto de USNP. (Kim et al., 2019)

2.3.5 Manufactura Verde

El mercado actual, que cambia rápidamente y es altamente competitivo, ha puesto a las empresas bajo presión para que adopten prácticas sostenibles, en términos de mantener un equilibrio saludable entre el desempeño económico, ambiental y social. En este contexto, ha ganado popularidad el enfoque de Manufactura Green, que combina prácticas enfocadas en la demanda de los clientes y prácticas verdes enfocadas en reducir el impacto ambiental del servicio o producto.

Este tipo de filosofías de fabricación basadas en la demanda de los clientes, junto con la mejora del nivel de vida de las personas, ha llevado a una creciente demanda de productos, satisfecha por una exorbitante cantidad de bienes producidos, terminando en una generación creciente de contaminación y residuos. En este contexto, se insta a las empresas a ser más proactivas en cuanto a su postura ambiental y social, avanzando hacia prácticas de fabricación más sostenibles, en términos de la conocida conceptualización de sostenibilidad, mostrado en la Figura 16, lo que sugiere que una empresa sería capaz de lograr resultados sostenibles siempre que sea capaz de mejorar su desempeño ambiental, social y económico simultáneamente. En esta línea, se ha comenzado a considerar la manufactura esbelta con un interés renovado hacia el desarrollo de soluciones más ecológicas capaces no solo de minimizar los residuos, sino también de reducir, extendiendo, modificando y actualización de metodologías, los impactos ambientales y sociales negativos de las prácticas industriales tradicionalmente utilizadas.

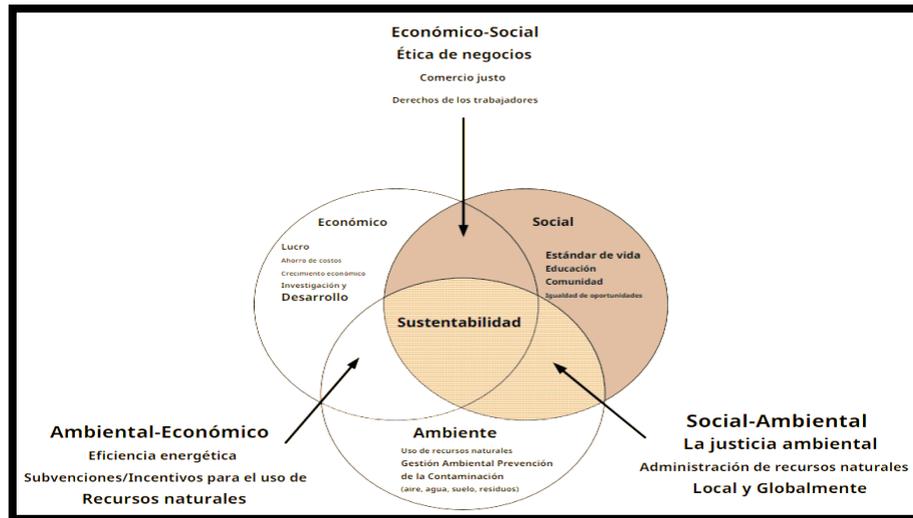


Figura 16. Pilares del desempeño de la sustentabilidad (Abualfaraa et al., 2020)
<https://doi.org/10.3390/su12030981>

Durante varios años, las prácticas de fabricación se han centrado principalmente en satisfacer o crear necesidades, manteniendo la competitividad en términos de calidad del producto, tiempo de comercialización e innovación. En particular, la manufactura esbelta, introducida por primera vez para la industria automotriz en Japón, se ha considerado en considerable medida como uno de los paradigmas de fabricación más influyentes. La manufactura esbelta brinda a las organizaciones las herramientas para mejorar su competitividad basada en aumentar el valor para los clientes, en términos de productividad, eficiencia, calidad y satisfacción del cliente, mediante la reducción del consumo de recursos a través de la eliminación de desperdicios. (Abualfaraa et al., 2020)

En el campo industrial destacan la filosofía de reducción de residuos, productividad de recursos, cambio organizacional y reducción de fuentes, entre las principales similitudes entre ambas prácticas; considerando que identifican su enfoque principal, la definición de residuos, el tipo de cliente, las estrategias de fabricación, algunos métodos, técnicas, herramientas y prácticas adoptadas, y las estrategias EOL, como sus principales diferencias. Estas similitudes y diferencias entre la manufactura convencional y la manufactura verde, las cuales podemos observar en la tabla 3.

Tabla 3. Filosofía de fabricación Manufactura tradicional vs Manufactura Verde. (Elaboración propia, 2022)

Filosofía de Fabricación	Inclinarse	Verde
Enfoque principal	Aumente el valor para los clientes mientras reduciendo el recurso y el tiempo consumos vía residuos eliminación	Reducir la huella ambiental y minimizar los riesgos para la salud durante toda la vida útil del producto ciclo
Principios básicos	Enfoque principal Principios esbeltos: • Pensamiento a largo plazo • Eliminación de desechos • Compromiso de las personas • Mejoras continuas	Los principios verdes son principalmente centrado en: • Prevención de la contaminación • Reducción de sustancias tóxicas • DfE
Desperdicio	Lean 8 desperdicios: • Transporte • Inventario • Movimiento • Esperando • Exceso de procesamiento • Superproducción • Defectos	Residuos verdes: • Desechos sólidos • Desechos peligrosos • Emisiones de aire • Vertidos de aguas residuales
Diseño	El diseño está enfocado en aumentar la calidad y rendimiento, mientras que Reduciendo costos.	El diseño, incluidas herramientas como DfE, se centra en reducir los desechos en muchas áreas del ciclo de vida del producto mediante la planificación de la reducción de residuos desde las primeras etapas de la producción.
Fin de vida del producto	No hay preocupación por el impacto del uso del producto o recuperación EO.	Incluye estrategias EOL en el ciclo de vida del producto para el cual la empresa es responsable.
Clientes	Los clientes se centran en servicios de alta calidad y bajo precio. y productos.	Los clientes se centran en los servicios y productos que se producen en una forma ecológica

2.4 Efecto Fotoeléctrico

Consiste en la emisión de electrones por parte de un material cuando es iluminado con radiación electromagnética (generalmente luz visible o ultravioleta). Otros tipos de interacción entre la luz y la materia a veces se agrupan bajo este término:

Fotoconductividad: El aumento en la conductividad eléctrica de la materia o diodos causado por la luz. Descubierta en selenio por Willoughby Smith a mediados del siglo XIX.

Efecto fotovoltaico: conversión parcial de energía luminosa en energía eléctrica. La primera celda solar fue fabricada por Charles Fritts en 1884. Estaba formada por selenio recubierto de una fina capa de oro.

El efecto fotoeléctrico fue descubierto y descrito por Heinrich Hertz en 1887, al observar que el arco que salta entre dos electrodos conectados a alta tensión alcanza distancias mayores cuando se ilumina con luz ultravioleta que cuando se deja en la oscuridad. La explicación teórica fue hecha por Albert Einstein, quien publicó en 1905 el revolucionario artículo “Heurística de la generación y conversión de la luz”, basando su formulación de la fotoelectricidad en una extensión del trabajo sobre los cuantos de Max Planck. Más tarde Robert Andrews Millikan pasó diez años experimentando para demostrar que la teoría de Einstein no

era correcta, para finalmente concluir que sí lo era. Eso permitió que Einstein y Millikan fueran condecorados con premios Nobel en 1921 y 1923, respectivamente. Este efecto es otro fenómeno que, al igual que la radiación de cuerpo negro, también implica una interacción entre la radiación y la materia. Pero esta vez estamos hablando de la absorción de radiación por parte de los metales.

En 1905, Albert Einstein fue aún más lejos y explicó completamente las propiedades del efecto fotoeléctrico. Para ello, hizo uso de la idea de Planck de un cuanto de energía y postuló: La radiación electromagnética consiste en paquetes de energía o fotones. Cada fotón lleva la energía $E = h \cdot \nu$, donde ν es la frecuencia de radiación y h es la constante de Planck. Cuando un fotón incide sobre el metal, transfiere toda su energía a alguno de los electrones. Si esta energía es suficiente para romper la ligadura del electrón con el metal, entonces el electrón se desprende. Si el fotón transporta más energía de la necesaria, este exceso se transforma en energía cinética del electrón donde se acumula la energía necesaria para vencer la unión con el metal como se muestra en la figura 17. (Martínez, 2019)

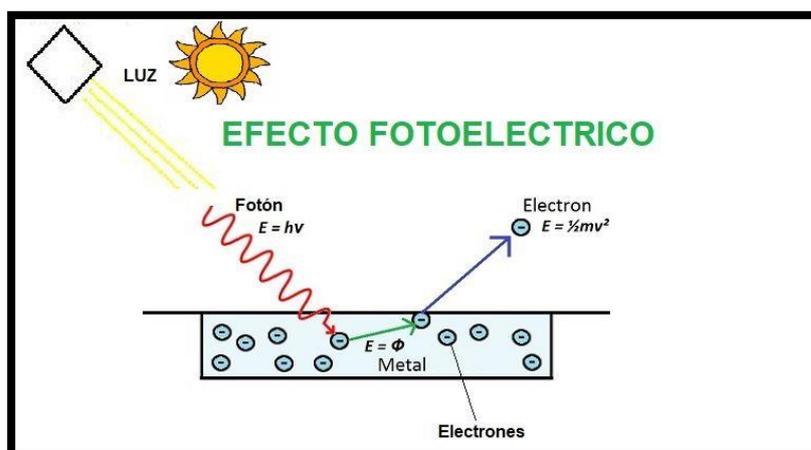


Figura 17. Efecto Fotoeléctrico (Martínez, 2019)
<http://repositorio.digital.tuxtla.tecnm.mx/xmlui/handle/123456789/2411>

2.5 Fotodegradación

La fotodegradación es un proceso definido como “un cambio en la velocidad o iniciación de una reacción química bajo” la acción de la radiación ultravioleta, visible o infrarroja en presencia de un fotocatalizador, que es una sustancia que absorbe la luz y participa en la transformación química de los compañeros de reacción.

La fotodegradación se está aplicando actualmente en el procesamiento de poliestireno expandido reciclado en dos tipos de aplicaciones diferentes: una como fotocatalisis solar y otra

como un sistema de aplicación de fotocatalizador equipado con luz, que se puede ver con luz ultravioleta artificial. El tratamiento catalítico basado en nanopartículas obtenidas por síntesis verde es un método de degradación de polímeros altamente recomendado. El mecanismo general de fotodegradación se muestra en la figura 18.

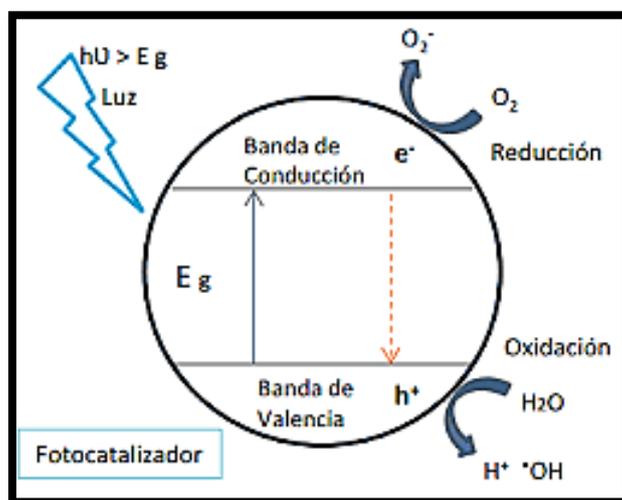


Figura 18. Mecanismo general de fotodegradación (elaboración propia, 2023)

2.6 Espectro electromagnético

En tiempos de James Clerk Maxwell la luz y las radiaciones infrarrojas y ultravioletas que la acompañan eran los únicos tipos de radiaciones electromagnéticas conocidos. Hoy en día las ondas de espectro electromagnético (OEM) abarca una amplia gama de diferentes clases de radiaciones pueden ser ondas de radio, microondas, radiación infrarroja, luz visible, ultravioleta, rayos X y rayos gamma como podemos observar en la figura 19.

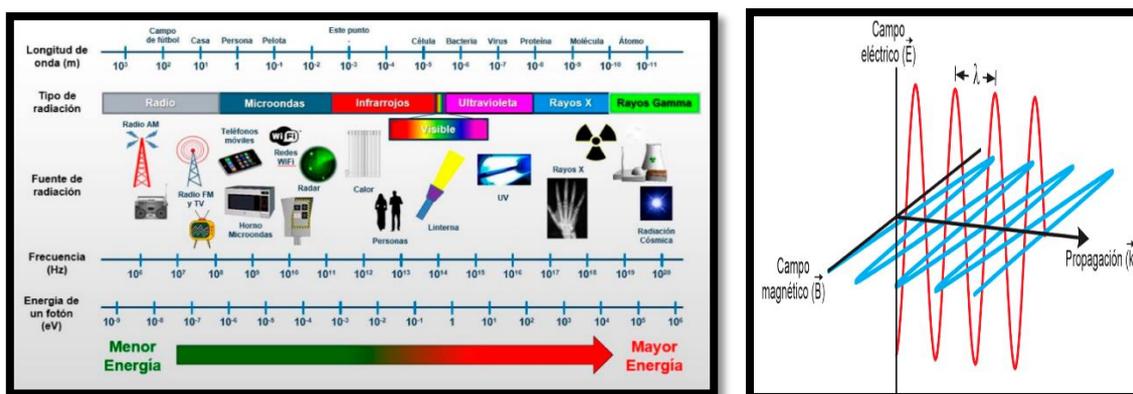


Figura 19. Espectro electromagnético, OEM y la relación de la longitud de onda con diferentes objetos o entidades. (Galache, 2023) <https://avanceperspectiva.cinvestav.mx>

Cada tipo de OEM se define por su longitud de onda y su frecuencia. La longitud de onda (λ) es la distancia entre dos puntos en los cuales la onda se repite, y la frecuencia (f) representa el número de longitudes de onda completas o repeticiones de la onda por unidad de tiempo. Las OEM se pueden ordenar en función de su longitud de onda, frecuencia o energía en el denominado espectro electromagnético, la energía de la radiación (E) y la longitud de onda (λ) son inversamente proporcionales, es decir, a mayor longitud de onda menor energía y viceversa. De la misma manera, a mayor frecuencia menor es la longitud de onda y viceversa.

Dependiendo de la cantidad de energía y la frecuencia de la OEM, al interactuar con materia puede dividirse en ionizante y no ionizante como se muestra en la figura 20. En el caso de la primera, la energía de la OEM es suficiente para extraer electrones de la corteza de los átomos -ionizarlos- y, por lo tanto, producir cambios e incluso daños en la materia inorgánica, orgánica o biológica. En esta categoría se encuentran los rayos X y los rayos gamma.

Por otro lado, la radiación no ionizante que contempla desde las ondas de radio hasta la radiación ultravioleta no tiene la suficiente energía para producir dicho fenómeno en el átomo, pero puede generar efectos adversos en el cuerpo humano, así como daños en sistemas electrónicos al producir calentamiento de sus componentes.

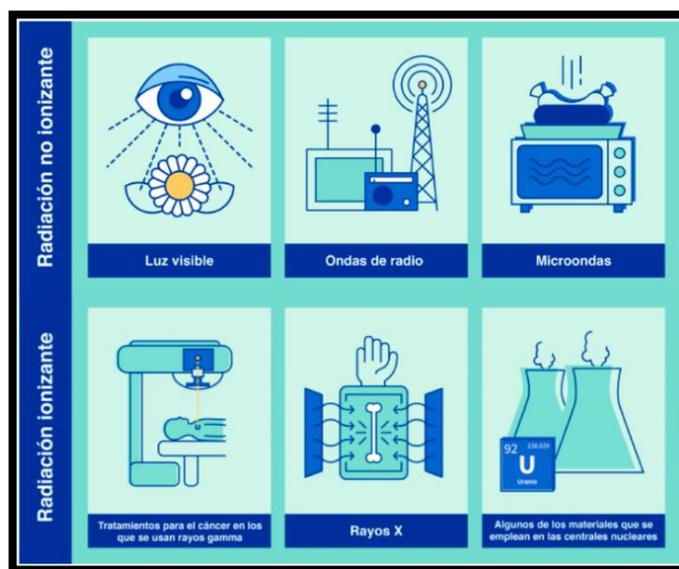


Figura 20. Ejemplos de radiación ionizante y no ionizante (Galache, 2023)
<https://avanceyperspectiva.cinvestav.mx>

Los efectos de la radiación electromagnética en los objetos o cuerpos dependen de la frecuencia, intensidad y tiempo de exposición. (Galache, 2023)

Composición de la radiación solar.

A la Tierra llegan tres tipos de radiaciones solares: infrarrojos, luz visible y luz ultravioleta como se observa en la figura 21. Cada una de ellas tiene una reacción diferente:

- La radiación infrarroja (IR) produce efectos caloríficos, provocando vasodilatación local y puede aumentar la sensibilidad de la piel a las radiaciones ultravioletas. Al mismo tiempo es responsable de las insolaciones y golpes de calor.
- La luz visible (VIS) modula funciones hormonales del organismo, el ritmo sueño-vigilia y el estado de ánimo, puede ser responsable de fenómenos de fotosensibilización, al estar expuestos a ella de forma crónica, puede participar en el envejecimiento cutáneo.
- La radiación ultravioleta se puede clasificar a su vez:
 - La luz UVA se emite en una longitud de onda entre 320 a 400 nm, es la más penetrante y atraviesa incluso el vidrio. Por otro lado, puede disminuir la función inmunitaria y favorecer la producción de cataratas. Además, interviene en el desarrollo de algunos cánceres de piel.
 - La luz UVB se emite en una longitud de onda entre 290 a 320 nm, llega a la epidermis provocando en ella eritema y ocasionando una pigmentación indirecta y engrosamiento de la piel. A este bronceado se le llama tardío, puesto que aparece a partir de las 48 horas de recibir la radiación. Favorece también la síntesis de vitamina D.
 - La luz UVC se emite en una longitud de onda entre 220 a 290 nm, es absorbida casi completamente por la capa de ozono atmosférica y tiene pocos efectos sobre la salud humana, se utiliza como germicida. Si hay exposición accidental puede producir úlceras corneales, puede ser absorbida por la dermis de la piel y producir dolor.(García et al., 2021)

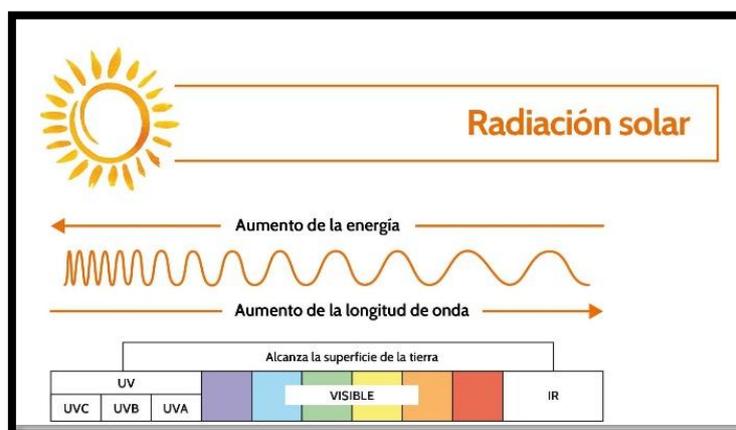


Figura 21. Tipos de radiaciones solares (García et al., 2021) Act Farma Terap. 2021; Vol. 19(2): pag. 88-108.

2.7 Regresión lineal simple

El análisis de regresión es una técnica estadística para modelar e investigar la relación entre dos o más variables. El análisis de regresión es una técnica estadística para modelar e investigar la relación entre dos o más variables.

El análisis de regresión lineal es una técnica estadística utilizada para estudiar la relación entre dos o más variables. Por ejemplo, se observa la relación entre el gasto en publicidad y las ventas puede permitir a un gerente de mercadotecnia tratar de predecir las ventas correspondientes a un determinado gasto en publicidad. Sin embargo, cuando es posible tener datos, puede emplearse un procedimiento estadístico llamado análisis de regresión para obtener una ecuación que indique cuál es la relación entre las variables. El análisis de regresión está concebido para explorar y cuantificar la relación de dependencia entre una variable cuantitativa (y) llamada variable dependiente, a la variable o variables que se usan para predecir el valor de la variable dependiente se les llama variables independientes (x_1, x_2, \dots, x_i). El tipo más simple de análisis de regresión que involucra las variables independientes, dependientes y las relaciones entre esas variables se conoce como regresión lineal simple.

A la ecuación con que se describe cómo se relaciona (y) con (x) y en la que se da un término para el error, se le llama modelo de regresión lineal. El modelo que se emplea en la regresión lineal simple lo podemos observar en la siguiente ecuación 1.

<p>MODELO DE REGRESIÓN LINEAL SIMPLE</p> $y = \beta_0 + \beta_1 x + \epsilon$

Ecuación 1. Modelo de regresión lineal simple (elaboración propia, 2023)

Donde β_0 y β_1 se conocen como los parámetros del modelo, y ϵ (la letra griega épsilon) es una variable aleatoria que se conoce como término del error.

La ecuación de regresión lineal simple estimada se observa en la ecuación 2; donde b_0 es la intersección con el eje (y) y b_1 es la pendiente, durante la práctica no se conocen los valores de estos parámetros y es necesario estimarlos usando datos muestrales. Se calculan

estadísticos muestrales (que se denotan b_0 y b_1) como estimaciones de los parámetros poblacionales β_0 y β_1 . Sustituyendo en la ecuación de regresión b_0 y b_1 por los valores de los estadísticos muestrales β_0 y β_1 , se obtiene la ecuación de regresión lineal estimada.

ECUACIÓN DE REGRESIÓN LINEAL SIMPLE ESTIMADA

$$\hat{y} = b_0 + b_1 x$$

Ecuación 2. Ecuación de regresión lineal simple estimada. (elaboración propia, 2023)

Como β_0 y β_1 son los parámetros de interés que son desconocidos, b_0 y b_1 son los estadísticos muestrales que se usan para estimar los parámetros.

En la figura 22 se presentan ejemplos de posibles rectas de regresión. La recta de regresión de la gráfica A indica que el valor medio de (y) está relacionado positivamente con (x). La recta de regresión de la gráfica B indica que el valor medio de (y) está relacionado negativamente con (x), valores menores de E(y) corresponden a valores mayores de (x). La recta de regresión de la gráfica C muestra el caso en el que el valor medio de (y) no está relacionado con (x); es decir, el valor medio de y es el mismo para todos los valores de x. (Anderson et al., 2016)

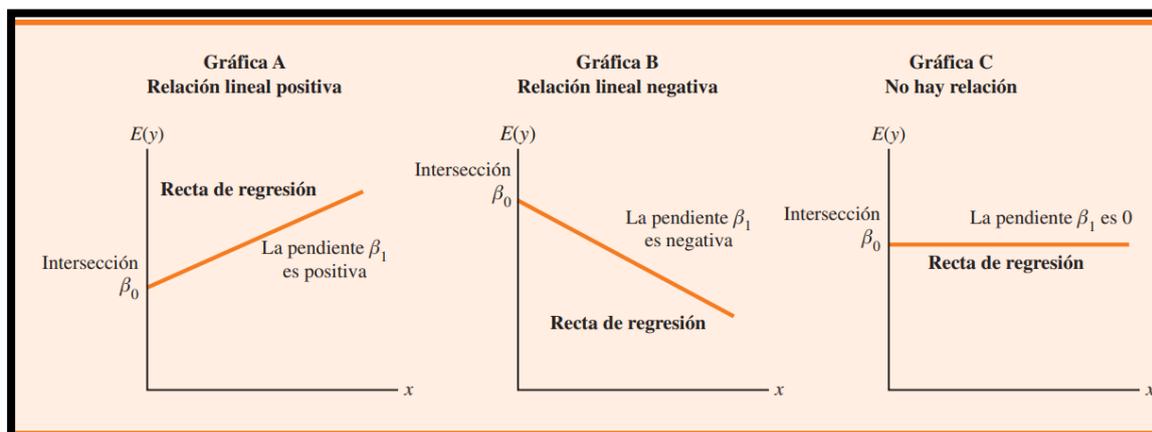


Figura 22. Ejemplos de líneas de regresión posibles en la regresión lineal simple. (Anderson et al., 2016) <http://up-rid2.up.ac.pa:8080/xmlui/handle/123456789/1924>

Si el coeficiente de correlación varía de -1 a 1. Los valores cercanos a -1 o a 1 indican una relación lineal sólida. Entre más se acerque la correlación a cero, más débil es la relación.

2.7 Análisis de varianza (ANOVA)

El análisis de la varianza (ANOVA, Analysis of variance) es uno de los aspectos más interesantes dentro del tema de las pruebas de hipótesis, por el ingenio desplegado en su desarrollo y, quizás, por las variadas formas que puede tomar. El ingenioso fue Ronald Aylmer Fisher (1890-1962), un genetista que fue uno de los estadísticos más influyentes del siglo XX.

El análisis de varianza (ANOVA) de un factor es una técnica estadística utilizada para comparar la media de tres o más grupos independientes en un experimento. El objetivo del análisis es determinar si existe una diferencia significativa entre las medias de los grupos.

El procedimiento para realizar un ANOVA de un factor consta de los siguientes pasos:

- Definir las hipótesis nula y alternativa. La hipótesis nula establece que no hay diferencia significativa entre las medias de los grupos, mientras que la hipótesis alternativa establece que hay al menos una media diferente del resto.
- Seleccionar un nivel de significancia. El nivel de significancia es la probabilidad de cometer un error tipo I, es decir, rechazar la hipótesis nula cuando es verdadera. El nivel de significancia comúnmente utilizado es 0.05.
- Calcular la suma de cuadrados total (SCT), que representa la variabilidad total en los datos.
- Calcular la suma de cuadrados entre grupos (SCG), que representa la variabilidad debida a las diferencias entre los grupos.
- Calcular la suma de cuadrados dentro de los grupos (SCD), que representa la variabilidad debida a las diferencias dentro de cada grupo.
- Calcular los grados de libertad para SCT, SCG y SCD.
- Calcular las medias cuadráticas para SCG y SCD.
- Calcular el estadístico F, que es la relación entre la media cuadrática entre grupos y la media cuadrática dentro de los grupos.
- Comparar el valor de F calculado con el valor crítico de F de la tabla de distribución F con los grados de libertad correspondientes. Si el valor de F calculado es mayor que el valor crítico de F, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que al menos una de las medias es significativamente diferente del resto.

La distribución F también es conocida como la distribución de relación de varianzas y tiene dos tipos de grados de libertad: grados de libertad del numerador y grados de libertad del denominador como se muestra en la tabla 4. (Minitab, 2023)

Tabla 4. Grados de libertad del numerador (Contento, 2019)

Distribución F 0.05																			
En las columnas se encuentran los valores F que corresponden al área 0.05 a la derecha																			
En las columnas se encuentran los grados de libertad del numerador																			
En los renglones se encuentran los grados de libertad del denominador.																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	15	20	24	30	40	60	120
1	161.4	199.5	215.7	224.6	230.2	234.0	236.8	238.9	240.5	241.9	243.0	243.9	245.9	248.0	249.1	250.1	251.1	252.2	253.3
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38	19.40	19.40	19.41	19.43	19.45	19.45	19.46	19.47	19.48	19.49
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.76	8.74	8.70	8.66	8.64	8.62	8.59	8.57	8.55
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.94	5.91	5.86	5.80	5.77	5.75	5.72	5.69	5.66
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.70	4.68	4.62	4.56	4.53	4.50	4.46	4.43	4.40
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.03	4.00	3.94	3.87	3.84	3.81	3.77	3.74	3.70
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.60	3.57	3.51	3.44	3.41	3.38	3.34	3.30	3.27
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.31	3.28	3.22	3.15	3.12	3.08	3.04	3.01	2.97
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.10	3.07	3.01	2.94	2.90	2.86	2.83	2.79	2.75
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.94	2.91	2.85	2.77	2.74	2.70	2.66	2.62	2.58
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.82	2.79	2.72	2.65	2.61	2.57	2.53	2.49	2.45
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.72	2.69	2.62	2.54	2.51	2.47	2.43	2.38	2.34
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.63	2.60	2.53	2.46	2.42	2.38	2.34	2.30	2.25
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.57	2.53	2.46	2.39	2.35	2.31	2.27	2.22	2.18
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.51	2.48	2.40	2.33	2.29	2.25	2.20	2.16	2.11
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.46	2.42	2.35	2.28	2.24	2.19	2.15	2.11	2.06
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.41	2.38	2.31	2.23	2.19	2.15	2.10	2.06	2.01
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.37	2.34	2.27	2.19	2.15	2.11	2.06	2.02	1.97
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.34	2.31	2.23	2.16	2.11	2.07	2.03	1.98	1.93
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.31	2.28	2.20	2.12	2.08	2.04	1.99	1.95	1.90
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.28	2.25	2.18	2.10	2.05	2.01	1.96	1.92	1.87
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.26	2.23	2.15	2.07	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27	2.24	2.20	2.13	2.05	2.01	1.96	1.91	1.86	1.81
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25	2.22	2.18	2.11	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.79
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24	2.20	2.16	2.09	2.01	1.96	1.92	1.87	1.82	1.77
26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27	2.22	2.18	2.15	2.07	1.99	1.95	1.90	1.85	1.80	1.75
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25	2.20	2.17	2.13	2.06	1.97	1.93	1.88	1.84	1.79	1.73
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24	2.19	2.15	2.12	2.04	1.96	1.91	1.87	1.82	1.77	1.71
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55	2.43	2.35	2.28	2.22	2.18	2.14	2.10	2.03	1.94	1.90	1.85	1.81	1.75	1.70
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.13	2.09	2.01	1.93	1.89	1.84	1.79	1.74	1.68
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	2.04	2.00	1.92	1.84	1.79	1.74	1.69	1.64	1.58
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04	1.99	1.95	1.92	1.84	1.75	1.70	1.65	1.59	1.53	1.47
120	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.18	2.09	2.02	1.96	1.91	1.87	1.83	1.75	1.66	1.61	1.55	1.50	1.43	1.35

Para calcular el valor F en excel, se utiliza la función de la distribución F inversa
=distr.f.inv(0.05; gl num; gl den)

Distribución de chi-cuadrada: Si X_1 tiene una distribución normal estándar, X_2 tiene una distribución de chi-cuadrada con un grado de libertad, lo que le permite ser una distribución de

muestreo de uso común. La suma de n variables X_2 independientes (donde X tiene una distribución normal estándar) tiene una distribución de chi-cuadrada con n grados de libertad. La forma de la distribución de chi-cuadrada depende del número de grados de libertad.

La probabilidad que se calcula es para observar una estadística F que sea al menos tan alto como el valor que se obtuvo en nuestro estudio. Esa probabilidad nos permite determinar qué tan común o poco común es nuestro valor F bajo el supuesto de que la hipótesis nula es verdadera. Si la probabilidad es lo suficientemente baja, podemos concluir que los datos son incompatibles con la hipótesis nula. La evidencia de los datos de la muestra es lo suficientemente fuerte como para rechazar la hipótesis nula para toda la población como podemos observar en la figura 23.

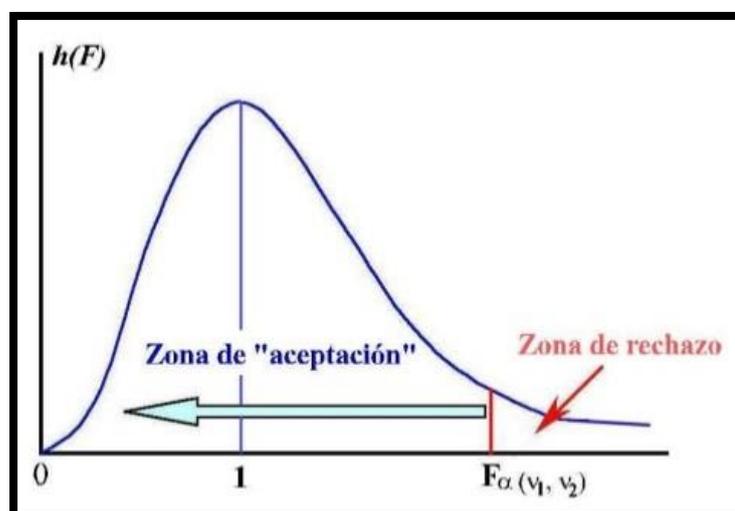


Figura 23. Grafica de distribución F de Snedecor.(Contento, 2019)

Si el valor p resultante es mayor que las opciones adecuadas del nivel de significancia, no puede rechazar la hipótesis nula debido a que las varianzas son iguales. (Minitab, 2023)

Capítulo 3.

Revisión de la literatura

3.1 Aplicación de información recabada de artículos científicos.

El uso de plásticos tiene una notable cantidad de aplicaciones en las industrias de la construcción, alimenticia, farmacéutica y transporte. Los plásticos se producen a partir del petróleo. Estos polímeros perduran en la naturaleza por largos períodos de tiempo y, por tanto, se acumulan, generando así grandes cantidades de residuos sólidos.

Esta recopilación de información tiene el propósito que pueda servir como base para la decisión de cuál puede ser la materia prima para la elaboración de productos biodegradables.

Es por eso que se desarrolló esta investigación para la obtención de información de aquellos que practicaron pruebas físicas (absorción de humedad, densidad aparente y contenido de materiales volátiles) y mecánicas (resistencia a la tensión y dureza Shore) para determinar su aplicación práctica. Además, se le hicieron pruebas químicas que verificaron, que, en efecto, se trataba de una sustancia biodegradable y antibacterianas apoyadas por las nanopartículas mediante la síntesis verde, siendo estos una mejor alternativa que ayuda a la protección del microorganismo que no permiten la correcta descomposición del material a lo largo de su vida útil.

Como resultado se determinó que el material puede ser biodegradable debido a que produce biomasa (dióxido de carbono) por la acción de microorganismos y que sus potenciales usos son como material de embalaje o empaque secundario.

Este plástico biodegradable ofrece una serie de ventajas cuando se compara con los plásticos convencionales, estos pueden contar con diferentes bases biológicas siendo un claro ejemplo las fibras de las plantas, frutas, verduras, etc. Brindándole un mayor soporte al momento de unificar cada proceso involucrado para obtener un ensamble final.

Cada uno de los puntos marcados se pueden observar en la siguiente Figura.

Nombre del artículo	Como se llevó a cabo el proceso	Resultados obtenidos o aplicados
(Selim et al., 2021) Síntesis verde de nanopartículas de óxido de zinc utilizando extracto acuoso de <i>Deverra tortuosa</i> y sus	Todos los productos químicos de alto grado de pureza se obtuvieron de Sigma-Aldrich (St. Louis, MA, EE. UU.). Todas las soluciones se prepararon con agua bidestilada. Los análisis, mediciones cualitativas y cuantitativas involucraron el uso de las siguientes herramientas y	Mediante los extractos se reveló los activos con un alto contenido polifenólico que tienen la capacidad de quemar iones metálicos y ayudar en la bio-reducción de ZnO.NP.

Nombre del artículo	Como se llevó a cabo el proceso	Resultados obtenidos o aplicados
actividades citotóxicas	<p>sistemas: Licuadora de laboratorio mediante la cocción de la planta se remojó en 1 L de agua destilada, se mantuvo en un agitador a 20 °C durante 24 h para agitación continua a 100 rpm para una mezcla completa. Luego, el extracto se filtró y almacenó. Se llevó a cabo un examen fitoquímico preliminar del extracto para identificar los componentes activos, utilizando métodos estándar.</p> <p>La buena absorción de ZnO-NP en la región UV sugiere su aplicabilidad para aplicaciones médicas como antisépticos.</p>	<p>Esto promueve su utilización para la síntesis verde de otras NP metálicas en un aspecto ambiental estimularon la necesidad de sintetizarlas utilizando estrategias de química verde a través de sistemas biológicos</p>
(Abinaya et al., 2021) Síntesis verde de nanopartículas de óxido de magnesio y sus aplicaciones	<p>Las hojas se lavaron y se dejaron secar. Luego, las hojas secas se pulverizaron con un mortero y 20 g de hojas pulverizadas se mezclaron con 200 mL de agua desionizada y se calentaron a 80 °C usando un calentador-agitador durante 10 min. Luego, la mezcla se filtró y centrifugó para eliminar los residuos vegetales y las impurezas. Para la síntesis de ZnP por acetato de zinc y el extracto de la planta, 25 mL de 0,02 M Zn (OAc) 2.2H. La solución de O se mezcló con 1 mL de la L. nobilis extracto acuoso de hojas. La mezcla se agitó durante 2 h utilizando un agitador magnético a temperatura ambiente. Luego se añadió gota a gota NaOH 0,02 M hasta alcanzar</p>	<p>Las nanopartículas de óxido de tienen una banda prohibida amplia, propiedades fisicoquímicas y un área específica alta. Debido a estas cualidades, se informa que poseen buenas propiedades antimicrobianas. Además, las nanopartículas de ZnP también muestran la tendencia a producir superóxidos cuando entran en contacto con el oxígeno presente en la pared celular bacteriana. Los</p>

Nombre del artículo	Como se llevó a cabo el proceso	Resultados obtenidos o aplicados
	pH 12. La mezcla se agitó durante 1 hora más hasta obtener un producto sólido de color amarillo claro.	superóxidos producidos son más sensibles y destruyen muy rápidamente la pared celular bacteriana y los fosfolípidos presentes en ella.
(Gour & Jain, 2019) Avances en síntesis verde de nanopartículas, Células Artificiales, Nanomedicina y Biotecnología	Mientras se calienta a 0°- 90°C el polvo de agarosa normalmente se disuelve en agua, y cuando la temperatura se reduce a 35°C– 40°C, se forma un gel semisólido que es estable en un amplio rango de pH (de 3 a 9). La unión de O Inter penetrante entre los restos de azúcar dio como resultado la producción de esta red sol-gel y nano canales que contenían tamaños de poro de 200 nm.	Al investigar los efectos biológicos de las NP fotosintetizadas, se examinó la actividad antibacteriana de las mismas. Los resultados mostraron que los tamaños de cristal más pequeños con un área de superficie más alta conducían a una mayor actividad antibacteriana.
(Fakhari et al., 2019) Síntesis verde de nanopartículas de óxido de zinc: una comparación, Green Chemistry Letters and Reviews	En este estudio, se sintetizaron nanopartículas de óxido de zinc utilizando Laurus nobilis L. deja extracto acuoso y dos sales de zinc diferentes (acetato de zinc y nitrato de zinc) como precursores. Los espectros mostraron picos de absorción típicos en alrededor de 350 nm debido a su colosal energía de enlace de excitación a temperatura ambiente. para las nanopartículas sintetizadas por acetato de zinc y nitrato de zinc, respectivamente. Los análisis	Los estudios FT-IR mostraron claramente la formación de ZnO y los extractos de plantas contienen varios fitoquímicos que actúan como agentes protectores y estabilizadores de los ZNP sintetizados. Este resultado confirma la viabilidad de la síntesis de ZNP de una manera

Nombre del artículo	Como se llevó a cabo el proceso	Resultados obtenidos o aplicados
	EDX confirmaron la alta pureza de las nanopartículas sintetizadas.	sencilla, rápida y respetuosa con el medio ambiente.
(Charbgo et al., 2017) Nanopartículas de óxido de cerio: síntesis verde y aplicaciones biológicas.	Se mezclaron 300 mL de extracto (A. indica o A. vera) y 700 mL de acetato de zinc di-hidratado al 0,5 M. Las soluciones se mantuvieron en agitación constante a 60 °C por 2 h. Transcurrido el tiempo de reacción, se dejaron enfriar y se ajustó el pH alrededor de 7,0 con hidróxido de sodio (0,5 M), lo que condujo a la formación de precipitados. Las mezclas fueron centrifugadas a 5000 rpm por 15 min, se descartó el sobrenadante y las partículas sedimentadas se lavaron con agua destilada y etanol al 96 %, respectivamente. Las muestras obtenidas se secaron a 75 °C durante la noche y se calcinaron a 600 °C por 2 h. Finalizada la síntesis con cada extracto, se obtuvo un material sólido particulado que fue almacenado en recipientes herméticos hasta su caracterización y uso. En la presentación de los resultados se utilizó la nomenclatura NPs-ZnOA. indica como referencia a las nanopartículas de ZnO obtenidas con extracto de A. indica y NPs-ZnO A. vera para las nanopartículas de ZnO sintetizadas con extracto de A. vera.	Las NP de ZnO y Ag/ZnO obtenidas a través de la síntesis verde también son útiles en los vendajes clínicos antimicrobianos para la cicatrización de heridas

Nombre del artículo	Como se llevó a cabo el proceso	Resultados obtenidos o aplicados
<p>(Parra, 2010) Extracción de fibras de agave para elaborar papel y artesanías.</p>	<p>El uso de las fibras de las pencas del Agave para elaborar papel es muy limitado, y casi desconocido; de manera ocasional son utilizados los residuos denominados bagazo o marrana de la industria mezcalera y tequilera. Se utilizan diversos métodos en donde destaca el humedecimiento de las pencas por inmersión a cielo abierto y el cocimiento de las pencas, siguiente de la desfibración de las pencas rasgando o separando las fibras de las pencas y aplastando las fibras sin llegar a triturar o molerlas.</p>	<p>Se logra obtener una placa uniforme o distintos moldes para la realización de artesanías, en donde se consideran dos factores en la materia prima siendo el caso de que mientras más delgadas las hojas del agave pierden flexibilidad y no son tan suaves al tacto.</p>
<p>(Keya et al., 2019) Compuestos poliméricos reforzados con fibras naturales: historia, tipos, ventajas y aplicaciones.</p>	<p>El objetivo de este trabajo es revisar diferentes compuestos poliméricos basados en fibras naturales reforzadas en estos compuestos tienen propiedades mecánicas satisfactorias (es decir propiedades de tracción, comportamiento de tensión de formación por flexión, tenacidad a la fractura y resistencia a la fractura) que los hacen más atractivos que otros compuestos. Debido a su fácil disponibilidad y capacidad de renovación, las fibras naturales se pueden utilizar como alternativa a las fibras sintéticas como agente de refuerzo.</p>	<p>Desarrollo de materiales compuestos reciclables y ambientalmente sostenibles que se pueden producir a bajo costo y que se pueden preparar a partir de subproductos o residuos, en donde este muestra cómo se elabora una lámina como base para instrumentos musicales además de enfocar estos resultados distintas áreas como lo es el sector automotriz, médico y estructural.</p>

Nombre del artículo	Como se llevó a cabo el proceso	Resultados obtenidos o aplicados
<p>(Aranda-García et al., 2020)</p> <p>Absorción de agua y caracterización termo mecánica de compuestos bioplásticos extruidos de almidón/poli(ácido láctico)/fibra de bagazo de agave.</p>	<p>En este proceso los materiales deben de contener una humedad del 10%, donde se busca preparar una mescal de tps, después de secar el almidón durante 24 h a 60°C, se mezcló manualmente con glicerol (30% en peso) hasta obtener una mezcla homogénea. Se mezcló TPS con diferentes cantidades de fibra para obtener un cordón continuo de mezcla de polímeros o compuestos que fueron moldeados por compresión térmica en un equipo de compresión Schwabenthan Polystat 200T a 180°C y 200 bares durante 2,5 minutos, manteniendo la presión durante 10 minutos más durante la etapa de enfriamiento.</p>	<p>Se logro construir varias películas de almidón de patata mejoraron cuando se mezclaron con fibras naturales, mostrando también una disminución en la sensibilidad a la humedad, manteniendo la biodegradabilidad.</p> <p>Además, encontraron que al aumentar el contenido de glicerol aumenta la humedad de equilibrio y que dicho parámetro disminuye cuando aumenta el contenido de fibra, se le aplicaron pruebas termo mecánicas y de resistencia dependiendo del nivel de fibras naturales y de la mezclas de tps.</p>
<p>(Aranda-García et al., 2020)</p> <p>Fibra de coco y cáscara de banano como alternativa para la producción de material biodegradable.</p>	<p>Los materiales utilizados para la elaboración de material biodegradable a partir de fibra de coco y cáscara de plátano, se corta la materia prima y se muele para evitar fibras con diferentes tamaños, se pesa y se agrega el papel reciclado y agua para mesclar y obtener una pasta uniforme, se cola la mezcla si presenta exceso de agua y se coloca en el</p>	<p>El resultado final fue un prototipo de plato con una placa de material biodegradable empleando dos materias primas distintas, pero que al comparar su tiempo de degradación es muy similar estando en un</p>

Nombre del artículo	Como se llevó a cabo el proceso	Resultados obtenidos o aplicados
	molde y se aplica presión, se agrega glicerina de uso alimenticio y se deja secar a temperatura ambiente.	rango de 35 a 40 días, el cual está enfocado a su aplicación para sustituir los plásticos.
(Merino et al., 2021) Cáscaras y semillas de aguacate: estrategias de procesamiento para el desarrollo de películas bioplásticas altamente antioxidantes	Las semillas y cáscaras de aguacate se obtuvieron de frutos semilla de aguacate maduros de aguacate se obtuvo después de retirar la parte comestible con una cuchara. Los AP y AS se lavaron a mano con agua del grifo y se almacenaron a -18°C. Después de eso, se secaron en un horno a 40°C durante 48 h y finalmente molido a polvo para obtener un polvo fino con un tamaño de partícula menor a 300 µm. los gránulos de almidón, las pequeñas moléculas solubles en agua y las pequeñas partículas de polvo se separaron de las fibras filtrándolas a través de un tamiz de malla, mezclándolo con una ase de resina de poli glicerina para aumentar la resistencia al agua.	Se logró obtener una película de almidona con las diferentes características de aguacate en donde recalcan el uso de la cascara sobre el hueso, esta contine un mayor índice de almidón siendo clave para la preparación de la base del polímero y poder ser mezclada con la fibra, se hizo general es para el embalaje de algunos elementos.
(Moccia et al., 2020) La cáscara de la nuez pecana (Carya illinoensis (Wagenh.) K. Koch) como fuente accesible de polifenoles para el envasado activo y la	El descascarado de la nuez es un proceso que requiere la intervención del capital humano apoyado por la maquinaria o tecnología existente para llevar a cabo las actividades correspondientes. Para separar el fruto y la cáscara de nuez, es necesario humedecer la cáscara, para quebrar y descascarar la almendra. La cáscara de nuez en este punto se vuelve	Los incompuestos obtenidos se pueden utilizar en la industria de la construcción, en el sector automotriz y juguetería, estos contienen una concentración de polímeros del 20% al 50% del total de la masa de

Nombre del artículo	Como se llevó a cabo el proceso	Resultados obtenidos o aplicados
estabilización de colorantes alimentarios.	un residuo importante, el cual no se aprovecha para obtener subproductos La cáscara de nuez presenta alto contenido de celulosa (un biopolímero), la cual se puede separar por diversos métodos, e incluso se pueden obtener nano fibras de celulosa que se pueden utilizar para reforzar a un plástico convencional, dotándolo al mismo tiempo de cierta degradabilidad. Llevando a cabo la mezcla mediante una extrusora para poder definir un tamaño adecuado para su manejo.	fibra aumentando su resistencia, pero reduciendo su flexibilidad en esta se puede obtener placas finas en donde estas tienden a tener una mayor resistencia a la humedad y al fuego.
(Munoz & Riley, 2018) Aprovechamiento de residuos celulósicos del bagazo de tequila y producción de bioplásticos de polihidroxialcanoato	La utilización de los residuos de la agricultura se está volviendo cada vez más importante debido a las preocupaciones sobre el impacto ambiental. Este proceso empieza a partir del secado del bagazo para poder extraer la fibras y se procede a triturar buscando un porcentaje de 458 nm Para realizar la extracción de los jugos , se coloca las muestras en una tubería metálica de 24.13 cm de largo por 8.54 de diámetro, y se ejerce presión con un cilindro de metal ajustado dentro de la tubería con una prensa hidráulica, se retiran los líquidos. Los sólidos de bagazo de agave se secan a 60°C en un horno durante 18-24 h para reducir la humedad de la muestra a aproximadamente a 5% en donde a esta se	Se pudo obtener una película a base de los residuos del agave enfocado para el sector médico y automotriz debido a su alto índice de tolerancia para la reducción de bacterias y su alta resistencia a los impactos, en donde se pretende aumentar la vida útil de este mediante la utilización de los pH y facilitando su biodegradación.

Nombre del artículo	Como se llevó a cabo el proceso	Resultados obtenidos o aplicados
	le añade una resina a base de MgO buscando la generación de una biomasa.	
(Anugrahwidya et al., 2021) Bióplásticos a base de almidón con fibra adicional y nanopartículas: características y rendimiento de biodegradación	Se cortaron las tres hojas centrales del abanico, de abajo hacia arriba y de adentro hacia afuera. Posteriormente, se procedió a la remoción de la quilla (nervio central) de cada hoja a 5 mm de ancho, y esta fue descartada al igual que la base y los bordes. A continuación, las fracciones fueron cepilladas con una cardadora metálica, y con ello se produjo la separación de las fibras del resto de materiales. El raspado de las hojas con la cardadora fue realizado en forma ordenada y secuencial, iniciando en la parte superior de la hoja, raspando y peinando hasta alcanzar una buena liberación de las fibras. Al terminar con la totalidad de la hoja, las fibras fueron sometidas a un proceso de limpieza manual para tratar de retirar el material de soporte adherido a las fibras. Finalmente, las fibras fueron colgadas para su secado.	La adición de nanopartículas también se realiza rápidamente porque la aplicación de polímeros inorgánicos puede aumentar la rigidez y la resistencia a la tracción del bioplástico resultante. Entonces, en esta revisión describimos las características y el rendimiento de biodegradación de varios plásticos biodegradables a base de almidón adicionados con fibras y nanopartículas y se espera que esta revisión contribuya en el futuro a hacer bioplásticos cuyo objetivo es facilitar la determinación de los componentes del material a utilizar.
(Chong et al., 2021) El potencial de la fibra lignocelulósica de desecho de maíz como compuestos	Las hojas inmersas en un baño de deslignificación de concentración de peróxido de hidrógeno y ácido acético igual a 37.5 % en peso, sumergidas durante 60 minutos y cuya relación masa	La comprensión entre el método de procesamiento, la estructura de la fibra y el rendimiento del bioplástico reforzado

Nombre del artículo	Como se llevó a cabo el proceso	Resultados obtenidos o aplicados
bioplásticos reforzados mejorados.	de licor/masa de hoja es igual a 3, son aquellas que resultaron más fáciles de extraer, en el contenido de celulosa de las fibras, lo cual significa que el tiempo de inmersión de las hojas fue adecuado, debido a que los reactivos del baño de deslignificación no atacaron a la celulosa de las fibras, y por el contrario existe un aumento en dicho porcentaje.	tampoco está clara, por lo que requiere más dado que la sostenibilidad es un tema importante para llevar los bioplásticos al mercado comercial, se debe explorar la biodegradación de los nuevos compuestos bioplásticos. Enfocado a el área automotriz para aumentar la ligereza de las piezas.
(Alsubari et al., 2021) Potencial de los compuestos poliméricos reforzados con fibra natural en estructuras sándwich: una revisión de sus propiedades mecánicas.	Mediante el tratamiento de la fibra y la hibridación. La estructura sándwich, por otro lado, es una combinación de dos o más componentes individuales con diferentes propiedades, que cuando se unen pueden dar como resultado un mejor rendimiento. Las estructuras sándwich se han utilizado en una amplia gama de aplicaciones de materiales industriales. Se sabe que son livianos y buenos para absorber energía, brindan una resistencia superior y una relación rigidez-peso.	Se informó que, en comparación con los compuestos individuales, esta hibridación aumentó la absorción de energía. En otro estudio, se encontró que la hibridación de compuestos reforzados con fibra de ramio/yute con una fracción de volumen de fibra de ramio, alrededor del 55%, mejoró la absorción de energía y la resistencia al impacto en comparación con las fibras individuales.

Nombre del artículo	Como se llevó a cabo el proceso	Resultados obtenidos o aplicados
<p>(Ortega et al., 2021) Compuestos de base biológica a partir de residuos y subproductos agroindustriales.</p>	<p>Para la extracción de las fibras se utilizó un triturador mecánico. Uno de los inconvenientes del empleo de este método es la dificultad de obtener fibras de igual longitud</p> <p>Para solucionar esta limitación las fibras fueron revisadas y cortadas manualmente a una longitud promedio igual a 15mm. Las fibras fueron sumergidas en una solución al 10% de hidróxido de sodio, durante 48 horas. El proceso fue seguido de un lavado con agua a temperatura ambiente e inmersión durante 24 horas en agua destilada. Posteriormente fue realizado un segundo lavado, para retirar los residuos de la solución alcalina. El proceso finalizó con un secado a temperatura ambiente por 72 horas, con el objetivo de que el material adquiriera su humedad natural.</p>	<p>Se logró obtener una lámina que muestra el efecto de los tratamientos superficiales en las propiedades de compuestos elaborados con un porcentaje definido de fibras vegetales y resina polimérica en un incremento de las propiedades mecánicas indicando que el tratamiento con plasma mejora la adhesión de la fibra/matriz.</p>
<p>(Prathna et al., 2020) La radiación solar indujo la síntesis verde de nanopartículas de plata estables utilizando extracto de limón cítrico.</p>	<p>En el presente estudio, las nanopartículas de plata se sintetizaron fotoquímicamente rápidamente mediante el tratamiento de iones de plata con limón (limón cítrico) extraer utilizando la radiación solar. Se investigó en detalle el efecto del período de tiempo del día sobre la velocidad de reacción y la formación de nanopartículas. En el proceso</p>	<p>El método es un método novedoso, rentable y energéticamente eficiente que excluye el uso de agentes estabilizadores / protectores externos. Con un tiempo de interacción de más rápido, se produjeron nanopartículas</p>

Nombre del artículo	Como se llevó a cabo el proceso	Resultados obtenidos o aplicados
	estandarizado la solución de nitrato de plata.	de tamaño inferior a 50 nm con forma casi esférica. Los estudios FTIR y el análisis mostraron la presencia de componentes bio-orgánicos que actuaron como un probable estabilizador para las nanopartículas de plata sintetizadas.
(Mirpoor et al., 2021) Biorrefinación de tortas de aceite de semilla como flujos industriales para la producción de bioplásticos innovadores.	Los COS son subproductos industriales voluminosos de calidad alimentaria y se necesitan enfoques biotecnológicos novedosos para valorizar las diferentes corrientes industriales que contienen altas cantidades no solo de petróleo sino también de COS. Aunque se sabe que los residuos de los cultivos de semillas oleaginosas son extremadamente ricos en ingredientes valiosos, como proteínas, fibra y varios compuestos bioactivos, estos subproductos se consumen hasta ahora principalmente como suplementos para piensos, aditivos alimentarios o fertilizantes en sus áreas de producción. El contenido proteico relativamente alto y su bajo costo hacen que el SOC sea una fuente adecuada también para desarrollar materiales bioplásticos.	Obtuvieron películas a base de aislado de proteína de colza en presencia de SDS al 10% (como desnaturizante de proteínas), glicerol (como plastificante) y ácido esteárico (como plastificante). Se encontró que las propiedades mecánicas, térmicas y de absorción de agua de las películas preparadas mejoraron significativamente.

Nombre del artículo	Como se llevó a cabo el proceso	Resultados obtenidos o aplicados
<p>(Shanmugam et al., 2019)</p> <p>Películas de nano celulosa como barreras de aire y vapor de agua: una alternativa reciclable y biodegradable a los envases de poliolefina.</p> <p>Materiales y Tecnologías Sostenibles</p>	<p>Los polímeros naturales son una opción potencial para reemplazar los plásticos derivados de combustibles fósiles. Sin embargo, los polímeros naturales como el almidón y el quitosano no tienen una resistencia lo suficientemente buena ni un rendimiento de barrera apreciable. Por lo tanto, las fibras NC, se están desarrollando activamente como capas de barrera alternativas a los plásticos convencionales aún capaces de funcionar aceptablemente para la mayoría de las aplicaciones de empaques sintéticos. Las películas de nano celulosa ahora pueden proporcionar una alternativa al empaque convencional, y se reciclan y reprocesan fácilmente en un material de barrera potencial.</p>	<p>Los envases a base de fibra de celulosa son renovables, fácilmente reprocesables, reciclables y biodegradables, sin embargo, es un material de mala barrera tanto antes como después del reciclaje, especialmente contra el aire y el vapor de agua. La nano celulosa (NC), formada al descomponer las fibras de celulosa en fibras de diámetro a nano escala, es una alternativa renovable a las capas de barrera de envasado de polímeros sintéticos.</p>
<p>(Versino et al., 2018)</p> <p>Uso sostenible de raíces de yuca (Manihot esculenta) como materia prima para el desarrollo de materiales compuestos.</p> <p>Cosechas y Productos Industriales</p>	<p>Este trabajo se enfoca en el uso de cáscara y bagazo de raíces de yuca como rellenos naturales de materiales TPS a base de almidón de yuca. Se realizó un análisis profundo de la microestructura de los materiales compuestos para respaldar las propiedades mecánicas y de barrera de los materiales finales. La adición de relleno aumentó la capacidad de barrera UV y la opacidad de los materiales TPS, aunque se mantuvo la permeabilidad al vapor de agua. Ambos</p>	<p>El bagazo de yuca es un subproducto de la industria de procesamiento de yuca, que es un material fibroso que contiene alrededor de 30 a 50% de almidón en peso seco. Mediante la fermentación del bagazo de yuca se pueden obtener productos no alimentarios, el moldeo por compresión de</p>

Nombre del artículo	Como se llevó a cabo el proceso	Resultados obtenidos o aplicados
	<p>subproductos refuerzan las matrices de TPS a pesar de que se utilizaron bajas concentraciones de relleno.</p>	<p>almidón condujo a materiales sinterizados relativamente frágiles, mientras que mediante el moldeo por inyección de almidón nativo se obtienen materiales amorfos con propiedades mecánicas.</p>
<p>(Calabria et al., 2021) Mezclas biodegradables moldeadas por inyección de aislado de proteína de soya/poli (ácido láctico) para la liberación lenta de fertilizantes.</p>	<p>Se informa sobre un sistema de fertilizante de liberación lenta que consta de materiales derivados exclusivamente de la biomasa y adecuados para la producción de piezas moldeadas por inyección, como contenedores para el cultivo de plantas, y uso como gránulos. soja (ácido láctico) plastificadas con triacetina. Se accedió a la biodegradación examinando la pérdida de peso y la morfología de la superficie en función del tiempo de incubación en el suelo.</p>	<p>Aquí se pone especial interés en el aislado de proteína de soya que ha atraído un considerable interés porque puede producir geles y someterse a un procesamiento de fusión convencional similar a un termoplástico, especialmente en presencia de componentes secundarios como poliésteres y plastificantes responsables de la reducción de la viscosidad de fusión impartida por fuertes interacciones intramoleculares e intermoleculares. De hecho, SPI se ha combinado con éxito con polímeros sintéticos y naturales, aportando su</p>

Nombre del artículo	Como se llevó a cabo el proceso	Resultados obtenidos o aplicados
		biocompatibilidad y características ecológicas a una amplia gama de materiales producidos para diferentes aplicaciones.
<p>(Chaireh et al., 2021.) Novedosa espuma compuesta hecha de almidón y jacinto de agua con recubrimiento de cera de abejas para aplicaciones de envasado de alimentos.</p>	<p>Las espumas de poliestireno son ligeras, resistentes al agua y proporcionan un buen aislamiento térmico. Están ampliamente utilizado en la construcción, el transporte, el embalaje y otras industrias. Sin embargo, desde que no son compostables ni reciclables, desechar las espumas de poliestireno causa graves problemas ambientales. La espuma preparada a partir de almidón, por otro lado, es totalmente biodegradable en una amplia variedad de condiciones ambientales y el uso de espuma de almidón el embalaje es una posible solución a algunos de los problemas creados por la espuma de poliestireno. Sin embargo, la espuma de almidón tiene malas propiedades mecánicas y poca resistencia al agua. Estos inconvenientes deben paliarse significativamente para mejorar la calidad de las espumas de almidón y quizás también ampliar sus aplicaciones.</p>	<p>Dado que la morfología de la fibra es una de las influencias más importantes en las propiedades de este tipo de material compuesto, está a partir de estos resultados, se concluyó que 5% en peso de polvo WH era la carga óptima. Este contenido de relleno produjo la espuma de almidón con las mejores propiedades mecánicas, menor humedad contenido y distribución de tamaño de celda más uniforme. Por lo tanto, este compuesto se utilizó en la evaluación de los efectos del recubrimiento de cera de abejas sobre la resistencia al agua de la espuma de almidón.</p>
<p>(Vercelheze et al., 2021)</p>	<p>Los compuestos reforzados con fibras han sido estudiados en diversas aplicaciones y</p>	<p>Las pastas de almidón deben tener ciertas</p>

Nombre del artículo	Como se llevó a cabo el proceso	Resultados obtenidos o aplicados
Propiedades de las espumas horneadas a base de almidón de yuca, fibras de bagazo de caña de azúcar y montmorillonita.	revisados por diferentes autores porque tienen excelentes propiedades específicas, como alta resistencia, bajo peso y buenas propiedades de barrera. En ese sentido, las fibras naturales son generalmente interesantes porque no solo tienen la capacidad funcional de sustituir a las fibras de vidrio ampliamente utilizadas, sino que también tienen ventajas desde el punto de vista del peso y la adhesión fibra-matriz, específicamente con materiales de matriz polar, como matrices bio-poliméricas. Estos materiales de base agrícola son abundantes en la naturaleza y con frecuencia son residuos de varios procesos industriales.	características reológicas, que eviten el colapso a medida que se evapora el agua. Las pastas con bajo contenido de agua resultaron muy viscosas y dan como resultado espumas menos expandibles y de mayor densidad, y la presencia de fibras y otros sólidos en las formulaciones son responsables de aumentar la viscosidad de la mezcla
(Verma et al., 2019) Compuestos poliméricos reforzados con fibra natural: estudio de viabilidad para industrias automotrices sostenibles. En Biomasa, materiales basados en polímeros naturales y bioenergía	Los compuestos poliméricos reforzados con fibra natural son una industria en crecimiento debido a que son muy amigables con el medio ambiente y tienen propiedades mecánicas adecuadas, además de la amplia disponibilidad de sus materias primas. Las fibras naturales se pueden definir implemente como fibras que no son sintéticas ni artificiales. Las fibras naturales se pueden definir simplemente como fibras que no son sintéticas ni artificiales. Estas fibras incluyen bambú, fibra de coco, cáñamo y	El desarrollo de un material compuesto fibroso usando fibra de ortiga y PLA. Analizaron el papel del proceso de cardado en la determinación de la resistencia a la tracción de los materiales compuestos. También se observa que la velocidad del cilindro da como resultado un aumento en la resistencia a

Nombre del artículo	Como se llevó a cabo el proceso	Resultados obtenidos o aplicados
	algodón, y pueden provenir de plantas o animales.	la tracción de los materiales compuestos. La contracción de las telas de fibra se produce durante la operación de cardado. Los autores también informaron sobre las diferentes propiedades mecánicas de los materiales compuestos, como la densidad, la tracción, la flexión y las propiedades de impacto
(Chávez-González et al., 2020) Procesos de extracción convencionales y emergentes de flavonoides.	Existe una metodología general que consta de tres etapas para el aislamiento, extracción e identificación de fitoquímicos de fuentes naturales. El pretratamiento o preparación de una muestra es el primer paso en el que se puede utilizar el proceso de centrifugado, filtración, secado y otros. En la segunda etapa destaca la extracción, aislamiento y purificación de compuestos flavonoides a partir de diferentes muestras vegetales. En este paso, los fitoquímicos se extraen mediante procesos como soxhlet, maceración, infusión de agua, extracción con fluidos supercríticos, extracción en micro fase sólida, extracción por microondas, ultrasonido, auto hidrólisis, etc. En el último paso, los extractos	Los mejores resultados mostraron el contenido de flavonoides de 65,0 y 31,3 QE/100 gdm. Por otra parte, los flavonoides se extrajeron Odontonema stricto hojas con dióxido de carbono supercrítico y etanol. El efecto de la temperatura (55–65°C) sobre el contenido total de flavonoides fue optimizado. El contenido total de flavonoides y la recuperación de flavonoides varían respectivamente de

Nombre del artículo	Como se llevó a cabo el proceso	Resultados obtenidos o aplicados
	<p>purificados y extraídos normalmente se utilizan para estudio mediante técnicas cromatográficas, que normalmente implican la identificación, cuantificación y recuperación de compuestos flavonoides.</p>	<p>99,33 a 247,78 mg/g de extracto seco y de 10,68 a 18,92 mg/g de polvo de hojas secas</p>
<p>(Ochoa et al., 2019) Los flavonoides: notas generales y su aplicación en la industria alimentaria. Ingeniería y competitividad</p>	<p>Separación y secado son comunes e independientes del compuesto de interés. Durante el proceso se utilizan temperaturas menores a 60 °C y pH entre 2 y 5 para mantener la calidad del producto y además se evita el uso de aditivos, conservantes o inhibidores artificiales de microorganismos. El procedimiento de extracción tradicional consiste en homogenizar los tejidos en un medio de alcohol o alcohol acidificado para realizar la extracción, adsorber los pigmentos en una resina de intercambio iónico, separar el pigmento de la resina usando un solvente como etanol y secar. La materia prima debe macerarse o molerse antes del tratamiento en el medio de extracción y puede usarse fresca, congelada o seca. Se prefiere la muestra congelada para inducir a la formación de cristales que rompen las paredes celulares y facilitar la extracción de sustancias de la célula.</p>	<p>Los productos naturales permiten a las industrias de alimentos, de suplementos dietéticos y de aditivos de alimentos utilizar compuestos aceptados por los consumidores que actúan tan efectivamente como los productos sintéticos y ofrecen beneficios significativos a la salud. Antioxidantes en alimentos La adición de antioxidantes es uno de los métodos más populares para incrementar la vida útil de los productos alimenticios que está asociada con la peroxidación lipídica. Se ha encontrado que con antocianinas se puede lograr un porcentaje de</p>

Nombre del artículo	Como se llevó a cabo el proceso	Resultados obtenidos o aplicados
		inhibición entre 93.5 y 100%, frente a los obtenidos con antioxidantes sintéticos.
<p>(Bimakr et al., 2010)</p> <p>Comparación de diferentes métodos de extracción para la extracción de los principales compuestos flavonoides bioactivos de las hojas de menta verde</p>	<p>Después de la extracción, el extracto se recolectó y el disolvente (etanol) se eliminó con un evaporador rotatorio al vacío (Eyela, A-1000 S, Japón) a presión reducida a 40°C (temperatura del baño de agua). Luego se utilizó una medición gravimétrica para obtener la cantidad de extracto crudo total en peso.</p> <p>Posteriormente, para destruir los enlaces de glucósidos, cada muestra se hidrolizó con ácido de la siguiente manera: 0,05 g de muestra + 16 ml de H₂O + 24 ml de metanol puro + 5 ml de HCl (6 M) (Perv-Uzunalic et al., 2006). Después de 2 min de homogeneización manual para completar el efecto de la hidrólisis ácida, la muestra se calentó a reflujo a 90°C durante 2 h y finalmente se enfría a temperatura ambiente. Luego, la muestra se filtró a través de papel filtro 541, 70 mm. Mediante el uso de un juego de filtro de jeringa, la muestra se filtró a través de un filtro de membrana de nailon de 0,45 m. Al final, el de extracto obtenido usando SFE se analizaron cuantitativamente por HPLC para la detección de compuestos flavonoides.</p>	<p>Según los resultados obtenidos de la extracción Soxhlet convencional, los solventes polares muestran mejores recuperaciones de flavonoides y los solventes con menor polaridad permiten extraer una alta concentración de flavonoides. El etanol puro y el etanol al 70% fueron solventes seguros con menor toxicidad que el metanol. Además, se podría aislar un buen rendimiento y una alta concentración de compuestos flavonoides bioactivos con estos solventes seguros de la matriz vegetal.</p>

Nombre del artículo	Como se llevó a cabo el proceso	Resultados obtenidos o aplicados
<p>(Jara et al., 2018)</p> <p>Optimización de los parámetros de extracción de flavonoides de la Chijchipa.</p>	<p>En extracción bajo reflujo, el material vegetal está sumergido en el solvente dentro de un matraz o balón, el cual está conectado a un condensador. El solvente es calentado hasta que alcance la temperatura deseada, usualmente la de ebullición. Los vapores que se generan van siendo condensados y el solvente se recicla al recipiente.</p> <p>Se calculó el contenido de flavonoides en mg EQ/g MS para cada tratamiento realizado con la concentración de la solución, los volúmenes trabajados y la cantidad de materia vegetal utilizada.</p>	<p>La diferencia entre los resultados obtenidos con los de esta investigación es debido a diversos factores como el método de extracción empleado, partes de la planta utilizadas, especie de la planta utilizada, solventes y reactivos utilizados, temperatura y estación de crecimiento de la planta, condiciones ambientales durante la parte experimental y preparación previa a la muestra.</p>
<p>(Luna et al., 2020)</p> <p>Métodos respetuosos con el medio ambiente para la extracción de flavonoides a partir de material vegetal: impacto de sus condiciones operativas en el rendimiento y las propiedades antioxidantes.</p>	<p>Para la extracción de los compuestos polifenólicos es necesario adecuar la muestra como se muestra a continuación.</p> <p>Lavado y corte. Se realiza con la finalidad de remover las impurezas que la cáscara contenga y se realiza el corte de esta para facilitar los posteriores procesos.</p> <p>Secado. La muestra debe ser secada a una temperatura inferior a 60°C (por aproximadamente 24 horas) y su porcentaje de humedad no debe ser mayor al 10%</p> <p>Molienda. Para aumentar el rendimiento de la extracción es necesario aumentar el</p>	<p>Aunque inicialmente se planteó que la temperatura de extracción no debía superar los 60°C por tratarse de compuestos bioactivos, los resultados obtenidos por el método soxhlet demuestran que a temperaturas de 70°C como en el caso del etanol, se obtienen rendimientos considerables y el contenido de material fenólico es significativo,</p>

Nombre del artículo	Como se llevó a cabo el proceso	Resultados obtenidos o aplicados
	<p>área de contacto del soluto con el solvente⁷², por tal motivo la muestra debe ser sometida a un proceso de molienda en el cual se disminuirá el tamaño de partícula.</p> <p>Tamizado. Esta operación se realiza con la finalidad de separar las partículas gruesas de las finas para que estas últimas sean sometidas al proceso de extracción. Se ha comprobado que en cuanto menor es el tamaño de partícula de la muestra mayor</p>	<p>esto se debe a la estabilidad de los flavonoides en los procesos de extracción y purificación pues presentan una alta resonancia otorgada por los anillos bencénicos lo cual implica alta estabilidad molecular siendo capaces de soportar bajas y altas temperaturas, hasta de 300°C. Por esta misma razón estos compuestos “pueden ser extraídos con solventes orgánicos sin perder sus propiedades estructurales”</p>

Figura 24. Recopilación de información sobre los temas de investigación aledaños a la toma de decisiones para determinar la mejor propuesta. (elaboración propia, 2022)

3.2 Análisis de la información obtenida de artículos de investigación.

Fibras Naturales utilizadas como base biológica

El uso de fibras naturales como refuerzos ha llevado a la industria a considerar el uso de estos materiales para producir componentes de bajo impacto combinados con excelentes propiedades mecánicas a bajo costo.

Como se puede observar en figura 25, muestra lo que son los diferentes materiales que se pueden utilizar como fibras naturales a partir de los residuos agroindustriales utilizados en distintos artículos de investigación, siendo el caso del agave, cascara de arroz, donde estos son

los más utilizados en comparación con los demás, teniendo un bajo precio no solo por ser residuos agroindustriales, sino por su acceso fácil y rápido.

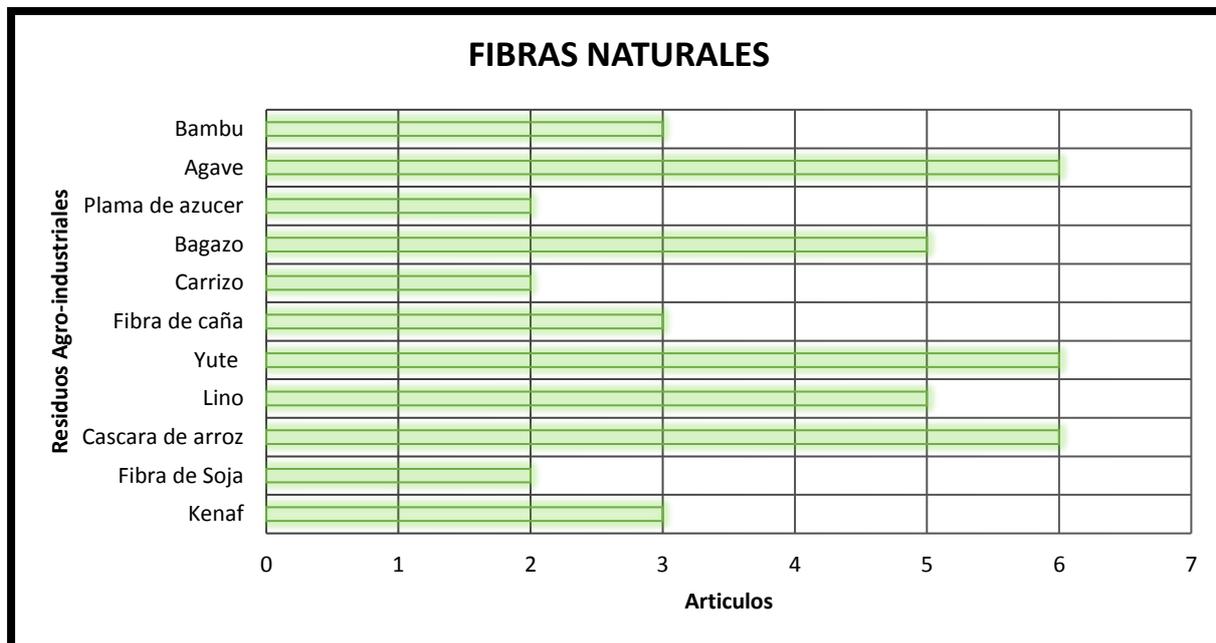


Figura 25. Fibras naturales más utilizadas como base biológica. (elaboración propia, 2022)

Polímeros Naturales más utilizados mediante una base de almidón.

Los productos a base de almidón, como las dextrinas y la glucosa, se utilizan ampliamente como materias primas para los medios de fermentación. La glucosa se fermenta y se convierte en ácido láctico, se polimeriza en polímeros de alto peso molecular como el ácido poli láctico (PLA). Utilizado como plástico biodegradable.

Conforme a la figura 26, se observa un claro referente utilizados por los autores de los artículos, siendo la cebada de maíz, esta es muy fácil de conseguir y se caracteriza por tener un alto nivel de almidón, no solamente este es el más usado en donde destaca el camote, nopal y la cebada de trigo, de los cuáles se deriva un polímero natural que puede ser usado como matriz para una base de fibras naturales, permitiendo su degradación.

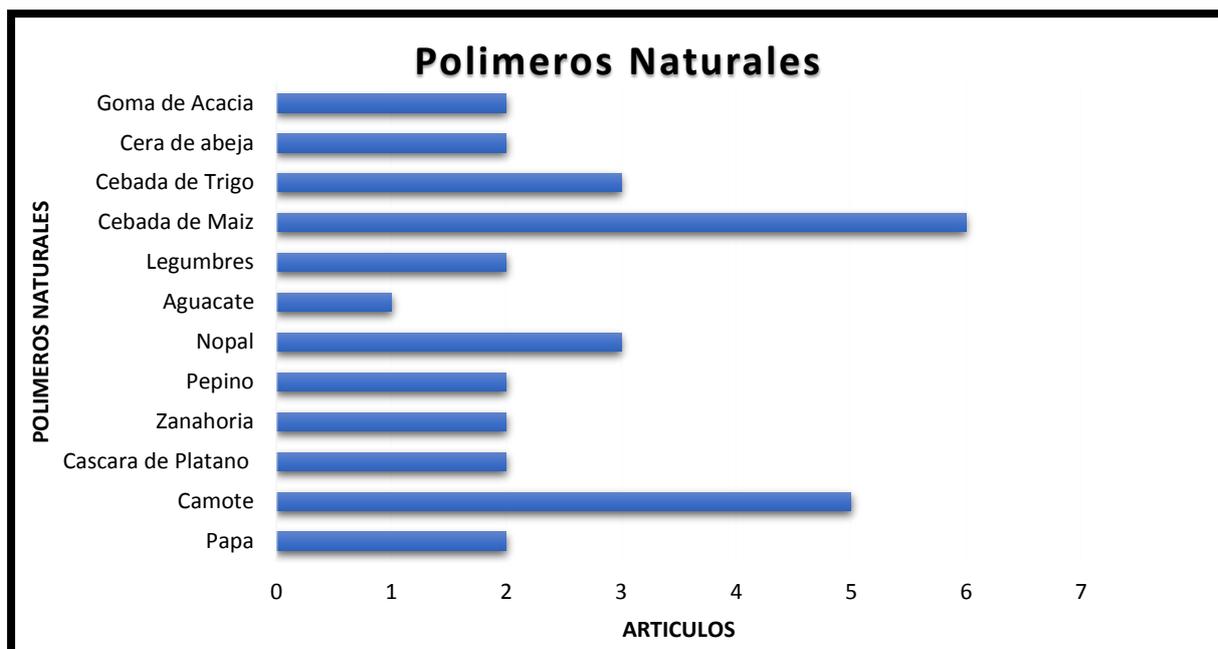


Figura 26. Polímeros naturales más utilizados mediante una base de almidón. (elaboración propia, 2022)

Polímeros a base de resinas epóxicas

Originalmente, los materiales compuestos únicamente empleaban fibras de tipo sintéticas debido a su relativo bajo costo y buenas propiedades mecánicas, siendo las fibras de vidrio y las fibras de carbono las más utilizadas por la industria automotriz, así como se puede observar en la figura 27, existe una considerable cantidad de polímeros empleados como matriz en materiales compuestos destinados a aplicaciones automotrices.

Existen diversos métodos o técnicas para la obtención o fabricación de materiales compuestos a base de polímeros reforzados con fibras naturales. Algunos métodos como los de extrusión, moldeo por inyección, moldeo por compresión y el moldeo por transferencia de resina son algunos de los métodos más utilizados. Donde destacan la glicerina y el poliéster siendo estos dos los más comunes y utilizados para la creación de plásticos con un alto índice de eficiencia al momento de ser usados para distintos fines.

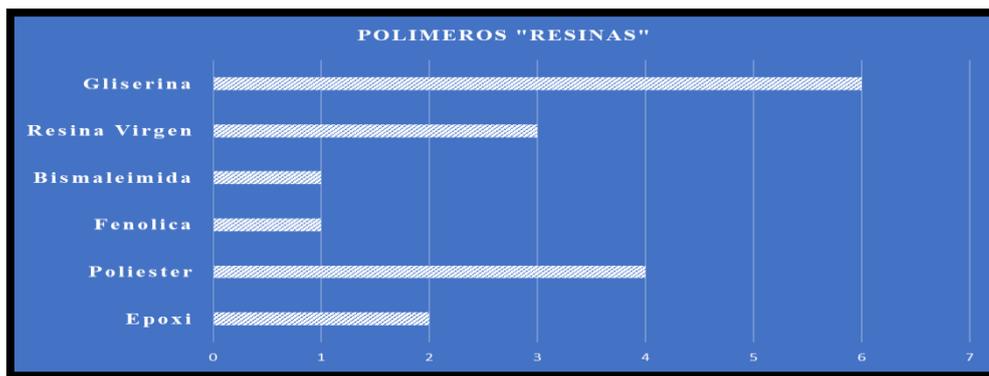


Figura 27. Polímeros más utilizados mediante una base de resinas. (elaboración propia, 2022)

Síntesis Verde para la obtención de nanopartículas.

Las nanopartículas han recibido mucha atención en la nanotecnología debido a sus útiles aplicaciones como catalizadores, celdas de combustible y antioxidantes en sistemas biológicos, mediante la recolección de datos se mostró que los tamaños más pequeños con un área de superficie más alta conducían a una mayor actividad antibacteriana.

Conforme a la figura 28, se muestra que el NaO y el ZnO son los más utilizados por los investigadores como catalizadores y anti patógenos con forme a la reestructuración de las nanopartículas por medio de la síntesis verde.

Todas las nanopartículas de óxido de contienen los mismos elementos centrales, sin embargo, no muestran efectos biológicos similares dependiendo del tipo de agente estabilizador utilizado.

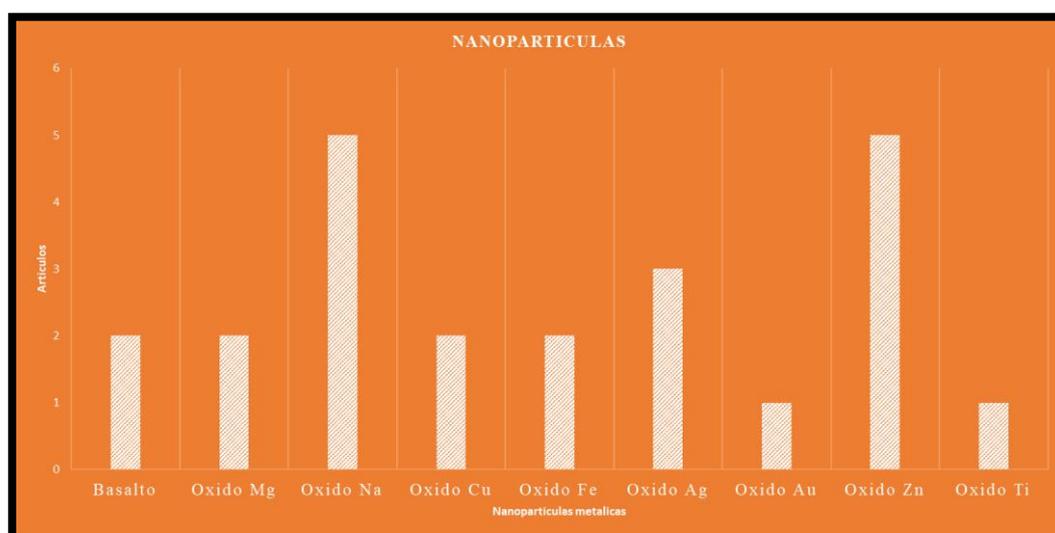


Figura 28. Nanopartículas de oxido utilizadas en la síntesis verde. (elaboración propia, 2022)

Síntesis verde mediante plantas.

Uno de los pilares básicos de la síntesis verde es el aprovechamiento de las plantas para la obtención de extractos con alta capacidad antioxidante como polifenoles, azúcares reductores, bases nitrogenadas y aminoácidos. Pueden reducir cationes en soluciones de sales metálicas. La reducción inicial de iones metálicos provoca la formación de centros de nucleación que secuestran iones metálicos adicionales y también incorporan sitios de nucleación cercanos, lo que a veces conduce a la nucleación en nanopartículas.

La figura 29, presenta datos recabados en artículos podemos definir que el té verde y la mejorana permiten tener una mayor concentración para la obtención de nanopartículas, consiguen estabilizar las partículas de tamaño nanométrico. Otra ventaja que presenta el empleo de métodos de química verde es la posibilidad de controlar el tamaño de las nanopartículas variando la concentración de extracto vegetal.

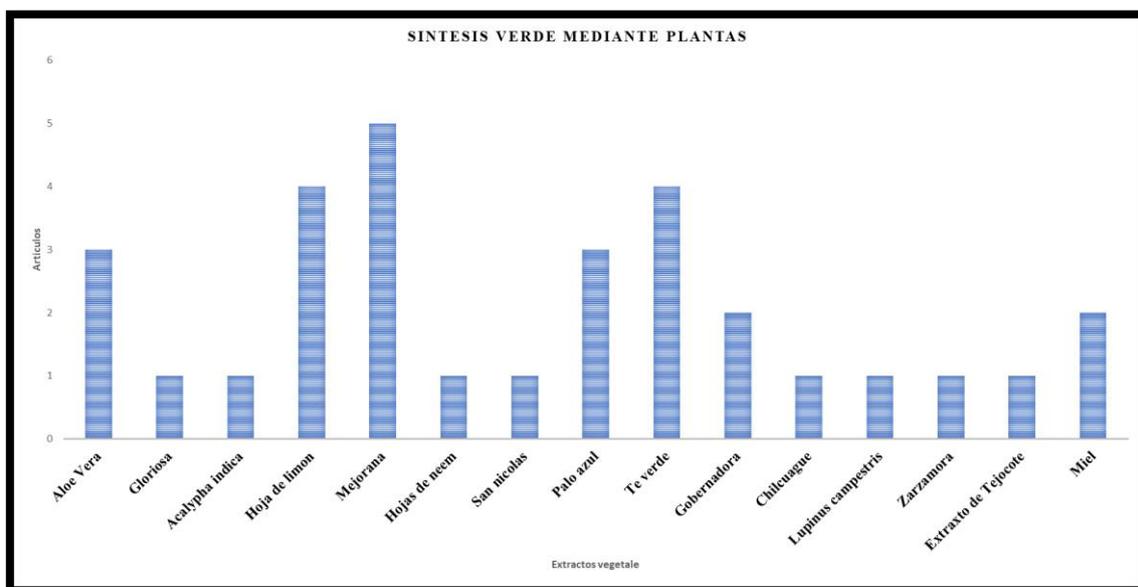


Figura 29. Nanopartículas de óxido más utilizadas en la síntesis verde. (elaboración propia, 2022)

Los métodos de caracterización e identificación de flavonoides son los mismos que se utilizan para otras sustancias naturales. El modelo más común es preparar un extracto, hacer la separación biológica y terminar con las etapas de fraccionamiento y aislamiento.

En el campo de los aditivos en alimentos hay una tendencia creciente de reemplazar los aditivos sintéticos por naturales, debido a que la población mundial está cambiando sus hábitos

alimenticios prefiriendo lo natural y a las restricciones para el uso legal de antioxidantes, colorantes y productos sintéticos en alimentos por su efecto nocivo para la salud.

Existe la oportunidad de aprovechar los residuos generados en las industrias de procesamiento de frutas y hortalizas que contienen un alto porcentaje de flavonoides.

Capítulo 4.

Metodología

4.1 Diagrama de bloques Metodología.

La metodología utilizada va desde la selección de las materias primas hasta la obtención del material compuesto, establecido a partir de este trabajo de investigación, si bien existe la posibilidad de mejorar y optimizar de cada uno de los pasos de la metodología, se considera respetar cada uno de los pasos principales de este trabajo, para lo cual serán implementadas las siguientes fases de desarrollo que podemos observar en la Figura 30.

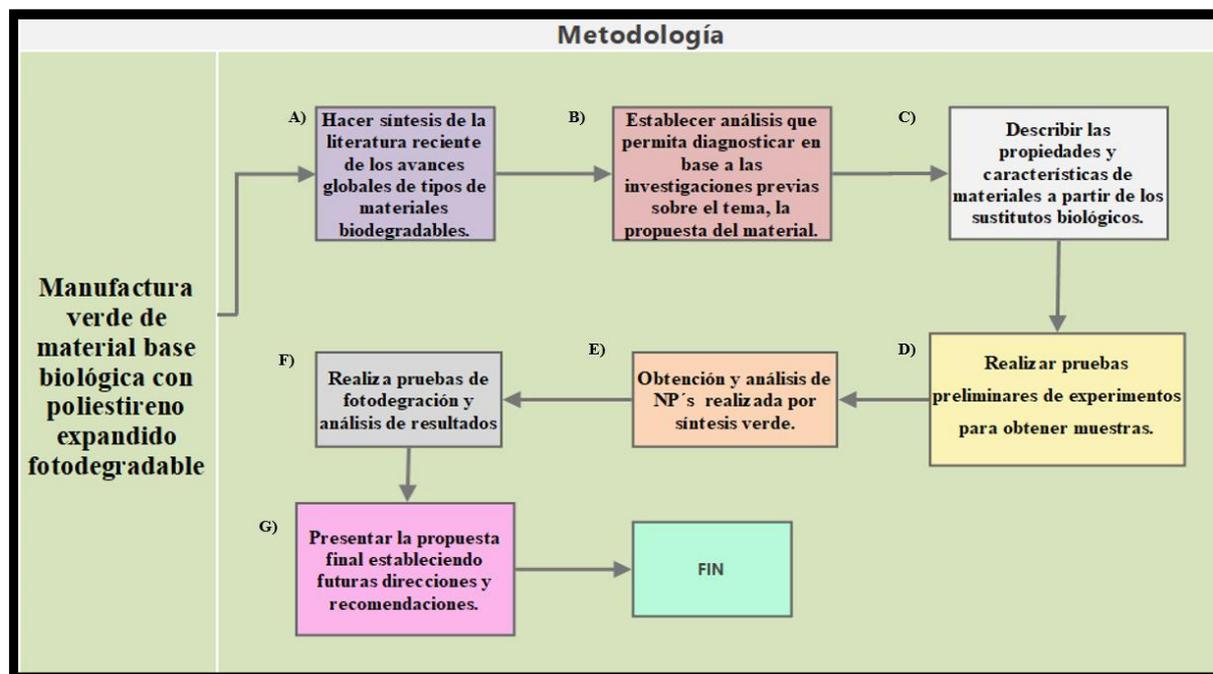


Figura 30. Diagrama de bloques basado en la metodología del proyecto. (elaboración propia, 2023)

De acuerdo con el diagrama presentado en la figura 30, se presenta una descripción detallada de cada etapa de desarrollo de este en los siguientes párrafos.

4.2 Descripción de actividades

En este apartado se da a conocer cómo se implementó la metodología del proyecto de investigación definiendo los procedimientos necesarios a emplearse para su elaboración. Como técnicas, patrones y especificaciones. Además de los métodos de obtención de nanopartículas y del material compuesto.

En la presente investigación se han utilizado las siguientes etapas a mencionar.

A) Síntesis de Literatura

Se realizó una búsqueda bibliográfica en el buscador Google académico, Scielo y Redalyc. Estos motores de búsqueda permitieron acceder a artículos de interés, utilizando palabras clave como manufactura verde, síntesis verde, adquisición de nanopartículas de base metálica, fibras naturales y polímeros, de esta forma se encontraron artículos que ayudaran tanto con la teoría como con la evaluación de los artículos en los que los autores trabajaron con plantas para obtener nanopartículas y cuáles de ellas informaron que funcionaban, además del uso de las fibras naturales como refuerzo para los polímeros. Este proceso identificó y selecciono diferentes plantas para su uso, trabajando con artículos revisados que aportan un punto de vista diferente porque se refieren a resultados concretos.

B) Selección de los materiales

Los residuos agroindustriales tienen un alto potencial de aprovechamiento gracias a su diversa composición, y esto se refleja en la diversidad de alternativas existentes para su reutilización. Es posible obtenerlo de materias primas óptimas para su uso en diferentes procesos y diferentes productos. Donde se tiene como objetivo la posibilidad de utilizar cascarilla de arroz como principal fuente de material de refuerzo para compuestos poliméricos a base de poliestireno expandido reciclado con propiedades fotocalíticas proporcionadas por las nanopartículas.

C) Sustitutos biológicos

Los polímeros biodegradables con mayor potencial en la industria en un futuro próximo son los polímeros a base de almidón, el ácido poli láctico PLA, el hidroxibutirato-co-hidroxivalerato PHBV y el ácido polihidroxibutírico PHB. Los polímeros a base de almidón se obtienen principalmente a partir de trigo, maíz, patata o arroz. Los polímeros biodegradables tienen la ventaja que pueden convertirse utilizando tecnologías convencionales con un menor consumo de energía que los polímeros convencionales. Con esto se busca encontrar materiales plásticos biodegradables o de un solo uso para fomentar el diseño de productos desechables y de corta duración.

D) Pruebas preliminares

Los polímeros se obtienen aplicando diferentes proporciones de (almidón de maíz, almidón de arroz y agua destilada), los cuales fueron colocados en un vaso de precipitado de un litro donde el almidón fue integrado gradualmente durante todo el proceso, donde se calentó

a una temperatura constante de 180° C durante 1 hora a 500 rpm en la parrilla electromagnética. La mezcla se homogeneiza teniendo en cuenta el porcentaje de fórmula de cada ingrediente: cascarilla de arroz, harina de trigo, harina de arroz y agua destilada. Procediendo a comprimir con una placa de metal con un peso equivalente a 25 gr, colocar en el molde y llevar al horno a una temperatura de 180°C durante 25 minutos.

Utilizando una base de polímero y fibras naturales, se puede mezclar con plastificantes y una matriz para mejorar las propiedades requeridas. Como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 5. Materiales y cantidades para elaborar un material compuesto. (elaboración propia, 2023)

Materiales	Cantidades por unidad
Agua destilada	44 ml
Harina de maíz	38 g
Harina de arroz	38 g
Cascara de arroz	23 g

Se añadieron fibras de cascara de arroz en un (85 % en peso) con relación al (10-12 % en peso) de EPS y un (3-5 % en peso) de nanopartículas de ZnO y FeO. Recordando que el uso de las fibras naturales se utiliza como matriz al refuerzo de almidón de maíz y arroz, con un recubrimiento de poliestireno expandido (EPS).

E) Obtención de nanopartículas.

Para preparar infusiones, primero debes pesar 10g de *Camellia sinensis* y 10g de *Orégano Mejorana*. Después de pesar todas las plantas se utilizó una proporción de 250ml de agua destilada, luego se colocó en un vaso de precipitados de 500ml, con una probeta se midieron 50ml de agua destilada, la cual se colocó en el vaso de precipitados donde ya se encontraban las plantas y se calentó. Llevar a una temperatura de 540°C, cronometrar 30 min y dejar hervir a 700 rpm, revolviendo constantemente. Transcurrido el tiempo, en otro vaso de precipitados se coloca papel filtro cónico en el embudo para filtrar la infusión y tomar sólo la parte líquida.

Para obtener las sales metálicas primero es necesario determinar qué tipo de sal se utiliza para cada una de ellas y cuál es la concentración, de manera que se pueda realizar la operación adecuada a la cantidad de sal utilizada. para este fin se realizó lo siguiente:

Para preparar una solución de *Hexahidrato de nitrato de zinc* $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ en una concentración de 0.5 M, se determinaron algunos datos necesarios a partir de la información de la etiqueta del reactivo, a saber:

$$PM=297.49g \quad \text{Pureza} =100\% \quad \text{Volumen a preparar } 50 \text{ mL} = 0.05L$$

Para preparar la solución de *Cloruro de hierro (II) tetrahidrato* ($Cl_2Fe \cdot 4H_2O$) en una concentración de 0.1 M, se determinaron algunos datos necesarios a partir de la información de la etiqueta del reactivo, a saber:

$$PM=198.81g \quad \text{Pureza} =100\% \quad \text{Volumen a preparar } 50 \text{ mL} = 0.05L$$

$$Cl_2Fe \cdot 4H_2O = 0.05 L \frac{0.1 \text{ mol}}{L} \frac{198.81}{\text{mol}} \frac{100\%}{100\%} = 2.98215 \text{ gr hierro}$$

Ecuación 3. Formula conversión de Mol a Gramos Hierro (II) cloruro tetrahidrato (elaboración propia, 2023)

Para las reacciones de reducción se utiliza la ecuación 3, para proceder de la siguiente manera: en dos vasos preparados con 50 ml de la solución de infusión, agregar 50 ml de las soluciones de $Cl_2Fe \cdot 4H_2O$ y $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$, respectivamente, y las reacciones de reducción se realizan con la solución de $Cl_2Fe \cdot 4H_2O$ a 150 °C, registrar el cambio de color observado, para el $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$, luego de realizada la reacción de reducción, se coloca en una cápsula de cerámica en el punto de liberación por 40 minutos, a 150 °C. registrando los resultados.

F) Fotodegradación

Tal como se observó durante esta etapa las diferentes películas mostraron un mayor cambio que cuando estas eran irradiadas mediante radiación solar en comparación con la radiación con luz visible que se usó para hacer las pruebas preliminares, estas pruebas ayudan a tener una estimación del proceso de fotodegradación durante un periodo de 30 días.

Donde su estructura se vio afecta parte de los electrones conductores de las nanopartículas metálicas que conducen a la formación de electrones de alta energía en la superficie de las nanopartículas, haciendo que los electrones sean separados de forma instantánea. De manera que se propició la pérdida de peso, la deformación del refuerzo, junto con una menor resistencia de la estructura del poliestireno expandido reciclado

G) Presentar la propuesta final estableciendo futuras direcciones y recomendaciones.

En esta sección se muestran los resultados obtenidos de la aplicación metodología propuesta; junto con una descripción breve de algunas recomendaciones en las que podría interesarse el investigador. Donde se identificaron las actividades que son críticas para el desarrollo del proyecto, haciendo evidente la cantidad áreas de oportunidad, la reestructuración en algunos métodos para obtener mejores resultados.

Capítulo 5

Resultados y discusión

5.1 Pruebas previas

Las pruebas iniciales proporcionaron un procedimiento con parámetros reproducibles (temperaturas, cantidades y tiempos). Estableciendo, de forma ordenada y estructurada los pasos a seguir para manufacturar el material de base biológica con poliestireno expandido fotodegradable.

Prueba inicial para la obtención de la base biológica.

En las pruebas se obtuvieron proporciones de compuestos agregando glicerol con los almidones y cascara de arroz, fueron secados en el horno deformándose como se muestra en la figura 31, hasta calcinarse. Por lo tanto, se decidió recalcular los porcentajes por unidad de almidón y fibras naturales.

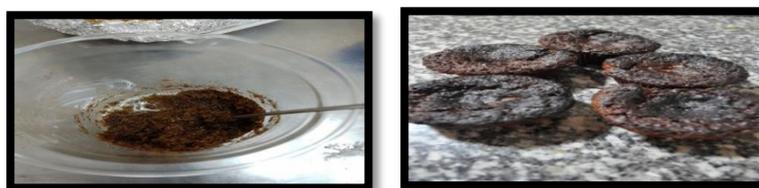


Figura 31. Prueba inicial para la obtención de la base biológica. (elaboración propia, 2023)

Prueba inicial para la obtención de Nanopartículas.

El proceso de producción de nanopartículas por síntesis verde se vio afectado por la cantidad de solución precursora y extracto de las plantas, anteriormente se utilizaba la proporción (1:2) donde se observó que la concentración partículas de hierro era menor a lo definido por los autores. Debido a que las proporciones de las sales metálicas eran mayores al extracto evitando su estabilización, además de que el proceso de reducción no era óptimo, ni eficiente. Las propiedades de las partículas se pueden controlar ajustando cuidadosamente la proporción de sales metálicas, cambió a una proporción de (1:1) y una nueva forma de obtención. Sin embargo, el método de obtención todavía tiene algunos inconvenientes en términos de la amplia distribución del tamaño de partícula y la necesidad de una base sólida para el proceso de síntesis. Para esta experimentación se utilizó un vaso de precipitado para realizar la calcinación de la solución de sales metálicas + extracto, sin embargo, por las temperaturas (540°C) dado que el vaso no está elaborado para soportar estas temperaturas se rompió, optando por usar una capsula de porcelana para soportar altas temperaturas y evitar incidentes como se muestra en la figura 32.



Figura 32. Prueba inicial para la obtención de Nanopartículas. (elaboración propia, 2023)

5.2 Procedimiento optimizado y estandarizado

Para la estandarización de un proceso para realizar una tarea o actividad es necesario realizar un procedimiento operativo estándar que es un conjunto de instrucciones escritas con las que se describe el proceso exacto a seguir para realizar correctamente una actividad. Esto garantiza la reproducibilidad de la actividad en este caso de las pruebas. Los procedimientos operativos estándar proporcionan las políticas, los procesos y los estándares necesarios para alcanzar el objetivo. Entre sus beneficios es que reducen los errores, aumentan la eficiencia, crean un entorno de trabajo seguro y generan pautas sobre cómo resolver problemas y superar obstáculos. En el siguiente apartado se muestra la obtención de las pruebas experimentales mediante un procedimiento.

Alcance

El manual de procedimientos para la elaboración del proyecto vislumbra la transmisión de la información adecuada, oportuna y precisa, de cada uno de los pasos con el objeto de ordenar, estructurar y facilitar el sistema del proceso y desarrollo.

Políticas de operación

- Toda la documentación que se genere deberá seguir los lineamientos y/o bases generales de formato de acuerdo con la elaboración de los procesos, para estandarizar la presentación en forma y orden.
- Se documentará las Instrucciones de Trabajo cuando su ausencia puede afectar adversamente la calidad del servicio, del proceso y/o que por la implantación de actividades de mejora ésta se requiera para la realización y funcionamiento de las actividades de los procesos.

CONTROL DE EMISIÓN		
ELABORÓ	REVISÓ	AUTORIZÓ
Erick Daniel Vazquez Garduño Alumno de la división de Ingeniería Industrial	Dra. Cristina Arely de Leon Condes Profesor de tiempo completo de la división de Ingeniería Industrial	Dra. Cristina Arely de Leon Condes Profesor de tiempo completo de la división de Ingeniería Industrial
Firma:	Firma:	Firma:
28 de febrero del 2023	28 de febrero del 2023	27 de abril del 2023

- Las modificaciones a la documentación de la información se solicita a través de los directores del proyecto solicitando las Modificaciones al procedimiento o la elaboración de nuevos manuales de procedimientos.

- De acuerdo con los lineamientos para la operación del proceso deberá contar con el apoyo tecnológico necesario y con el espacio físico ambiental apropiado que le permita realizar sus funciones con efectividad y seguridad.

- La asesoría interna y externa deberá conducir y supervisar el desempeño del estudiante en los temas relacionados con el Proyecto. De la misma manera, deberán dar atención a los estudiantes asignados para la solución de problemas, durante los horarios establecidos.

- El asesor interno podrá dar por concluida una estancia satisfactoria cuando él o la estudiante participante en el programa cumpla con los siguientes:

- a) Entrega del proyecto concluido, mismo que deberá entregarse 15 días naturales como tiempo máximo a partir de la fecha en que concluyó las actividades.

Responsabilidades específicas

• Dueño del Proceso

- Gestionar los recursos, la infraestructura y el ambiente de trabajo, para garantizar el logro de los objetivos que aseguren la pertinencia y confiabilidad de la información generada para el procedimiento.

- Tomar decisiones para prevenir, corregir o atender las posibles problemáticas, reales y potenciales, a partir del inicio del proyecto de manera sistemática conforme a la evaluación del proceso.

- **Gestor del Proceso**

- Dar seguimiento a la ejecución coordinada y controlada de las actividades del proceso y de retroalimentar al Dueño del Proceso, sobre el rango de desempeño de las especificaciones de las operaciones y de los resultados obtenidos.

- Actualizar y distribuir los documentos del proceso para la titulación, difundirlos y asesorar en su comprensión y cumplimiento al resto de los integrantes involucrados de manera transversal o vertical en el desarrollo del proceso.

- Reportar al asesor los procesos No Conformes, las Acciones de gestión del riesgo, las Acciones Correctivas, para la emisión, ajuste y/o actualización a los estándares documentados.

- **Operadores del Proceso**

- Ejecutar cada una de las actividades planificadas de manera coordinada, cumpliendo las especificaciones de producto o proceso, documentando los resultados obtenidos, actuando para mitigar los riesgos y actuar de manera correctiva de acuerdo con los criterios aplicables.

Descripción de actividades.

Secuencia de etapas	Actividad	Responsable
1. Elaboración y revisión del protocolo de investigación.	<p>1.1 Elabora un protocolo de investigación (borrador) y cuando así lo considere necesario solicita la información de los documentos conforme a el monitor de búsqueda designado por los asesores como, por ejemplo: Google Académico y Redalyc para la obtención de información en forma de PDF, artículos y títulos de confianza relacionados con el tema de investigación.</p> <p>1.2 El asesor revisar el contenido del protocolo de investigación sea el siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Portada: Nombre de la institución, Título del proyecto, Nombre de quien elaboro, Nombre de quien dirige la investigación, Lugar y fecha. • Introducción al tema de investigación. • Planteamiento del problema. • Justificación. • Hipótesis. • Objetivos generales y específicos. • Contenido: Esta sección requiere una investigación preliminar y de antecedentes sobre varios temas. Esto le permitirá comenzar con un enfoque claro y preciso. 	Alumno y Asesor Interno.
2. Selección de materiales.	<p>2.1 Proporcionar una base equilibrada de conocimientos sobre la selección de materiales y su relación con el diseño del proyecto.</p> <p>2.2 Determina las propiedades físicas que se necesitan, así como la disponibilidad del material lo que guardan relación con los objetivos.</p> <p>2.3 Definir cuáles son las propiedades más relevantes para la aplicación que se requiere y en base a ellas, (tiempo de biodegradación), resistencia al calor, permeabilidad y tamaño.</p>	Alumno y Asesor Interno.

Secuencia de etapas	Actividad	Responsable
3. Adquisición de materia prima.	<p>3.1 Una vez autorizado el material se encarga de la coordinación para seleccionar al mejor proveedor, en función de la calidad de los materiales, tiempos de entrega y condiciones de pago.</p> <p>3.2 Supervisa que las materias primas e insumos requeridos sean los correspondientes para los procesos.</p>	Asesor Interno.
4. Coordinación de procesos.	<p>4.1 Mediante la información recabada deberá definir los pasos a seguir donde incluye las necesidades referentes al proyecto.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Realiza base biológica. • Realiza nanopartículas. • Realiza película de poliestireno. • Realiza resultado final. 	Asesor Interno.

Secuencia de etapas	Actividad	Responsable
5. Obtención de la base biológica.	<p>5.1 Preparación de materia prima conforme al material seleccionando (Cascara de arroz).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pesar 25 g; de cascara de arroz por pieza a realizar. • Moler hasta obtener un polvo fino. <p>5.2 Elaboración de biopolímero.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pesar 38 g; de harina de arroz por pieza a realizar. • Pesar 38 g; de harina de trigo por pieza a realizar. • Medir 44 ml; de agua destilada por pieza a realizar. • Colocar en un vaso de precipitado de 1 lt; los materiales mencionados de forma esporádica en la parrilla de agitación electromagnética y calentar a 180° C; agitando continuamente a 500 rpm durante una hora hasta conseguir una mezcla viscosa. <p>5.3 Elaboración de base biológica</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mezclar el polvo de la cascara de arroz y el biopolímero hasta conseguir una masa uniforme. • Formar con la masa pequeñas esferas y coloque en la prensa de metal aplastando fuertemente. • Extender y cortar la pasta con un diámetro 11 cm; y amoldar en el recipiente. • Precalentar horno a 150° C; durante 10 minutos. • Colocar los recipientes con la pasta en el horno durante 25 minutos a 180° C. • Dejar enfriar durante 5 minutos y desmoldar. 	Alumno

Secuencia de etapas	Actividad	Responsable
6. Obtención de NPs de Zinc (Zn)	<p>6.1 Segmentación de los materiales y propiedades, para la infusión Mejorana y Té verde (Agentes reductores)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pesar 10 g; de mejorana por infusión a realizar, Pesar 10 g; de té verde por infusión a realizar. • Medir 250 ml de agua destilada por infusión a realizar. • Colocar en un vaso de precipitado de 500 ml los materiales mencionados y posteriormente en la parrilla electromagnética y calentar a 540° C. • Agitar continuamente a 700 rpm durante 30 minutos hasta alcanzar el punto de ebullición. • Filtrar la infusión para retener las hojas de la infusión, de esta manera evitar que se cuele y hasta obtener el líquido sin contener trozos de las hojas. <p>6.2 Desarrollo de obtención de las NPs utilizando como precursor Nitrato de zinc “$Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$”.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pesar 5 g; de Nitrato de zinc. • Medir 10 ml de agua destilada por gramo de Zinc. • Colocar en la capsula de porcelana de 250 ml los materiales antes mencionados y agitar a 100 rpm hasta disolver por completo el Nitrato de zinc. • Mezclar 50 ml; de la infusión filtrada en el Nitrato de zinc disuelto y colocar en la parrilla de agitación electromagnética. • Calentar a 360° C; y agitar a 500 rpm; hasta consumir por completo el agua y obtener una pasta negra, en este momento retirar el agitador magnético. • Calentar a 540° C; hasta llegar al punto de calcinación tomando un color blanquizco y dejando solamente un polvo que en este caso se denomina nanopartículas. • Utilizar el mortero para moler las formaciones rocosas de las nanopartículas de zinc, hasta obtener un polvo fino. 	Alumno

Secuencia de etapas	Actividad	Responsable
7. Obtención de NPs de hierro (Fe).	<p>7.1 Segmentación de los materiales y propiedades, para la infusión (Mejorana y Té verde)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pesar 10 g; de mejorana por infusión a realizar. • Pesar 10 g; de té verde por infusión a realizar. • Medir 250 ml de agua destilada por infusión a realizar. • Colocar en un vaso de precipitado de 500 ml los materiales mencionados y posteriormente en la parrilla electromagnética y calentar a 540° C. • Agitar continuamente a 700 rpm durante 30 minutos hasta alcanzar el punto de ebullición. • Filtrar la infusión para retener las hojas de la infusión, de esta manera evitar que se cuecen y podamos obtener el líquido sin preocuparnos por que contenga hojas. <p>7.2 Desarrollo de obtención de las NPs Hierro (II) cloruro tetrahidrato “Cl₂Fe·4H₂O”</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pesar 2.5 g; de hierro(ii) cloruro tetrahidrato. • Medir 50 ml de agua destilada. • Colocar en la capsula de porcelana de 250 ml los materiales antes mencionados y agitar a 100 rpm hasta disolver por completo el hierro(ii) cloruro tetrahidrato. • Mezclar 50 ml; de la infusión filtrada en el hierro(ii) cloruro tetrahidrato disuelto y colocar en la parrilla electromagnética. • Calentar a 150° c; y agitar a 500 rpm; hasta consumir por completo el agua y obtener una pasta negra, en este momento retirar el agitador magnético. • Cubrir con aluminio y calentar, hasta obtener un polvo de color negro característico que en este caso se denominan nanopartículas. • Utilizar el mortero para moler las formaciones rocosas de las nanopartículas de hierro, hasta obtener un polvo fino. 	Alumno

Secuencia de etapas	Actividad	Responsable
8. Obtención de película de poliestireno.	<p>8.1 Recolectar los materiales anteriores, clasificar y separar.</p> <p>8.2 Desarrollo de obtención de la película de poliestireno.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Medir 20 ml; de tolueno. • Pesar 40 g; de poliestireno. • Usar un vaso de precipitado de 250 ml; mezclar constantemente con una espátula hasta diluir el poliestireno por completo y conseguir una pasta espesa. <p>8.3 Segmentar la base biológica, nanopartículas y el poliestireno.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pesar 10 mg; de nanopartículas de Zn. • Pesar 10 mg; de nanopartículas de Fe. • Esparcir de forma uniforme la pasta de poliestireno en la base biológica sin incorporar las nanopartículas. • Esparcir de forma uniforme la pasta de poliestireno en la base biológica incorporando las nanopartículas (10 mg). • Esparcir de forma uniforme la pasta de poliestireno en la base biológica incorporando las nanopartículas (20 mg). • Dejar secar por 3 días. 	Alumno
9. Desarrollo de pruebas preliminares.	<p>9.1 Comienza periodo de resultados de las pruebas a el material compuesto.</p> <p>9.2 Integra expedientes de las pruebas que participan en la fase final</p> <p>9.3 Realiza seguimiento. (Verificación en sitio de las condiciones convenidas para la realización del proyecto).</p>	Alumno
10. Presenta la propuesta final.	<p>10.1 Se presenta la propuesta final y se informa de los resultados con las diferentes correcciones en el informe.</p>	Alumno

Secuencia de etapas	Actividad	Responsable
11. Revisión del informe de proyecto Final.	<p>11.1 Recibe reporte y revisa.</p> <p>El reporte deberá contener la siguiente estructura metodológica:</p> <p>Portada</p> <p>Agradecimientos</p> <p>Resumen</p> <p>Índice</p> <p>Introducción</p> <p>I. Problemas a resolver.</p> <p>II. Objetivos (General y Específicos)</p> <p>III. Justificación</p> <p>IV. Marco teórico</p> <p>V. Procedimiento y descripción de las actividades realizadas</p> <p>VI. Resultados, planos, gráficas, prototipos, manuales, programas, análisis estadísticos, modelos matemáticos, simulaciones, normatividades, regulaciones y restricciones, entre otros. Solo para proyectos que por su naturaleza lo requieran: estudio de mercado, estudio técnico y estudio económico.</p> <p>VII. Actividades sociales realizadas en la unidad económica</p> <p>VIII. Conclusiones, recomendaciones para la unidad económica y experiencia profesional adquirida</p> <p>IX. Competencias desarrolladas y/o aplicadas</p> <p>X. Fuentes de información</p>	Asesor Interno y externo.
12. Elabora Ciclo de mejora	<p>12.1 Se reúne con el asesor interno para realizar un análisis de la gestión del proyecto, tomando en consideración a el Proyecto, la ejecución, la evaluación y acreditación, estableciendo recomendaciones para cambios y futuras investigaciones.</p>	Alumno.

Diagrama del Procedimiento

En la siguiente figura 33, se observa el desarrollo del proceso que encierra la planificación del proyecto donde se exponen los elementos que se muestran a continuación:

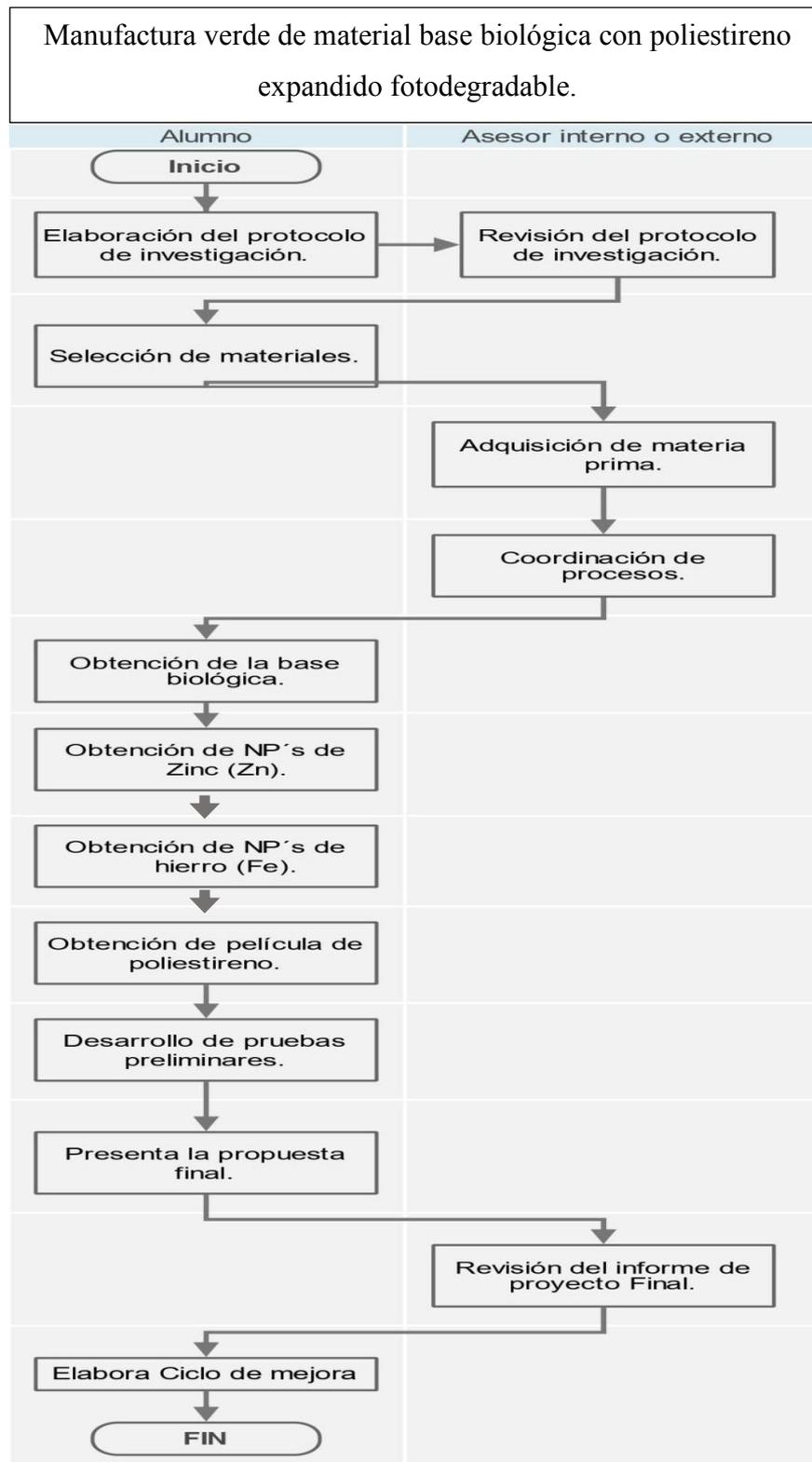


Figura 33. Diagrama de procedimiento general. (Elaboración propia, 2023)

Diagramas de procesos.

Se han verificado los diagramas de proceso donde se detalla cada actividad anotando tiempo de duración y descripción breve de acción. Se comenzará por describir los procesos llevados a cabo. Para hacer más fácil la comprensión del proceso, se fragmentará en diferentes etapas como se muestra a continuación.

Diagrama de proceso de la base biológica.

Se puede clasificar como la etapa número 5 del procedimiento al diagrama de proceso la obtención de la base biológica, donde se detalla cada proceso a realizar para su obtención, los tiempos de la operación, pesos de los materiales y temperaturas adecuadas para obtener un resultado similar, los cuales se observan en la figura 34.

MANUFACTURA DEL PRODUCTO														
DIAGRAMA DE PROCESOS														
NOMBRE DE LA PIEZA:		Base biológica												
ELABORÓ:		Erick Daniel Vazquez Garduño				FIRMA:		FECHA:		27 de febrero de 2023				
AUTORIZÓ:		Dra. Cristina Arely de Leon Condes				FIRMA:		NO. DE DIAGRAMA:		1				
DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO ACTUAL (OPERACIONES, ACTIVIDADES, TAREAS, ETC.)	PROCESO							DTO.						
	OPERACIÓN	INSPECCIÓN	OPERACIÓN C/INSPECCIÓN	DEMORA	TRANSPORTE	ALMACENAJE	PROCESOS EXTERNOS	TIEMPO (MIN.)	ALMACÉN	CALIDAD	LABORATORIO	EQUIPO	NOTAS	
10 INSPECCION DE MATERIA PRIMA (CASCARA DE ARROZ)	○	■	◻	→	D	∇		2	X			N/A	RECIBE ALMACEN Y RESGUARDA	
20 PESAR MATERIA PRIMA (25 G. POR UNIDAD)	○	□	●	→	D	∇		2			X	BALANZA ANALITICA	PESAR PARA REALIZAR 10 PZS.	
30 TRITURAR MATERIA PRIMA POR PIEZA (POLVO FINO)	●	□	◻	→	D	∇		2			X	LICUADORA	AUMENTAR EL TIEMPO CONFORME A LA CANTIDAD.	
40 PESAR 38 G; DE HARINA DE ARROZ POR PIEZA A REALIZAR.	○	□	●	→	D	∇		2			X	BALANZA ANALITICA	PESAR PARA REALIZAR 10 PZS.	
50 PESAR 38 G; DE HARINA DE TRIGO POR PIEZA A REALIZAR.	○	□	●	→	D	∇		2			X	BALANZA ANALITICA	PESAR PARA REALIZAR 10 PZS.	
60 MEDIR 44 ML; DE AGUA DESTILADA POR PIEZA A REALIZAR.	○	□	●	→	D	∇		2			X	PROBETA	MEDIR PARA REALIZAR 10 PZS.	
70 CALENTAR A 180° C; AGITANDO CONTINUAMENTE A 500 RPM	●	□	◻	→	D	∇		80			X	PARRILLA ELECTRO-MAGNETICA Y VASO DE PRESIPITADO	-----	
80 DEJAR ENFRIAR EL BIOPOLIMERO	○	□	◻	→	◐	∇		5			X	N/A	-----	
90 MEZCLAR EL POLVO DE LA CASCARA DE ARROZ Y EL BIOPOLIMERO HASTA CONSEGUIR UNA MASA UNIFORME.	●	□	◻	→	D	∇		20			X	VASO DE PRESIPITADO	-----	
100 FORMAR ESFERAS PEQUEÑAS DE LA MASA Y APLASTARLAS	●	□	◻	→	D	∇		5			X	N/A	-----	
110 CORTAR LA PASTA CON UN DIÁMETRO 11 CM; COLOCAR EN EL MOLDE	○	□	●	→	D	∇		5			X	CORTADOR Y MOLDE	-----	
120 PRECALENTAR HORNO A 150° C	●	□	◻	→	D	∇		10			X	HORNO DE GAS	-----	
130 COLOCAR MOLDE CON LA PASTA EN EL HORNO A 180° C	●	□	◻	→	D	∇		25			X	HORNO DE GAS	-----	
140 DEJAR ENFRIAR Y DESMOLDAR	●	□	◻	→	◐	∇		5			X	N/A	-----	
150 INSPECCION FINAL	○	■	◻	→	D	∇		2		X		N/A	VERIFICAR QUE NO ESTE ROTO O TENGA IMPERFECCIONES	
160 RESGUARDAR	○	□	◻	→	D	∇			X			N/A	-----	
OBSERVACIONES:							RESUMEN							
							PROCESO	●	■	◻	→	◐	∇	
E. 27 febrero 2023							TOTALES	7	2	5	0	2	1	0
Rev 0							TIEMPO (MIN.)	127	2	13	0	10	0	0
							TIEMPO TOTAL				152			

Figura 34. Etapa 5 del Procedimiento optimizado y estandarizado

Diagrama de proceso Obtención de Nanopartículas (NPs) de ZINC.

Se define como la etapa número 6 del procedimiento al diagrama de procesos para la obtención de nanopartículas de Zinc, donde se detalla cada proceso a realizar para su obtención, definiendo cantidades a utilizar, temperaturas, tiempos y agitación de los materiales para la replicación de este proceso. Como se muestra en la figura 35.

MANUFACTURA DEL PRODUCTO															
DIAGRAMA DE PROCESOS															
NOMBRE DE LA PIEZA:		Obtención de Nanopartículas de Zinc													
ELABORÓ:		Erick Daniel Vazquez Garduño				FIRMA:		FECHA:		27 de febrero de 2023					
AUTORIZÓ:		Dra. Cristina Arely de Leon Condes				FIRMA:		NO. DE DIAGRAMA:		2					
DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO ACTUAL (OPERACIONES, ACTIVIDADES, TAREAS, ETC.)	PROCESO							DTO.							
	OPERACIÓN	INSPECCIÓN	OPERACIÓN C/INSPECCIÓN	DEMORA	TRANSPORTE	ALMACENAJE	PROCESOS EXTERNOS	TIEMPO (MIN.)	ALMACÉN	CALIDAD	LABORATORIO	EQUIPO	NOTAS		
10	SEGMENTAR LOS MATERIALES Y PROPIEDADES	○	■	◻	➔	∩	▽	🚛	X			N/A	RECIBE ALMACEN Y RESGUARDA		
20	PESAR 10 G; DE MEJORANA POR INFUSIÓN A REALIZAR.	○	□	●	➔	∩	▽	🚛	2		X	BALANZA ANALITICA	-----		
30	PESAR 10 G; DE TÉ VERDE POR INFUSIÓN A REALIZAR.	○	□	●	➔	∩	▽	🚛	2		X	BALANZA ANALITICA	-----		
40	MEDIR 250 ML DE AGUA DESTILADA POR INFUSIÓN A REALIZAR.	○	□	●	➔	∩	▽	🚛	2		X	PROBETA	-----		
50	CALENTAR A 540° C. y AGITAR CONTINUAMENTE A 700 RPM	●	□	◻	➔	∩	▽	🚛	30		X	PARRILLA ELECTRO-MAGNETICA Y VASO DE PRESIPITADO	-----		
60	FILTRAR 50 ML; DE LA INFUSIÓN PARA RETENER LAS HOJAS	○	□	●	➔	∩	▽	🚛	10		X	PROBETA Y FILTRO	-----		
70	PESAR 5 G; DE NITRATO DE ZINC.	●	□	◻	➔	∩	▽	🚛	2		X	BALANZA ANALITICA	-----		
80	MEDIR 10 ML DE AGUA DESTILADA POR GRAMO DE ZINC.	●	□	◻	➔	∩	▽	🚛	5		X	PROBETA	-----		
90	AGITAR A 100 RPM HASTA DISOLVER POR COMPLETO EL NITRATO DE ZINC.	●	□	◻	➔	∩	▽	🚛	20		X	VASO DE PRESIPITADO	-----		
100	MEZCLAR 50 ML; DE LA INFUSIÓN FILTRADA EN EL NITRATO DE ZINC DISUELTO	●	□	◻	➔	∩	▽	🚛	2		X	VASO DE PRESIPITADO	-----		
110	CALENTAR A 360° C; Y AGITAR A 500 RPM; HASTA OBTENER UNA PASTA NEGRA.	○	□	●	➔	∩	▽	🚛	30		X	PARRILLA ELECTRO-MAGNETICA Y CAPSULA DE	-----		
120	CALENTAR A 548° C; HASTA LLEGAR AL PUNTO DE CALCINACIÓN, TOMANDO UN COLOR BLANQUIZCO.	○	□	●	➔	∩	▽	🚛	30		X	PARRILLA ELECTRO-MAGNETICA Y CAPSULA DE	-----		
130	MOLER LAS FORMACIONES ROCOSAS DE LAS NANOPARTICULAS DE ZINC, HASTA OBTENER UN POLVO FINO	●	□	◻	➔	∩	▽	🚛	20		X	MORTERO	-----		
150	INSPECCION FINAL	○	■	◻	➔	∩	▽	🚛	2		X	N/A	-----		
160	RESGUARDAR	○	□	◻	➔	∩	▽	🚛	X			N/A	-----		
OBSERVACIONES:								RESUMEN							
								PROCESO	●	■	◻	➔	∩	▽	🚛
								TOTALES	6	2	6	0	0	1	0
								TIEMPO (MIN.)	79	2	76	0	0	0	0
E. 27 febrero 2023								Rev 0	TIEMPO TOTAL 157						

Figura 35. Etapa 6 del Procedimiento optimizado y estandarizado

Diagrama de proceso Obtención de NPs de HIERRO.

Se define como la etapa número 7 del procedimiento al diagrama de procesos para la obtención de nanopartículas de hierro, donde se detalla cada proceso a realizar para su obtención, definiendo cantidades a utilizar, temperaturas, tiempos y agitación de los materiales para la replicación de este proceso. El cual se muestra en la figura 36.

MANUFACTURA DEL PRODUCTO														
DIAGRAMA DE PROCESOS														
NOMBRE DE LA PIEZA:		Obtención de Nanopartículas de Hierro												
ELABORÓ:		Erick Daniel Vazquez Garduño				FIRMA:		FECHA:		27 de febrero de 2023				
AUTORIZÓ:		Dra. Cristina Arely de Leon Condes				FIRMA:		NO. DE DIAGRAMA:		3				
DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO ACTUAL (OPERACIONES, ACTIVIDADES, TAREAS, ETC.)	PROCESO							DTO.				NOTAS		
	OPERACIÓN	INSPECCIÓN	OPERACIÓN C/INSPECCIÓN	DEMORA	TRANSPORTE	ALMACENAJE	PROCESOS EXTERNOS	TIEMPO (MIN.)	ALMACÉN	CALIDAD	LABORATORIO		EQUIPO	
10	SEGMENTAR LOS MATERIALES Y PROPIEDADES	○	■	◐	➔	∩	🏠	2	X			N/A	RECIBE ALMACEN Y RESGUARDA	
20	PESAR 16 G; DE MEJORANA POR INFUSIÓN A REALIZAR.	○	□	◐	➔	∩	🏠	2			X	BALANZA ANALITICA	-----	
30	PESAR 10 G; DE TÈ VERDE POR INFUSIÓN A REALIZAR.	○	□	◐	➔	∩	🏠	2			X	BALANZA ANALITICA	-----	
40	MEDIR 250 ML DE AGUA DESTILADA POR INFUSIÓN A REALIZAR.	○	□	◐	➔	∩	🏠	2			X	PROBETA	-----	
50	CALENTAR A 540° C; y AGITAR CONTINUAMENTE A 700 RPM	●	□	◐	➔	∩	🏠	30			X	PARRILLA ELECTRO-MAGNETICA Y VASO DE PRESIPITADO	-----	
60	FILTRAR 50 ML; DE LA INFUSIÓN PARA RETENER LAS HOJAS	○	□	◐	➔	∩	🏠	10			X	PROBETA Y FILTRO	-----	
70	PESAR 2.5 G; DE HIERRO(II) CLORURO TETRAHIDRATO.	●	□	◐	➔	∩	🏠	2			X	BALANZA ANALITICA	-----	
80	MEDIR 50 ML DE AGUA DESTILADA.	●	□	◐	➔	∩	🏠	5			X	PROBETA	-----	
90	AGITAR A 100 RPM HASTA DISOLVER POR COMPLETO EL HIERRO(II) CLORURO TETRAHIDRATO.	●	□	◐	➔	∩	🏠	20			X	VASO DE PRESIPITADO	-----	
100	MEZCLAR 50 ML; DE LA INFUSIÓN FILTRADA EN EL HIERRO(II) CLORURO TETRAHIDRATO.	●	□	◐	➔	∩	🏠	2			X	VASO DE PRESIPITADO	-----	
110	CALENTAR A 150° C; Y AGITAR A 500 RPM; HASTA OBTENER UNA PASTA NEGRA.	○	□	◐	➔	∩	🏠	30			X	PARRILLA ELECTRO-MAGNETICA Y CAPSULA DE	-----	
120	CALENTAR; HASTA LLEGAR AL PUNTO DE CALCINACIÓN, TOMANDO UN COLOR NEGRO.	○	□	◐	➔	∩	🏠	30			X	PARRILLA ELECTRO-MAGNETICA Y CAPSULA DE	-----	
130	MOLER LAS FORMACIONES ROCOSAS DE LAS NANOPARTICULAS DE HIERRO, HASTA OBTENER UN POLVO FINO	●	□	◐	➔	∩	🏠	20			X	MORTERO	-----	
150	INSPECCION FINAL	○	■	◐	➔	∩	🏠	2		X		N/A	-----	
160	RESGUARDAR	○	□	◐	➔	∩	🏠		X			N/A	-----	
OBSERVACIONES:							RESUMEN							
							PROCESO	●	■	◐	➔	∩	🏠	
							TOTALES	6	2	6	0	0	1	0
							TIEMPO (MIN.)	79	2	76	0	0	0	0
E. 27 febrero 2023							Rev 0	TIEMPO TOTAL	157					

Figura 36. Etapa 7 del Procedimiento optimizado y estandarizado

Diagrama de proceso de obtención de película de poliestireno expandido.

Se define como la etapa número 8 del procedimiento al diagrama de procesos para la obtención de la película de poliestireno expandido, definiendo cada proceso a realizar en conjunto con los procesos obtenidos anteriormente para la obtención del material compuesto en donde se estandarizan cantidades a utilizar, equipos o herramientas, tiempos de agitación y tiempos de secado. Como se observa en la figura 37.

MANUFACTURA DEL PRODUCTO														
DIAGRAMA DE PROCESOS														
NOMBRE DE LA PIEZA:		Recubrimiento de Poliestireno												
ELABORÓ:		Erick Daniel Vazquez Garduño				FIRMA:		FECHA:		27 de febrero de 2023				
AUTORIZÓ:		Dra. Cristina Arely de Leon Condes				FIRMA:		NO. DE DIAGRAMA:		4				
DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO ACTUAL (OPERACIONES, ACTIVIDADES, TAREAS, ETC.)	PROCESO							DTO.						
	OPERACIÓN	INSPECCIÓN	OPERACIÓN C/INSPECCIÓN	DEMORA	TRANSPORTE	ALMACENAJE	PROCESOS EXTERNOS	TIEMPO (MIN.)	ALMACÉN	CALIDAD	LABORATORIO	EQUIPO	NOTAS	
10 CLASIFICAR Y SEPARAR LOS MATERIALES	○	■	◻	➡	D	▽	🚛		X			N/A	-----	
20 MEDIR 20 ML. DE TOLUENO.	○	□	◐	➡	D	▽	🚛	2			X	PROBETA	-----	
30 PESAR 40 G. DE POLIESTIRENO.	●	□	◻	➡	D	▽	🚛	5			X	BALANZA ANALITICA	-----	
40 MEZCLAR HASTA DILUIR EL POLIESTIRENO.	○	□	◐	➡	D	▽	🚛	45			X	VASO DE PRESPISTADO ESPATULA	-----	
50 SEGMENTAR LA BASE BIOLÓGICA, NANOPARTÍCULAS Y EL POLIESTIRENO.	○	□	◐	➡	D	▽	🚛	10			X	BALANZA ANALITICA	-----	
60 PESAR 0.05 G. DE NANOPARTÍCULAS DE ZN.	○	□	◐	➡	D	▽	🚛	5			X	BALANZA ANALITICA	-----	
70 PESAR 0.05 G. DE NANOPARTÍCULAS DE FE	●	□	◻	➡	D	▽	🚛	5			X	BALANZA ANALITICA	-----	
80 ESPARCIR DE FORMA UNIFORME LA PASTA DE POLIESTIRENO EN LA BASE BIOLÓGICA SIN INCORPORAR LAS NANOPARTÍCULAS.	○	□	◻	➡	◐	▽	🚛	2			X	N/A	-----	
90 ESPARCIR DE FORMA UNIFORME LA PASTA DE POLIESTIRENO EN LA BASE BIOLÓGICA INCORPORANDO LAS NANOPARTÍCULAS (1 - 1).	●	□	◻	➡	D	▽	🚛	2			X	N/A	-----	
100 ESPARCIR DE FORMA UNIFORME LA PASTA DE POLIESTIRENO EN LA BASE BIOLÓGICA INCORPORANDO LAS NANOPARTÍCULAS (1 - 2).	●	□	◻	➡	D	▽	🚛	2			X	N/A	-----	
110 DEJAR SECAR POR 3 DIAS.	○	□	◻	➡	◐	▽	🚛	4320			X	N/A	-----	
120 INSPECCION FINAL	○	■	◻	➡	D	▽	🚛	2		X		N/A	VERIFICAR QUE NO TENGA INPERFECCIONES	
130 RESGUARDAR	○	□	◻	➡	D	▽	🚛		X			N/A	-----	
OBSERVACIONES:							RESUMEN							
							PROCESO	●	■	◐	➡	◐	▽	🚛
							TOTALES	4	2	4	0	2	1	0
							TIEMPO (MIN.)	14	2	62	0	4322	0	0
E. 27 febrero 2023							Rev 0	TIEMPO TOTAL	4400					

Figura 37. Etapa 8 del Procedimiento optimizado y estandarizado

Cambios de esta versión

Número de NCI	Fecha de actualización	Descripción del cambio
0001	14/03/2023	Se crea el Procedimiento para la Operación y Acreditación del proyecto.

Distribución

Este documento se distribuye de manera controlada, a cada una de las personas que ocupan puestos involucrados en las responsabilidades de este proceso.

5.3 Obtención de nanopartículas de Óxido de hierro (FeO) – Óxido de Zinc (ZnO)

La síntesis de nanopartículas que utiliza compuestos orgánicos como biorreductor se conoce como síntesis verde. El uso de plantas en la síntesis de nanopartículas utiliza compuestos orgánicos de las plantas, como enzimas, proteínas y carbohidratos; compuestos como flavonoides, polifenoles, alcaloides, especialmente aquellos con alta actividad antioxidante, pueden ser considerados como reductores biológicos. Siendo así que la mezcla de las sales metálicas y el agente reductor den como resultado la formación de nanopartículas. (Wahab, 2019)

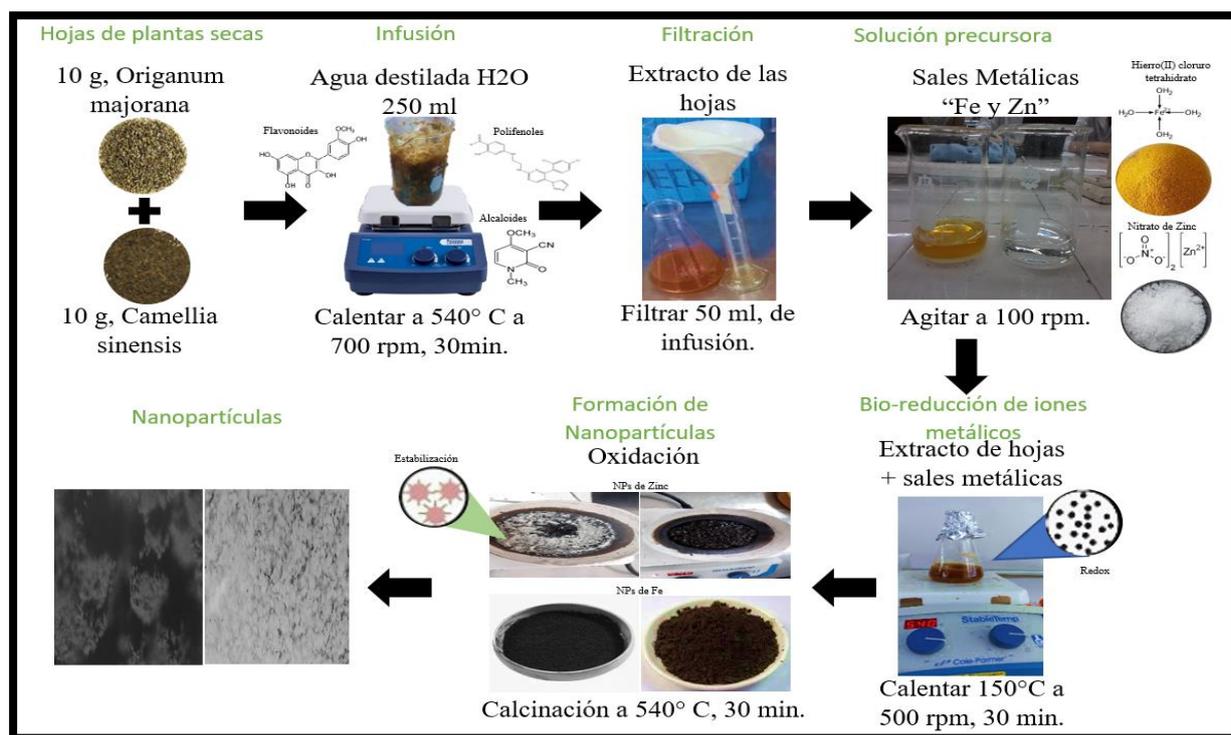


Figura 38. Obtención de NPs de Zn y Fe. (elaboración propia, 2023)

Para la síntesis verde se pesaron 10 g de *Origanum majorana* junto con 10 g de *Camellia sinensis* y se adicionaron junto con 250 ml de agua destilada, la mezcla se calentó a 540°C a 700 rpm por 30 minutos, luego se prepararon las sales minerales se adicionó 0.5 M (7.43725 g) Nitrato de zinc $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ a 50ml de agua destilada con agitación constante a 100rpm hasta disolución, se añadieron 50ml de extracto de hoja filtrado junto con 50ml de solución precursora. La mezcla resultante se calentó a 150°C durante 30 minutos con agitación continua a 500 rpm durante 30 minutos. A continuación, la mezcla se calentó a 540°C durante 30 minutos y hasta alcanzar la temperatura de calcinación. Finalmente, las NP se resguardaron para su posterior caracterización. Este proceso se puede observar en la figura 38.

5.4 Obtención del material compuesto

Se identificaron algunas de las mezclas existentes entre polímeros naturales, poliestireno expandido reciclado, fibras naturales y nanopartículas metálicas. Se confirmó la alta disponibilidad de dichas fibras en la agroindustria, las cuales en su mayoría son poco aprovechadas, a pesar de poseer buenas propiedades mecánicas. Esto, sumado a su bajo costo, biodegradabilidad, se realizó la clasificación de los polímeros más utilizados y de mayor permanencia en el ambiente de manera que se obtuvo el siguiente proceso que se muestra en la figura 39.

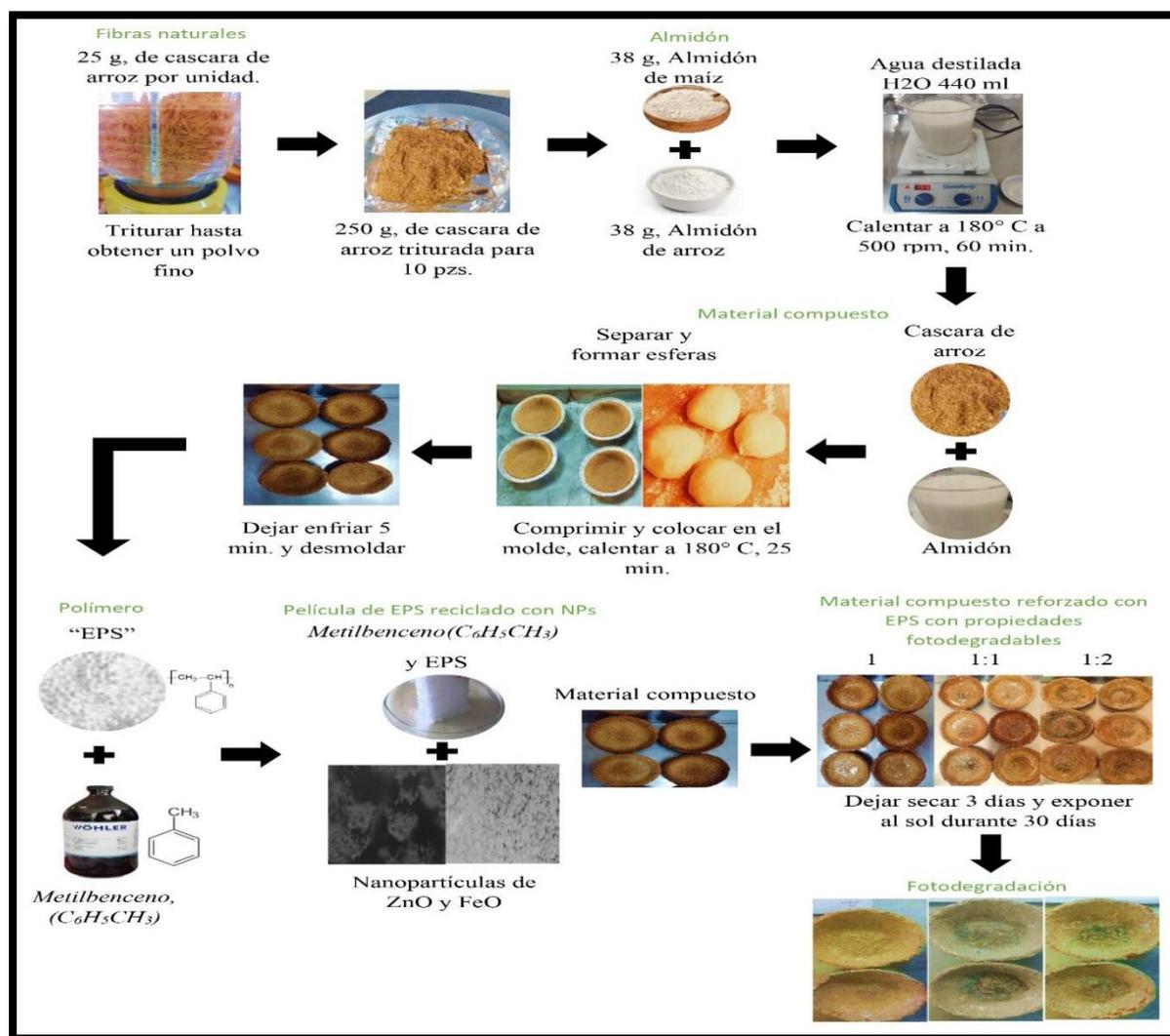


Figura 39. Obtención de base biológica. (elaboración propia, 2023)

En la obtención del material compuesto se llevaron diferentes pasos para su obtención los cuales podemos encontrar en la figura 39, para el refuerzo de fibras naturales se utilizó 25 g. de cascara de arroz por unidad recomendando pesar 250 g. por pieza a realizar, recomendando

pesar un aproximado para realizar 10 piezas la cual va a ser triturada hasta obtener un polvo fino el cual se resguarda por el momento. El refuerzo polimérico se obtiene al pesar 38 g. de almidón de arroz y 38 g. de almidón de maíz, junto con 44 ml de agua destilada por pieza a realizar, una vez con estos materiales medidos se procede a mezclar en un vaso de precipitado gradualmente a una temperatura de 180°C con agitación constante de 500 rpm durante 60 minutos, hasta obtener una mezcla viscosa, a continuación, utiliza la cascara de arroz anteriormente triturada y se mezcla con junto con el almidón hasta conseguir una pasta la cual vamos a dividir en el total de piezas deseadas, las cuales serán comprimidas y se colocaran en el molde para ser ingresadas al horno a una temperatura de 180°C durante 25 minutos, transcurrido el tiempo se dejara reposar durante 5 minutos y se desoldaran. La película de EPS se realizó con poliestireno reciclado pesando 40 g. y midiendo 20 ml de *Metilbenceno*, ($C_6H_5CH_3$) hasta que se diluya por completo el poliestireno terminado este paso se procede a añadir 10 mg y 20 mg de NPs de ZnO-FeO a utilizar, una vez mezcladas se procede a aplicar de manera uniforme al material compuesto el cual se dejó secar durante 3 días y será expuesto 30 días para observar y documentar el proceso de fotodegradación.

5.5 Caracterización

El análisis de la difracción de rayos X (XRD) ayuda a asegurar que se formen nanopartículas de óxido de zinc a partir de la solución de extracto de las hojas de ZnO. El patrón de polvo de zinc XRD se muestra en la figura 40 (a), que muestra los picos de difracción de la estructura cristalina de ZnO en fases específicas. Los picos agudos del patrón XRD indican la naturaleza cristalina bien organizada del producto de rendimiento. De acuerdo con la tarjeta JCPDS No 89-1397, concuerdan con los planos pertenecen a los picos cristalinos, están indexados como (100), (002), (101), (102), (110), (103) y (202) a su vez confirmó la estructura hexagonal de las nanopartículas de ZnO (Maheswari Chinnapaiyan et al., 2021). En la figura 33 (b) se muestra la cristalinidad de las nanopartículas de FeO. La presencia de óxidos de hierro se confirma por las fases β -Fe₂O₃, ϵ -Fe₂O₃, β'' -Fe₂O₃, Fe₂O₃ y Fe₃O₄, correspondientes a (110), (002), (200), (220), (012), (120), (121), (211) y (400) planos.

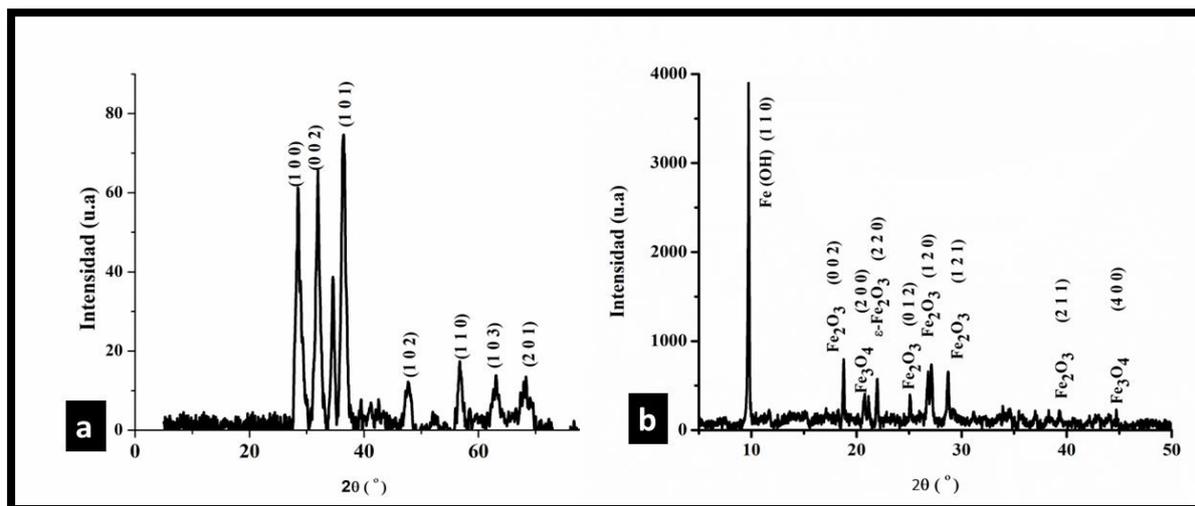


Figura 40. Análisis de la difracción de rayos X (XRD). (elaboración propia, 2023)

La difracción de rayos X (XRD o XRD) le permite identificar rápidamente los minerales. Proporciona información detallada sobre la estructura cristalográfica de sus muestras, que se puede utilizar para identificar las fases presentes. XRD o XRD. Esto es especialmente útil para identificar fases de grano fino que son difíciles de identificar por otros métodos como microscopía óptica, microscopio electrónico de barrido/espectrómetro de dispersión de energía o cuantificación de materiales por microscopía electrónica de barrido. Proporciona un método semicuantitativo para determinar los porcentajes estándar o en peso de las fases presentes, incluida la proporción de cada fase mineral contenida en las muestras. (Wisum Yankuam, 2018)

5.6 Pruebas experimentales de fotodegradación

La exposición a la luz visible y a la luz solar provoca la degradación, lo que lleva a la escisión de la cadena de polímeros, la formación de radicales libres y la pérdida de peso molecular, de manera que provoca el deterioro de sus propiedades y la formación de materiales inutilizables después de una exposición a la intemperie. El poliestireno expandido (EPS) es uno de los materiales más importantes en la industria moderna del plástico y es ampliamente utilizado en todo el mundo debido a sus excelentes propiedades físicas y bajo costo. Cuando el poliestireno se expone a la radiación solar o a la luz visible, podemos observar principalmente los daños causados como la decoloración de los pigmentos, el amarillamiento de los plásticos, la pérdida de brillo y agrietamiento.

5.6.1 Pruebas de fotodegradación expuestas a radiación de luz solar

Como se puede ver en la Figura 41, se muestra la imagen con fotos tomadas de cada una de las pruebas realizadas durante 30 días en los cuales se muestra el efecto que tiene el poliestireno expandido (EPS) al ser sometido a la radiación solar, donde el grupo de ensayo es igual al eje vertical (y) y (x) corresponde al eje horizontal acorde a los días transcurridos. Analizando las diferentes muestras como son: base biológica, base biológica + poliestireno, base biológica + poliestireno con y sin nanopartículas (10 mg, 20 mg), de tal forma que el material compuesto (A+B+D) que se encuentra encerrado en un recuadro de color rojo sufrió mayor daño visible y pérdida de peso durante su periodo de exposición.

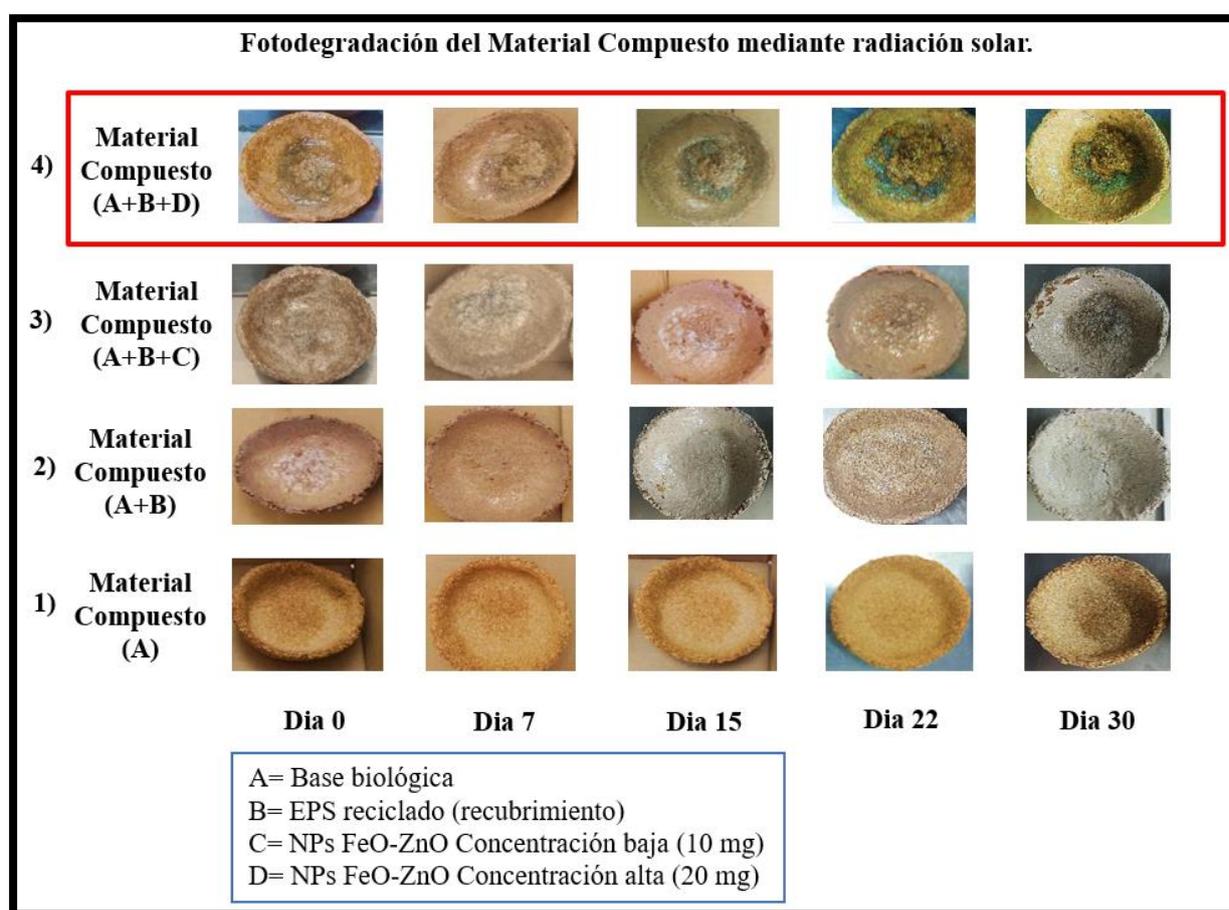


Figura 41. Fotodegradación del material compuesto mediante radiación solar. (elaboración propia, 2023)

Debido a que la energía de la luz solar es suficiente para provocar la ruptura de los enlaces poliméricos como consecuencia de su degradación volviendo quebradizo al recubrimiento de EPS.

La fotodegradación de las muestras se aprecia de manera detallada en figura 42, se muestra el comportamiento de cada grupo antes y después de ser sometidos a la radiación solar. Derivado de la fotodegradación, se encontraron lesiones, como la presencia de fisuras y grietas, las cuales comprometen la superficie del material. Mediante lo detectado en las micrografías el grupo 4 de la muestra A+B+D presento un mayor número de alteraciones visibles tanto en el recubrimiento de poliestireno expandido como en la base biológica. Comparando los resultados, se identificaron cambios representativos entre las superficies evaluadas, la superficie del material también presentó fisuras, craquelamiento y roturas, como se evidencia .

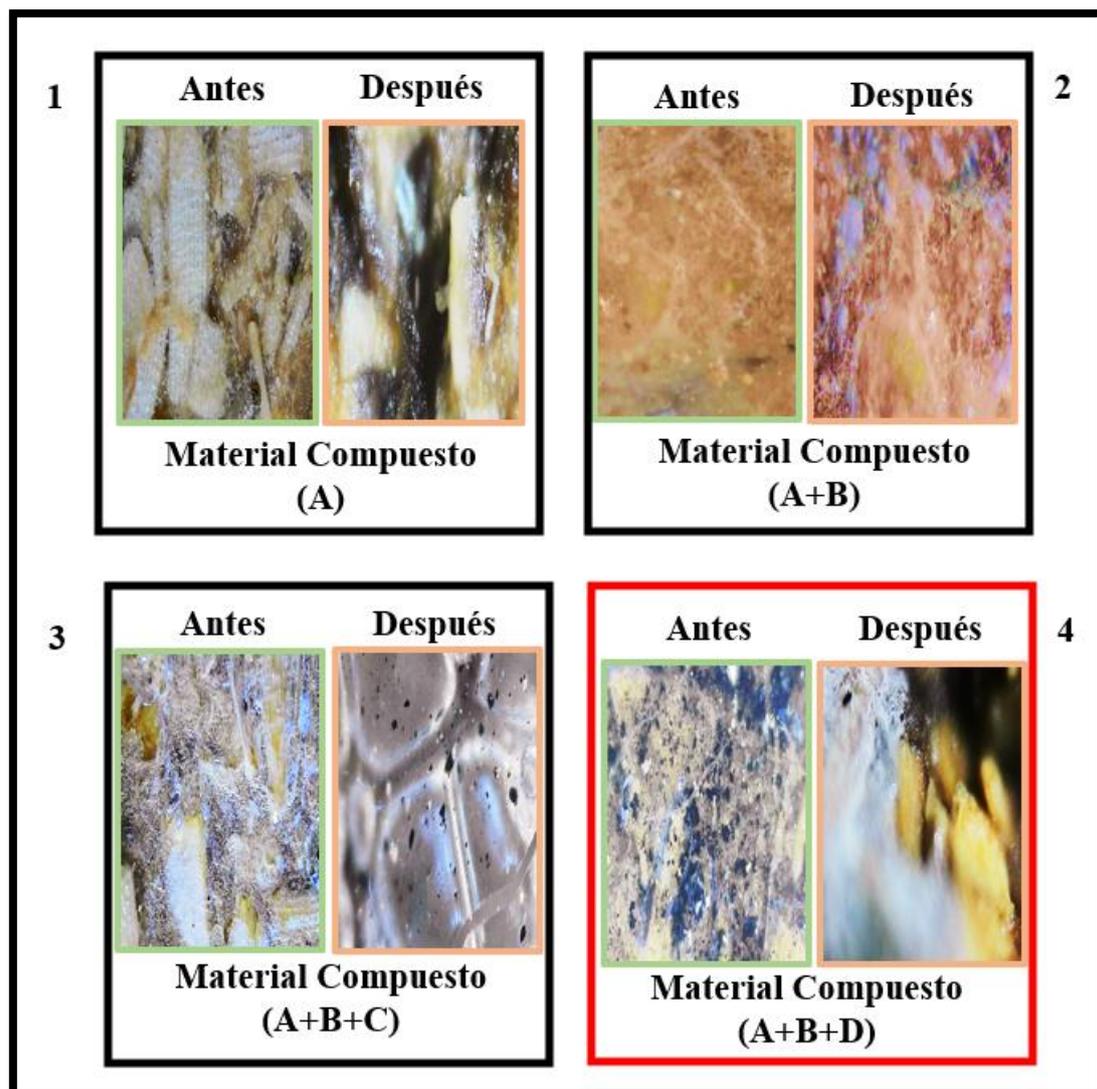


Figura 42. Fotodegradación del material compuesto sometidos bajo radiación de luz solar observados desde Microscopio Inskam315w 0~2000x 5.0m. (elaboración propia, 2023)

5.6.2 Pruebas de fotodegradación sometidas a radiación de luz visible

Los métodos de fotodegradación mediante inducción a la luz, provoca cambios físicos causados por la radiación de la luz visible como se muestra en la figura 43, mediante fotos tomadas de cada una de las pruebas realizadas durante 30 días en las cuales se muestra el efecto que tiene sobre el poliestireno expandido (EPS). Donde el grupo de ensayo es igual al eje vertical (y) y (x) corresponde al eje horizontal acorde a los días transcurridos. Analizando las diferentes muestras compuestas por: base biológica + poliestireno, base biológica + poliestireno con y sin nanopartículas (10 mg, 20 mg), de tal forma que grupo 3 correspondiente al material compuesto (A+B+D) que se encuentra encerrado en un recuadro de color rojo sufrió mayor daño visible y pérdida de peso durante su periodo de exposición a la radiación de luz visible.

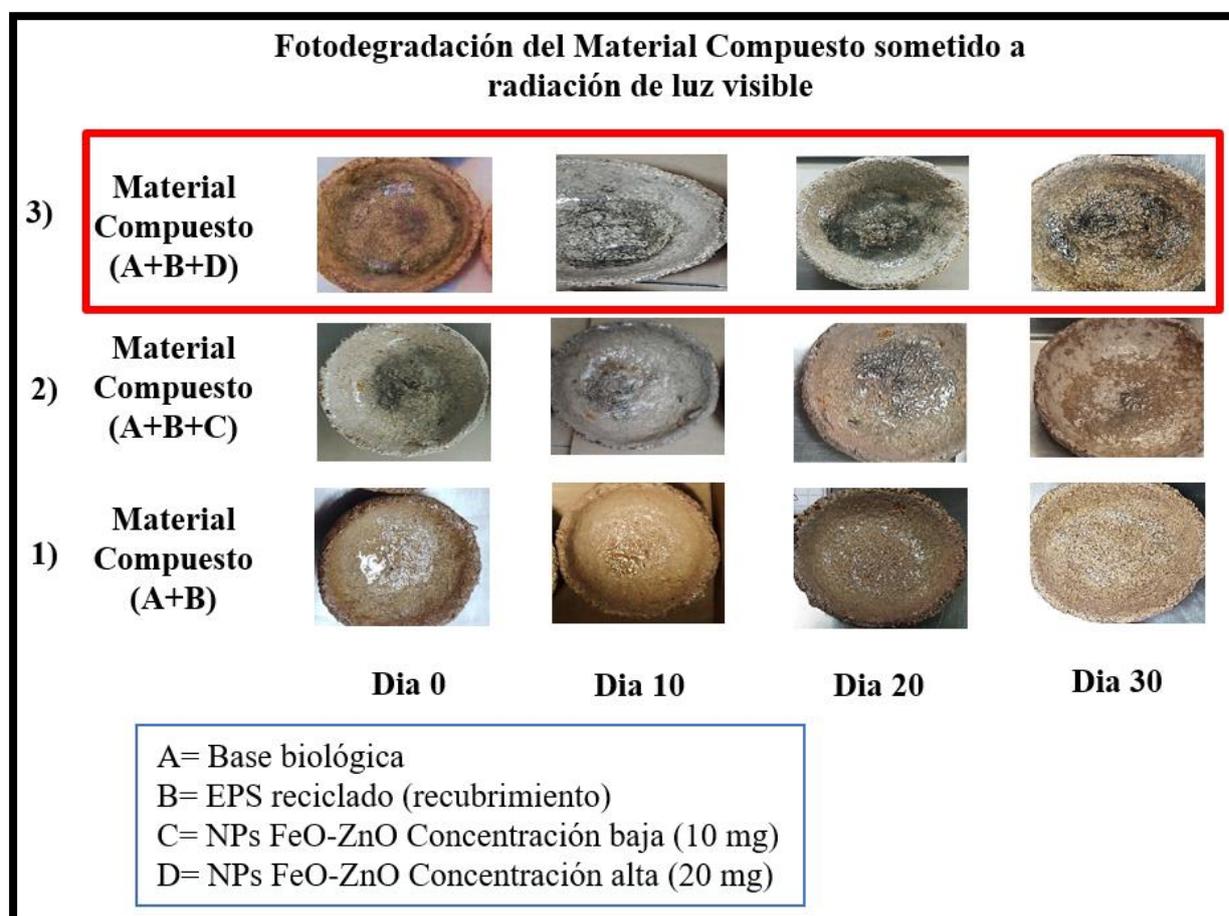


Figura 43. Fotodegradación del material compuesto mediante radiación de luz visible. (elaboración propia, 2023)

Se encontró que el material compuesto recubierto con las soluciones de EPS con propiedades fotodegradables, expuestas a una lámpara de luz fluorescente de 105 W, tenía un gramaje y espesor promedio a las muestras que se expusieron a radiación solar.

Se compararon las muestras con y sin nanopartículas (10 mg, 20 mg), donde identificaron algunos cambios a nivel de superficie, coloración, presencia de fisuras y pérdida de la superficie del material, corroborando lo expuesto por varios autores respecto a la fotodegradación. Como se muestra en la figura 44, por medio de micrográficas, analizadas después de ser sometidas a la radiación de la luz visible, el recubrimiento de poliestireno se deterioró, mostrando la importancia de las propiedades catalíticas obtenidas por las nanopartículas de ZnO-FeO. Mediante lo detectado en las imágenes microscópicas, el grupo 3 de la muestra A+B+D presento un mayor número de alteraciones visibles tanto en el recubrimiento de poliestireno expandido como en la base biológica. Dando como resultado una pigmentación de color amarillo y el descaramiento del EPS.

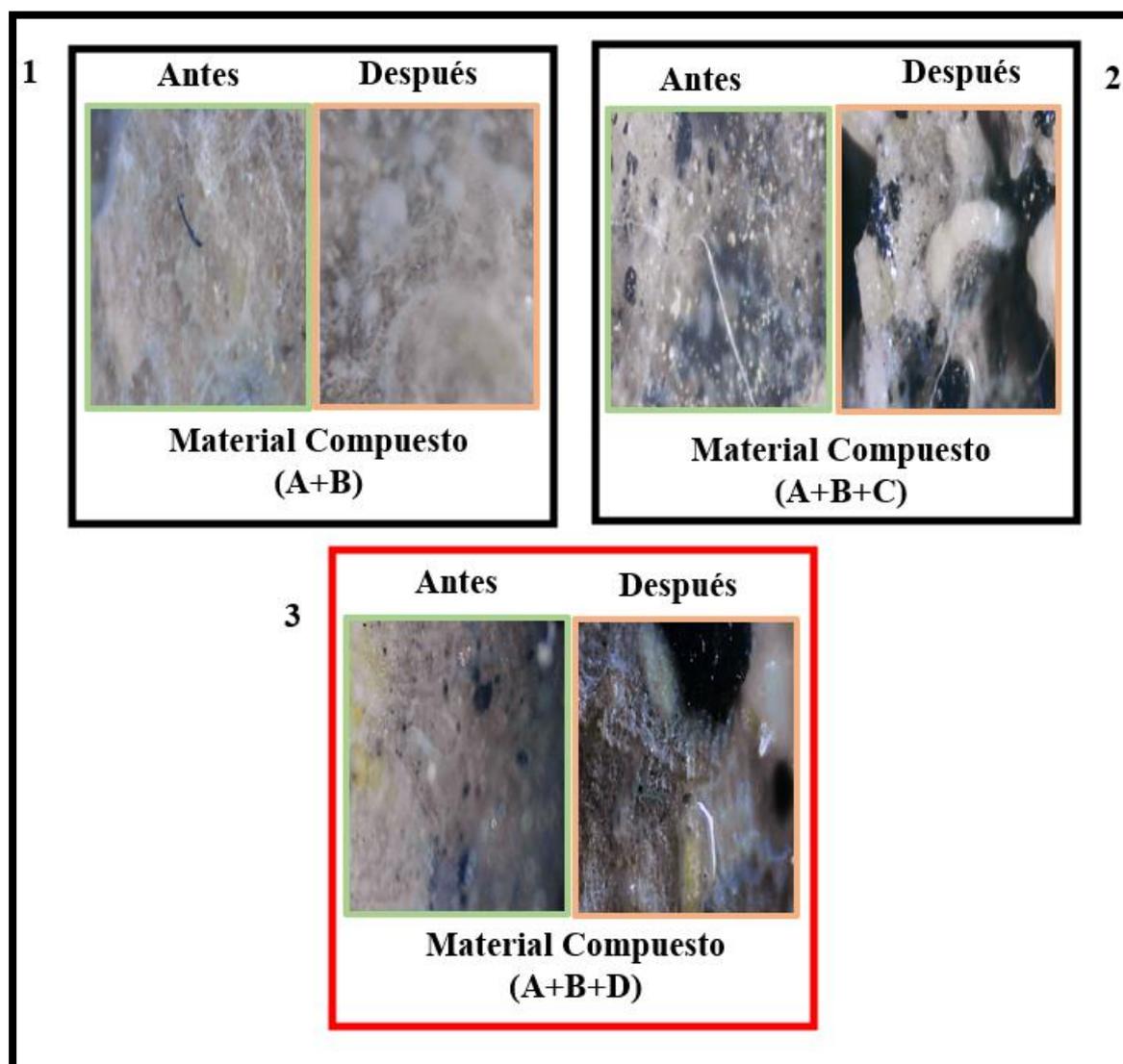


Figura 44. Fotodegradación del material compuesto bajo radiación de luz visible observada mediante el Microscopio Inskam315w 0~2000x 5.0m. (elaboración propia, 2023)

5.7 Mecanismo de fotodegradación.

El mecanismo de fotodegradación se puede aplicar para una variedad de reacciones, el beneficio de este método consiste en la conversión directa de energía luminosa en energía química, reduciendo así su consumo o proporcionando un enfoque ecológico y económico para combatir contaminación ambiental. Por tanto, la fotocatalisis cumple una parte de los requisitos de la química sostenible y la síntesis verde. (Melinte et al., 2019)

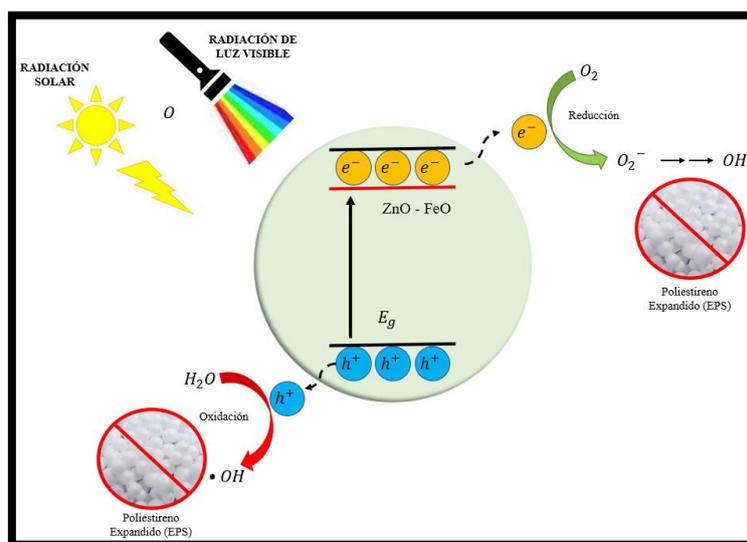


Figura 45. Mecanismo de fotodegradación de ZnO-FeO (elaboración propia, 2023)

La fotodegradación del material compuesto sometido bajo radiación solar y de luz visible, se puede observar en la figura 45. La degradación se caracterizó por la pérdida de peso promedio después de estar expuesto durante 6 horas diarias en un periodo de 1 mes. Tras la irradiación, las nanopartículas de FeO-ZnO puede adquirir energía fotónica igual o mayor que su energía de banda prohibida, cuando estos fotones llegan al polímero por medio de la luz, al incidir sobre un electrón del átomo y el fotón tiene suficiente energía, esta energía se la cede al electrón y lo libera de su última capa del átomo. La energía absorbida puede acelerar la reducción del oxígeno adsorbido en la superficie para producir radicales de *anión superóxido* (O_2^-), y sucesivamente para generar radicales de *hidroxilo* ($\bullet OH$) altamente reactivos para el deterioro del poliestireno expandido.

5.8 Pérdida de peso

Con la finalidad de determinar la variación en las pruebas de pérdida de peso debido a su actividad fotocatalítica, las pruebas de fotodegradación se basaron en la exposición del material compuesto a dos tipos radiación (Luz visible y Luz Solar). Por ello, se realizaron con

y sin nanopartículas (10 mg, 20 mg). Las pruebas de radiación solar se introdujeron en una caja con un vidrio, a comparación de la radiación de luz visible siendo colocadas en un lugar oscuro con una lampara de 105 W. Las cuales podemos observar en la figura 46.

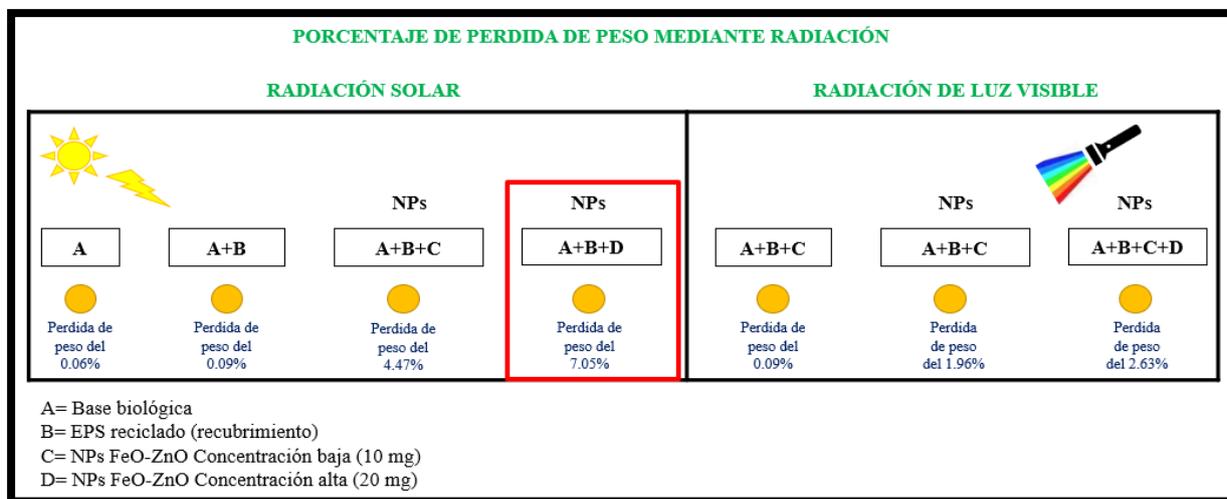


Figura 46. Porcentaje de pérdida de peso mediante radiación. (elaboración propia, 2023)

Se analizaron los datos tomados de la muestra de material compuesto (A), (A+B), (A+B+C) y (A+B+D) sometidas bajo radiación solar y de luz visible. Los datos recogidos se refieren a la pérdida de peso de los experimentos, que se consideraron útiles para predecir su mecanismo de fotodegradación. La variable de la pérdida de peso que se vio afectada en su mayoría fue la muestra (A+B+D) por medio de radiación solar durante 6 horas diarias en un periodo de 1 mes, se muestra encerrada en un recuadro rojo de la figura 46 con un porcentaje del 7.05% de pérdida de peso provocada por la fotodegradación del poliestireno expandido.

Donde la base biológica corresponde (85 % en peso) con relación al (10-12 % en peso) de EPS y un (3-5 % en peso) de nanopartículas de ZnO-FeO. Recordando que el uso de las fibras naturales se utiliza como matriz al refuerzo de almidón de maíz y arroz, con un recubrimiento de poliestireno expandido (EPS).

5.8.1 Fotodegradación bajo radiación de luz solar

Mediante la tabla 6, muestra los datos recolectados por semana de las diferentes muestras de fotodegradación por medio de radiación solar siendo esta causante de la disminución de la resistencia del material compuesto de modo que le causaron aparición de fisuras y pérdida de material.

Muestras	Día 0	Día 7	Día 15	Día 22	Día 30
A+B+D	26.892 g	26.7869 g	26.6751 g	26.5800 g	26.4514 g
A+B+C	21.278 g	21.2354 g	21.1895 g	21.1406 g	21.0977 g
A+B	19.254 g	19.2357 g	19.2162 g	19.1987 g	19.1772 g
A	25.824 g	25.8026 g	25.7791 g	25.7505 g	25.7322 g

Tabla 6. Peso promedio de fotodegradación del material compuesto bajo radiación de luz solar. (elaboración propia, 2023)

Se observa las variaciones de peso entre cada muestra después de un periodo de 30 días a la radiación solar, este es un indicativo de que el material compuesto sufre cierta degradación al estar expuesto a los diferentes agentes durante el proceso de experimentación.

5.8.1.1 ANOVA (Factor de fotodegradación por radiación solar.)

El análisis de la varianza unidireccional también se conoce como ANOVA de un solo factor o ANOVA simple. Como sugiere el nombre, ANOVA de una vía es adecuado para experimentos con una sola variable independiente (factor) con dos o más niveles.

En un estudio estadístico experimental se realiza un experimento para generar los datos. Éste comienza con la identificación de la variable de interés. A continuación, se identifican y controlan una o más variables que se considera que están relacionadas con la variable de interés, y se recogen datos de cómo influyen en ella.

En este trabajo de investigación se determinan el mejor método de fotodegradación. Después de considerar varios métodos posibles: pruebas base biológica, base biológica + poliestireno, base biológica + poliestireno con y sin nanopartículas (10 mg, 20 mg) bajo radiación solar. Éstos difieren en su composición con y sin nanopartículas (10 mg, 20 mg). Donde se determina qué método puede producir el mayor porcentaje de fotodegradación.

A continuación, se presentan la media, la varianza y la desviación estándar obtenidas con cada proceso. Así, la media muestral de las pruebas con el método A es 25.77; con el método A+B es 19.21, usando el método A+B+C es 21.18 y con el último método A+B+D es 26.67. Con base en estos datos, A+B+D proporciona las tasas más altas de fotodegradación que cualquiera de los otros métodos. El punto a considerar es si cualquiera de las cuatro medias muestrales observadas difiere lo suficiente. Para escribir esto en términos estadísticos, se introduce la notación siguiente.

Hipótesis nula:	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna:	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia:	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Rechazar la hipótesis nula, significa que por lo menos una de las medias poblacionales tiene valores diferentes.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Factor	4	2NP, 1NP, EPS, SN

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Sec.	Contribución	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	3	193.251	99.92%	193.251	64.4169	6937.27	0.000
Error	16	0.149	0.08%	0.149	0.0093		
Total	19	193.399	100.00%				

Se observa que el p-valor de la prueba es 0.000 es menor a el nivel de significancia (α) = 0.05, de esta manera se rechaza la hipótesis nula, es decir que para al menos una de las medias es diferente de los demás.

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	PRESS	R-cuad. (pred)
0.0963619	99.92%	99.91%	0.232141	99.88%

Medias

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
A+B+D	5	26.6771	0.1722	(26.5857, 26.7684)
A+B+C	5	21.1882	0.0720	(21.0969, 21.2796)
A+B	5	19.2164	0.0302	(19.1250, 19.3077)
A	5	25.7777	0.0373	(25.6863, 25.8690)

Desv.Est. agrupada = 0.0963619

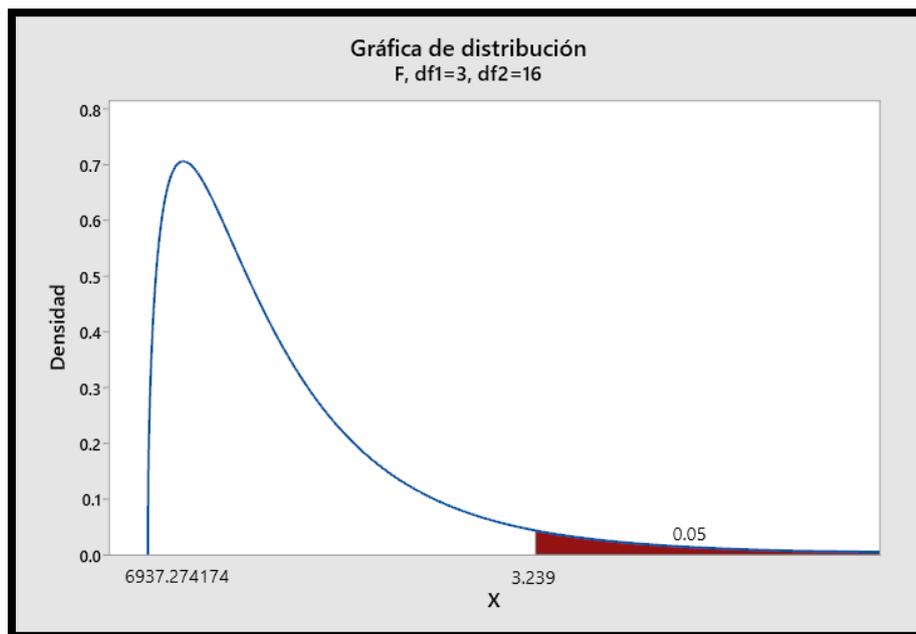


Figura 47. Gráfica de distribución F “Pérdida de peso bajo radiación solar”. (Obtenida mediante Minitab, 2023)

Ahora bien, en este trabajo se usará la Zona crítica $F \sim 0.95$ o $(\alpha) 0.05$ como nivel de significancia para realizar la prueba de hipótesis. El valor del estadístico de prueba es $F = 6937.274174$. Con los grados de libertad en el numerador J (Número de niveles del factor)-1= 3, y los grados de libertad para el denominador son N (numero total de observaciones) - J = 16. Como la hipótesis nula sólo será rechazada si se obtiene un valor grande para el estadístico de prueba, el valor-p será el área en la cola superior de la distribución F que se encuentra de color rojo en la figura 47, a la derecha del estadístico de prueba F. Donde se presenta la distribución muestral de F, el valor del estadístico de prueba y el área en la cola superior que es el valor-p de esta prueba de hipótesis. En la tabla 4 se encuentran las áreas siguientes en la cola superior de la distribución F con 3 grados de libertad en el numerador y 16 grados de libertad en el denominador.

El área en la cola superior correspondiente a $F = 6937.274174$ es mayor que $F_{3,16} = 3.2989$. Por tanto, el valor-p es menor que 0.05. Para obtener el valor-p exacto se utilizó minitab, siendo igual a 0.000. De esta manera la hipótesis nula es rechazada. Las pruebas proporcionan evidencias suficientes para concluir que las medias de las cuatro poblaciones no son iguales. En otras palabras, el análisis de varianza favorece la conclusión de que las medias poblacionales de la pérdida de peso por semana durante 30 días con cada uno de los métodos no son iguales.

5.8.1.2 Regresión lineal simple (Factor de fotodegradación por radiación solar.)

Los diagramas de dispersión para el análisis de regresión se trazan colocando la variable independiente x en el eje horizontal y la variable dependiente y en el eje vertical. Este diagrama permite observar gráficamente los datos y obtener conclusiones acerca de la relación entre las variables

En este caso se deseaba conocer como afecto la fotodegradación a la pérdida de peso. Para predecir este efecto, se tomaron datos de varias muestras, sometidas bajo radiación solar y recabando los datos. Los datos se refieren a la pérdida de peso de las pruebas, así como a diversas variables específicas del periodo de su exposición que se consideraron útiles para predecir su fotodegradación. La variable que más contribuyó a predecir este efecto fue la cantidad total de días bajo la radiación solar en los últimos 30 días. Obteniendo una ecuación de regresión estimada en la que se relacionaba la pérdida de peso con el total de días para las diferentes muestras que se aprecia en la figura 48.

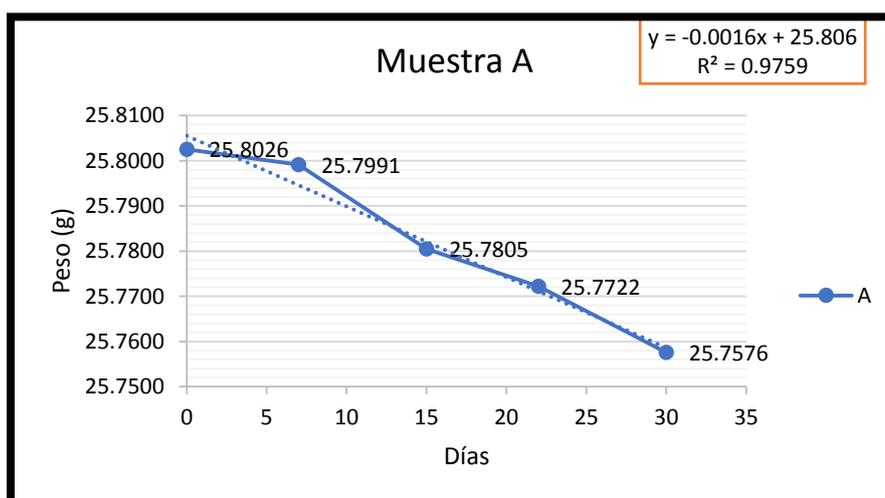


Figura 48. Diagramas de dispersión “Pérdida de peso bajo radiación de luz solar Muestra A”. (elaboración propia, 2023)

En la figura 48, se muestra la siguiente ecuación en un recuadro naranja $\hat{y} = -0.0016x + 25.806$. Donde \hat{y} es igual a la pérdida de peso y x los días transcurridos.

Para los datos de la pérdida de peso de la muestra A, $R^2 = 0.9759$. Por consiguiente, se concluye que existe una relación lineal negativa sólida entre la pérdida de peso y el periodo de tiempo establecido.

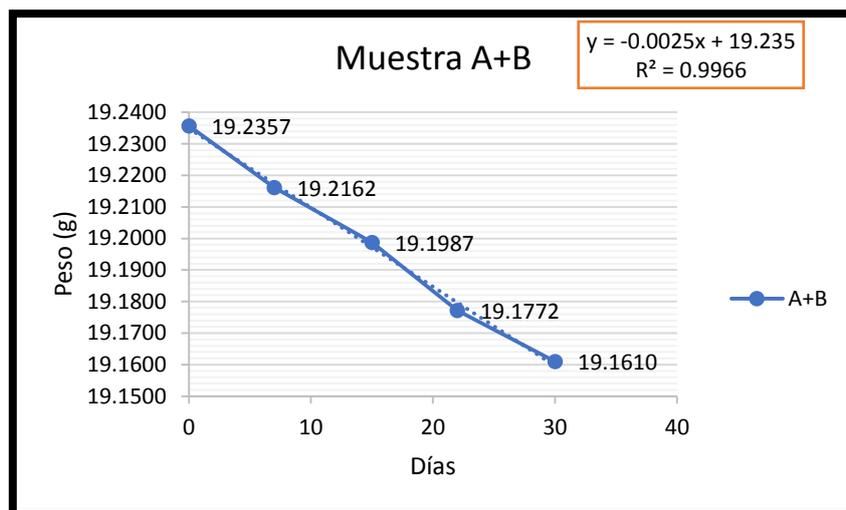


Figura 49. Diagramas de dispersión “Pérdida de peso bajo radiación de luz solar Muestra A+B”. (elaboración propia, 2023)

La figura 49, presenta la siguiente ecuación en un recuadro naranja $\hat{y} = -0.0025x + 19.235$. Donde \hat{y} es igual a la pérdida de peso y x los días transcurridos,

Para los datos de la pérdida de peso de la muestra A+B, $R^2 = 0.9966$. Por consiguiente, se concluye que existe una relación lineal negativa sólida entre la pérdida de peso y el periodo de tiempo establecido.

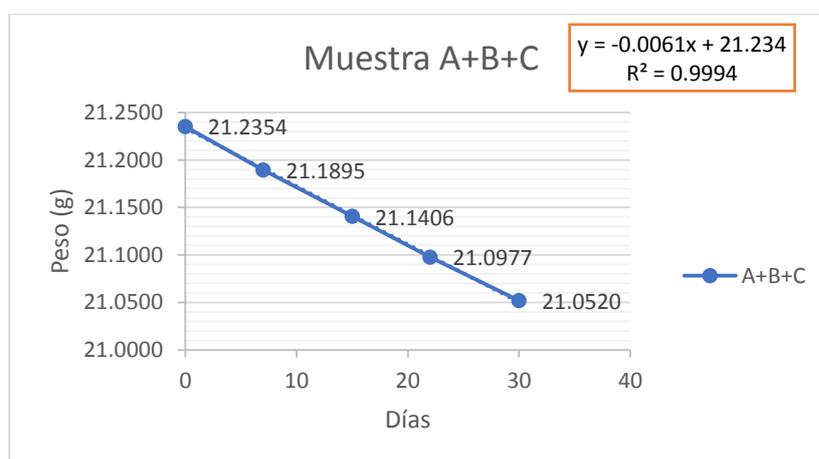


Figura 50. Diagramas de dispersión “Pérdida de peso bajo radiación de luz solar Muestra A+B+C”. (elaboración propia, 2023)

Conforme a la figura 50, se presenta la siguiente ecuación en un recuadro naranja $\hat{y} = -0.0061x + 21.234$. Donde \hat{y} es igual a la pérdida de peso y x los días transcurridos,

Para los datos de la pérdida de peso de la muestra A+B+C, $R^2= 0.9994$. Por consiguiente, se concluye que existe una relación lineal negativa sólida entre la pérdida de peso y el periodo de tiempo establecido.

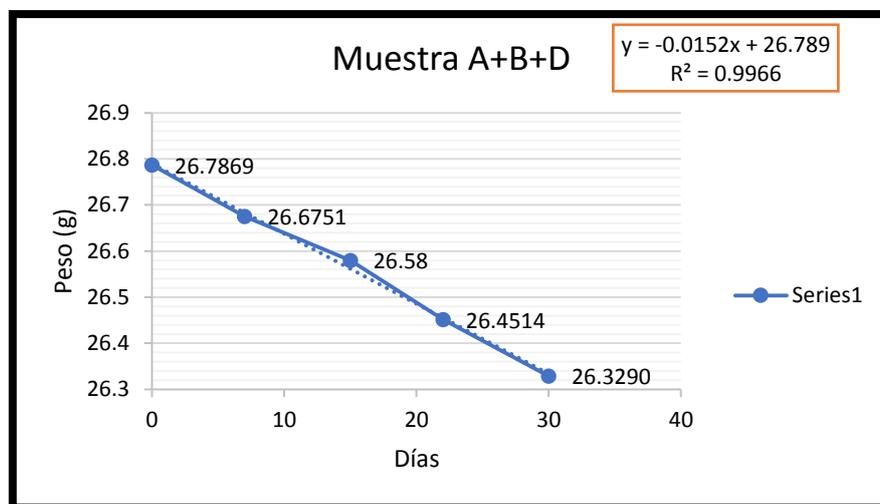


Figura 51. Diagramas de dispersión “Pérdida de peso bajo radiación de luz solar Muestra A+B+D”. (elaboración propia, 2023)

Se observa en la figura 51, la siguiente ecuación en un recuadro naranja $\hat{y} = -0.0152x + 26.789$. Donde \hat{y} es igual a la pérdida de peso y x los días transcurridos,

En general, se puede demostrar que, si los puntos del conjunto de datos caen en una recta con pendiente negativa, el valor del coeficiente de correlación muestral siendo 1, corresponde a una relación lineal negativa perfecta entre x y y . El coeficiente de correlación varía de -1 a 1. Los valores cercanos a -1 o a 1 indican una relación lineal sólida. Entre más se acerque la correlación a cero, más débil es la relación.

Siendo que el valor de R^2 será menor que 1, indica que los puntos en el diagrama de dispersión no estarán todos sobre una línea recta como se aprecia en la figura anterior. Para los datos de la pérdida de peso de la muestra A, $R^2= 0.9759$. Por consiguiente, se concluye que existe una relación lineal negativa sólida entre la pérdida de peso y el periodo de tiempo establecido. De manera más específica, la disminución de peso en la muestra se asocia con el número total de días transcurridos.

En resumen, se observa que la correlación proporciona una medida de asociación lineal y no necesariamente de causalidad. Una correlación alta entre dos variables no significa que los cambios en una variable ocasionarán cambios en la otra. Donde se indica que las muestras con

y sin nanopartículas (10 mg, 20 mg) se correlacionan de manera negativa. Sin embargo, como se observa en las anteriores figuras, un simple incremento en la cantidad de nanopartículas causa que la fotodegradación aumente. Siendo la mejora la muestra A+B+D con un porcentaje del 7.05%.

Cuando R^2 se interpreta en porcentaje se concluye que 0.9966 es igual al 99.66% de la suma total de cuadrados se explica utilizando la ecuación de regresión lineal estimada $\hat{y} = -0.0152x + 26.789$, para predecir la disminución de peso de la muestra A+B+D. En otras palabras, 99.66% de la variabilidad en la pérdida de peso se explica por la relación lineal que existe entre éstas y el transcurso de los días. Es por eso por lo que se propuso usar un ajuste para la ecuación de regresión lineal estimada para obtener una estimación de que pasaría con el material compuesto en un periodo de un año. Como se observa en la siguiente figura.

Estimación (Regresión lineal simple)

Al usar el modelo de regresión lineal simple se hace un supuesto acerca de la relación entre x y y . Después se usa el método de mínimos cuadrados para obtener una ecuación de regresión lineal simple estimada, el método de mínimos cuadrados es un procedimiento en el que se usan los datos muestrales para encontrar la ecuación de regresión estimada. Para ilustrar este método, se recolectaron datos de cada una de las muestras. Donde sí existe una relación significativa entre x y y , y el coeficiente de correlación indica que el ajuste es bueno, la ecuación de regresión lineal estimada es útil para estimación y predicción.

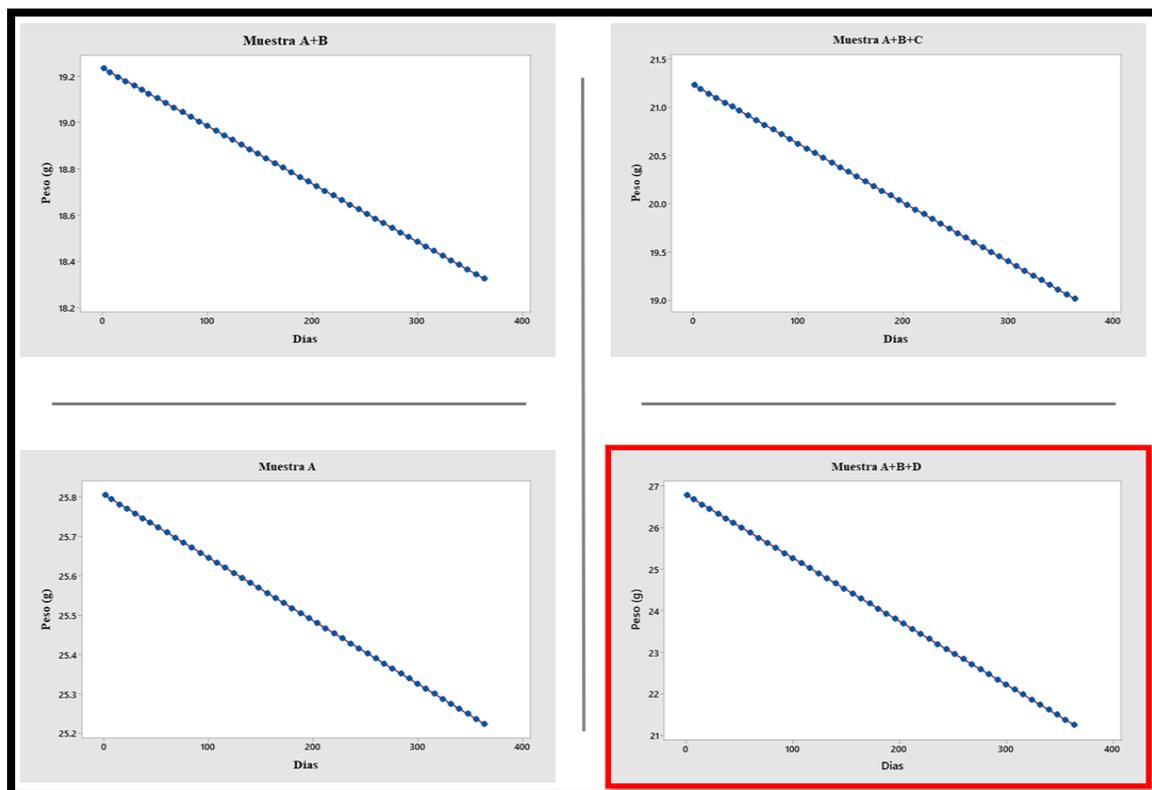


Figura 52. Diagramas de dispersión por estimación “Pérdida de peso bajo radiación de luz solar”. (elaboración propia, 2023)

La figura 52, es el diagrama de dispersión de los datos de las muestras base biológica, base biológica + poliestireno, base biológica + poliestireno con y sin nanopartículas (10 mg, 20 mg). El periodo de tiempo (días) se indica en el eje horizontal y la pérdida de peso (peso) en el eje vertical (en gramos). Los diagramas de dispersión para el análisis de regresión se trazan colocando la variable independiente x en el eje horizontal y la variable dependiente y en el eje vertical. Este diagrama permite observar gráficamente los datos y obtener conclusiones acerca de la relación entre las variables.

Decidido esto, lo siguiente es usar los datos muestrales de la tabla 6, para determinar los valores de b_0 y b_1 en la ecuación de regresión lineal simple estimada. Para esto se usaron cada una de las ecuaciones de regresión lineal simple, donde la mejor se encuentra marcada en un recuadro rojo en la figura 52, la ecuación de regresión simple estimada es $\hat{y} = -0.0152x + 26.789$.

Donde \hat{y} es el valor estimado de la pérdida de peso (en gramos) de la muestra A+B+D, siendo b_0 (26.789) la intersección de la recta de regresión estimada con el eje y y b_1 (-0.0152) la pendiente de la recta de regresión estimada (en gramos).

La pendiente de la ecuación de regresión estimada ($b_1 = -0.0152$) es negativa, lo que implica que a medida que aumenta el tiempo de exposición, las muestras disminuirán su peso. Se concluye (con base a la pérdida de peso dadas en gramos (g) y el periodo de tiempo en días, que un aumento de 20 mg de nanopartículas en las muestras corresponde a un incremento de fotodegradación en las pruebas esperadas; es decir, se prevé que el peso total del material compuesto se disminuya (0.0152) por cada día transcurrido. Si se considera que la ecuación de regresión estimada obtenida describe adecuadamente la relación entre x y y , parecerá razonable usar esta ecuación para realizar una estimación o pronóstico, por lo cual podemos tomar el resultado de la estimación de la muestra A+B+D en la figura 52, como la mejor debido a que su tiempo de fotodegradación total del poliestireno expandido es de 150 días aproximadamente, en comparación con las demás pruebas realizadas.

5.8.2 Fotodegradación mediante radiación de luz visible

Mediante la tabla 7; se muestran los datos recolectados por semana de las diferentes muestras de fotodegradación por medio de radiación de luz visible, empleando una lámpara de 105 W. En este caso, se colocaron 3 materiales compuestos para su experimentación, siendo sometidos bajo la radiación y observar la disminución de peso en gramos del material compuesto.

Muestras	Día 0	Día 7	Día 15	Día 22	Día 30
A+B+D	26.565 g	26.4396 g	26.3905 g	26.2153 g	26.124 g
A+B+C	19.772 g	19.7025 g	19.6579 g	19.5706 g	19.511 g
A+B	29.993 g	29.947 g	29.8755 g	29.8396 g	29.777 g

Tabla 7. Promedio de fotodegradación del material compuesto bajo radiación de luz solar. (elaboración propia, 2023)

Se observa las variaciones de peso entre cada muestra después de un periodo de 30 días a la radiación de luz visible, este es un indicativo de que el material compuesto sufre cierta degradación al estar expuesto a la lámpara y diferentes agentes durante el proceso de experimentación.

5.8.2.1 ANOVA (Factor de fotodegradación por radiación de luz visible).

En esta sección se determinó el mejor método de fotodegradación. Después de considerar varios métodos posibles: prueba base biológica + poliestireno, base biológica

+poliestireno con y sin nanopartículas (10 mg, 20 mg) bajo radiación de luz visible. Donde se determina qué método puede producir el mayor porcentaje de fotodegradación.

A continuación, se presentan la media, la varianza y la desviación estándar obtenidas con cada proceso. Así, la media muestral de las pruebas con el método A+B es 26.3469; con el método A+B+C es 19.6428, usando el método A+B+D es 29.8864. Con base en estos datos, A+B+D proporciona las tasas más altas de fotodegradación que cualquiera de los otros métodos. El punto a considerar es si cualquiera de las cuatro medias muestrales observadas difiere lo suficiente. Para escribir esto en términos estadísticos, se introduce la notación siguiente.

Hipótesis nula:	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna:	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia:	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Rechazar la hipótesis nula, significa que por lo menos una de las medias poblacionales tiene valores diferentes.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Factor	3	2NP2, 1NP2, PS2

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	270.675	135.337	8225.24	0.000
Error	12	0.197	0.016		
Total	14	270.872			

Se observa que el p-valor de la prueba es 0.000 es menor a el nivel de significancia (α) = 0.05, de esta manera se rechaza la hipótesis nula, es decir que para al menos una de las medias es diferente de los demás.

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.128273	99.93%	99.91%	99.89%

Medias				
Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
2NP	5	26.3469	0.1768	(26.2219, 26.4719)
1NP	5	19.6428	0.1038	(19.5178, 19.7678)
PS	5	29.8864	0.0856	(29.7614, 30.0114)

Desv.Est. agrupada = 0.128273

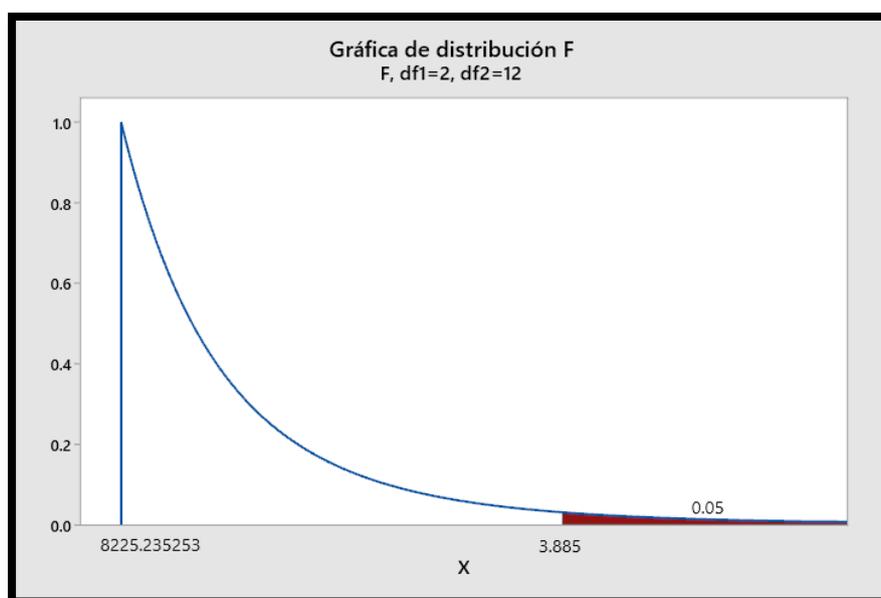


Figura 53. Gráfica de distribución F “Pérdida de peso mediante radiación de luz visible”. (obtenida mediante minitab, 2023)

Ahora bien, en esta sección se usará la Zona crítica $F \sim 0.95$ o $(\alpha) 0.05$ como nivel de significancia para realizar la prueba de hipótesis. El valor del estadístico de prueba es $F = 8225.24$. Con los grados de libertad en el numerador J (Número de niveles del factor)-1= 2, y los grados de libertad para el denominador son N (numero total de observaciones) - J = 12. Como la hipótesis nula sólo será rechazada si obtenemos un valor grande para el estadístico de prueba, el valor-p será el área en la cola superior de la distribución F que se encuentra de color rojo en la figura 54, a la derecha del estadístico de prueba F. Donde se presenta la distribución muestral

de F, el valor del estadístico de prueba y el área en la cola superior que es el valor-p de esta prueba de hipótesis. En la tabla 4 se encuentran las áreas siguientes en la cola superior de la distribución F con 2 grados de libertad en el numerador y 12 grados de libertad en el denominador.

El área en la cola superior correspondiente a $F = 8225.24$ es mayor que $F_{3,16} = 3.885$. Por tanto, el valor-p es menor que 0.05. Para obtener el valor-p exacto se utilizó minitab, siendo igual a 0.000. De esta manera la hipótesis nula es rechazada. Las pruebas proporcionan evidencias suficientes para concluir que las medias de las cuatro poblaciones no son iguales. En otras palabras, el análisis de varianza favorece la conclusión de que las medias poblacionales de la pérdida de peso por semana durante 30 días con cada uno de los métodos no son iguales.

5.8.2.2 Regresión lineal simple (Factor de fotodegradación por radiación de luz visible.)

En este caso se deseaba conocer como afecto la fotodegradación a la pérdida de peso. Para predecir este efecto, se tomaron datos de varias muestras, sometidas bajo radiación solar y recabando los datos. Los datos se refieren a la pérdida de peso de las pruebas, así como a diversas variables específicas del periodo de su exposición que se consideraron útiles para predecir su fotodegradación. La variable que más contribuyó a predecir este efecto fue la cantidad total de días bajo la radiación solar en los últimos 30 días. Obteniendo una ecuación de regresión estimada en la que se relacionaba la pérdida de peso con el total de días para las diferentes muestras que se observan a continuación.

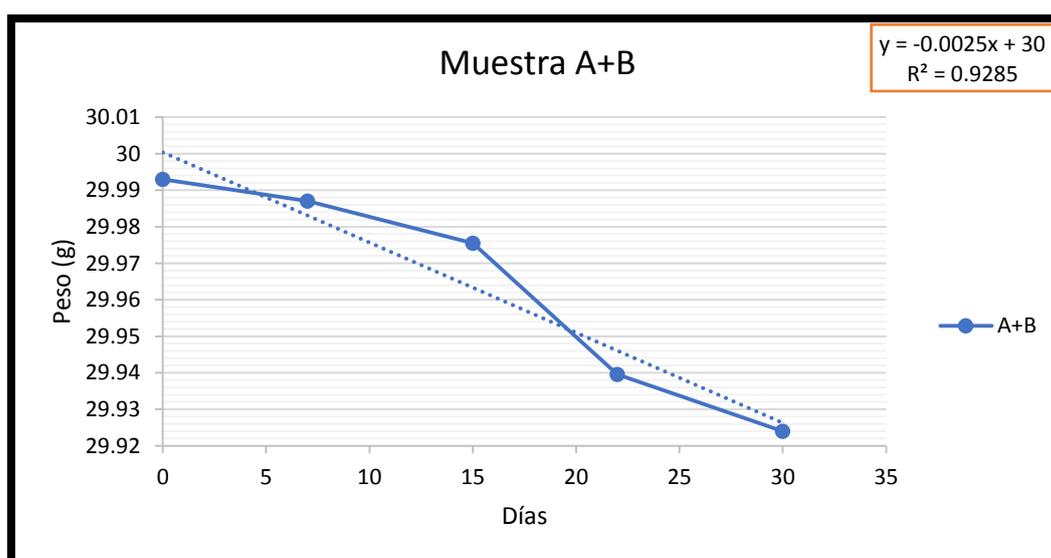


Figura 54 Diagramas de dispersión “Pérdida de peso bajo radiación de luz solar Muestra A+B”. (elaboración propia, 2023)

En la figura 54, se aprecia la siguiente ecuación en un recuadro naranja $\hat{y} = -0.0025x + 30$. Donde \hat{y} es igual a la pérdida de peso y x los días transcurridos.

Para los datos de la pérdida de peso de la muestra A+B, $R^2 = 0.9285$. Por consiguiente, se concluye que la ecuación de relación lineal negativa no puede ser utilizada para realizar una estimación, debido a que $R^2 = 0.9285$ es menor que $F \sim 0,95$.

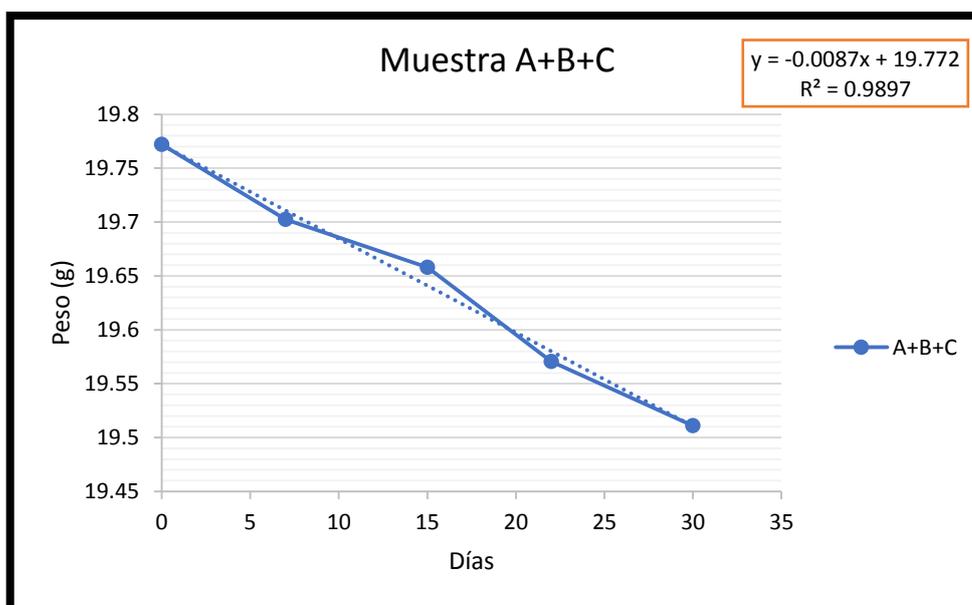


Figura 55. Diagramas de dispersión “Pérdida de peso bajo radiación de luz solar Muestra A+B+C”. (elaboración propia, 2023)

Conforme en la figura 55, se muestra la siguiente ecuación en un recuadro naranja $\hat{y} = -0.0087x + 19.772$. Donde \hat{y} es igual a la pérdida de peso y x los días transcurridos,

Para los datos de la pérdida de peso de la muestra A+B+C, $R^2 = 0.9897$. Por consiguiente, se concluye que existe una relación lineal negativa sólida entre la pérdida de peso y el periodo de tiempo establecido.

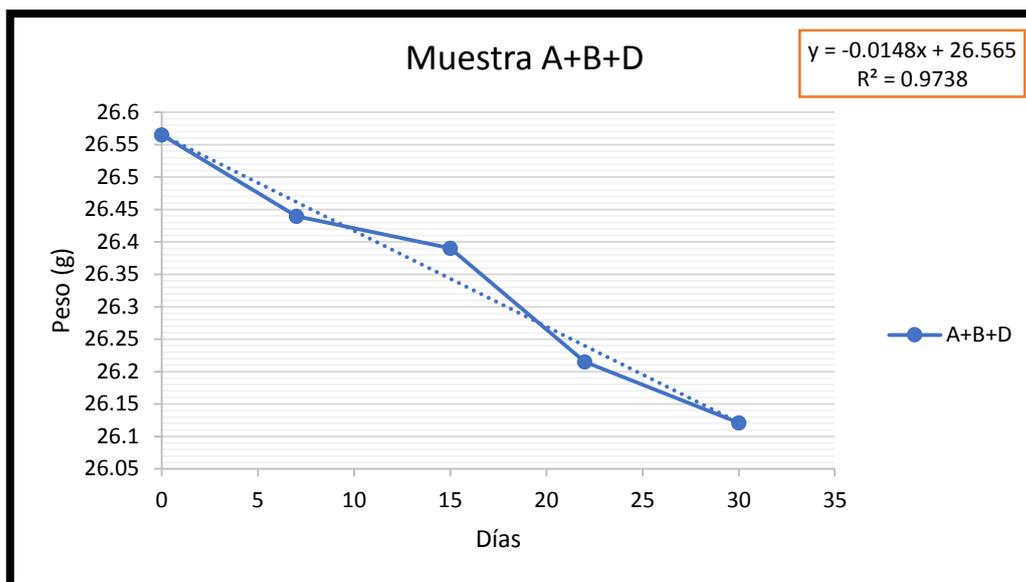


Figura 56. Diagramas de dispersión “Pérdida de peso bajo radiación de luz solar Muestra A+B+D”. (elaboración propia, 2023)

Donde la figura 56, exhibe la siguiente ecuación en un recuadro naranja $\hat{y} = -0.0148x + 26.565$. Donde \hat{y} es igual a la pérdida de peso y x los días transcurridos,

En general, se puede demostrar que, si los puntos del conjunto de datos caen en una recta con pendiente negativa, el valor del coeficiente de correlación muestral siendo 1, corresponde a una relación lineal negativa perfecta entre x y y . El coeficiente de correlación varía de -1 a 1. Los valores cercanos a -1 o a 1 indican una relación lineal sólida. Entre más se acerque la correlación a cero, más débil es la relación.

Siendo que el valor de R^2 será menor que 1, indica que los puntos en el diagrama de dispersión no estarán todos sobre una línea recta como se observa en la figura anterior. Para los datos de la pérdida de peso de la muestra A, $R^2 = 0.9738$. Por consiguiente, se concluye que existe una relación lineal negativa sólida entre la pérdida de peso y el periodo de tiempo establecido. De manera más específica, la disminución de peso en la muestra se asocia con el número total de días transcurridos.

En resumen, se observa que la correlación proporciona una medida de asociación lineal y no necesariamente de causalidad. Una correlación alta entre dos variables no significa que los cambios en una variable ocasionarán cambios en la otra. Siendo que las muestras con y sin nanopartículas (10 mg, 20 mg) se correlacionan de manera negativa. Sin embargo, como se observa en las anteriores figuras, un simple incremento en la cantidad de nanopartículas causa que la fotodegradación aumente. Siendo la mejora la muestra A+B+D bajo radiación de luz

visible con un porcentaje del 2.63%. Sin embargo, la muestra A+B+D sometida a radiación solar sigue siendo la mejor entre estos dos procesos.

Cuando R^2 se interpreta en porcentaje se concluye que 0.9738 es igual al 97.38% de la suma total de cuadrados se explica utilizando la ecuación de regresión lineal estimada $\hat{y} = -0.0148x + 26.565$, para predecir la disminución de peso de la muestra A+B+D. En otras palabras, 97.38% de la variabilidad en la pérdida de peso se explica por la relación lineal que existe entre éstas y el transcurso de los días. Es por eso por lo que se propuso usar un ajuste para la ecuación de regresión lineal estimada para obtener una estimación de que pasaría con el material compuesto en un periodo de un año. Como se observa en la siguiente figura.

Estimación (Regresión lineal simple)

Al usar el modelo de regresión lineal simple se hace un supuesto acerca de la relación entre x y y . Después se usa el método de mínimos cuadrados para obtener una ecuación de regresión lineal simple estimada, el método de mínimos cuadrados es un procedimiento en el que se usan los datos muestrales para encontrar la ecuación de regresión estimada. Para ilustrar este método, se recolectaron datos de cada una de las muestras. Donde sí existe una relación significativa entre x y y , y el coeficiente de correlación indica que el ajuste es bueno, la ecuación de regresión lineal estimada es útil para estimación y predicción.

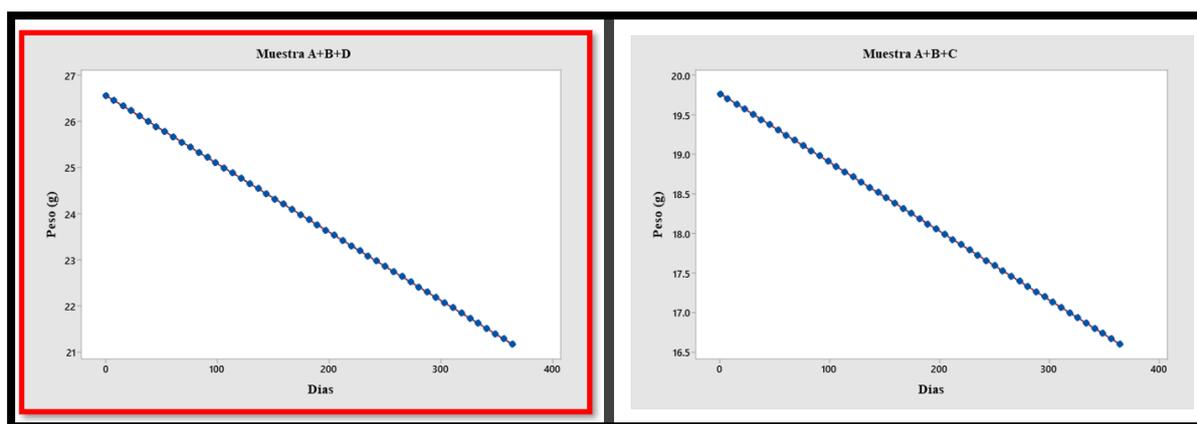


Figura 57. Diagramas de dispersión por estimación “Pérdida de peso bajo radiación de luz visible”. (elaboración propia, 2023)

La figura 57, es el diagrama de dispersión de los datos de las muestras (A+B+C), (A+B+D). El periodo de tiempo (días) se indica en el eje horizontal y la pérdida de peso (peso) en el eje vertical (en gramos). Los diagramas de dispersión para el análisis de regresión se trazan

colocando la variable independiente x en el eje horizontal y la variable dependiente y en el eje vertical. Este diagrama permite observar gráficamente los datos y obtener conclusiones acerca de la relación entre las variables.

Decidido esto, lo siguiente es usar los datos muestrales de la tabla 7, para determinar los valores de b_0 y b_1 en la ecuación de regresión lineal simple estimada. Para esto se usaron cada una de las ecuaciones de regresión lineal simple, donde la mejor se encuentra marcada en un recuadro rojo en la figura 57, la ecuación de regresión simple estimada es $\hat{y} = -0.0148x + 26.565$.

Donde \hat{y} es el valor estimado de la pérdida de peso (en gramos) de la muestra A+B+D, siendo b_0 (26.565) la intersección de la recta de regresión estimada con el eje y y b_1 (-0.0148) la pendiente de la recta de regresión estimada (en gramos).

La pendiente de la ecuación de regresión estimada ($b_1 = -0.0148$) es negativa, lo que implica que a medida que aumenta el tiempo de exposición, las muestras disminuirán su peso. Se concluye (con base a la pérdida de peso dadas en gramos (g) y el periodo de tiempo en días, que un aumento de 20 mg de nanopartículas en las muestras corresponde a un incremento de fotodegradación en las pruebas esperadas; es decir, se prevé que el peso total del material compuesto se disminuya (0.0148) por cada día transcurrido. Si se considera que la ecuación de regresión estimada obtenida describe adecuadamente la relación entre x y y , parecerá razonable usar esta ecuación para realizar una estimación o pronóstico, por lo cual podemos tomar el resultado de la estimación de la muestra A+B+D en la figura 57, como la mejor debido a que su tiempo de fotodegradación total del poliestireno expandido es de 150 días aproximadamente, en comparación con las demás pruebas realizadas. Sin embargo, las pruebas realizadas por radiación solar siguen presentando mejores resultados.

5.9 Pruebas de permeabilidad

Esta fase ocurre porque cuando las fibras naturales están expuestas a partículas de agua, el agua penetra en las paredes celulares de las fibras, reduciendo su permeabilidad y aumentando el hinchamiento, resultando en grietas debido a la absorción de humedad. Si bien los refuerzos de polímero proporcionan a los compuestos resistencia a la absorción de humedad, el desgaste es inevitable cuando la humedad penetra en las fibras. Se decidió realizar un análisis de permeabilidad, que analiza el tiempo de absorción de las partículas de agua, como se muestra en la siguiente figura.

Permeabilidad		
Muestra	Tiempo (hrs)	Resultados
2NP (20 mg NPs)	18 hrs.	
1NP (10 mg NPs)	18 hrs.	
Material compuesto + EPS	18 hrs.	
Material compuesto	1 hr.	

Figura 58. Permeabilidad del material compuesto (elaboración propia, 2023)

En la figura 58, se muestra la comparación de la capacidad de permeabilidad por parte de los diferentes materiales compuestos. Se verifica que las pruebas demuestran una alta capacidad de adsorción con relación a la muestra (A), provocando que se hinche y deteriore en un periodo de una hora, a comparación de las muestras (A+B), (A+B+C) y (A+B+C) con concentraciones de poliestireno expandido y nanopartículas de ZnO-FeO respectivamente, exhibe una capacidad creciente conforme a la resistencia al agua durante un periodo de 18 hrs. hasta sufrir pequeños agrietamientos e hinchamiento de la base biológica.

Conclusiones

- Se obtuvo un material compuesto a partir de una base biológica y poliestireno expandido con potencial de ser fotodegradable, así como se usaron nanopartículas metálicas de forma económica y sostenible sin recurrir a costosos métodos de síntesis química.
- Se realizó investigación de 30 fuentes bibliográficas acerca de avances de materiales compuesto base biológica y procesos verde de obtención de nanopartículas FeO-ZnO .
- Se analizó la información de los autores y se obtuvieron tendencias que sirvieron de fundamento para la propuesta a obtener.
- Las características del material base biológica se fortalecen con recubrimiento de poliestireno expandido- nanopartículas FeO-ZnO.
- Fueron realizadas pruebas preliminares que permitieron mejorar y establecer el procedimiento de obtención del material compuesto.
- Se obtuvieron 4 grupos de muestras para evaluar la fotodegradación inducida por exposición a radiación del sol.
- Se obtuvo 9 veces mejor impermeabilidad cuando se aplicó recubrimiento de poliestireno expandido y disminución del 7.05% en peso para pruebas que contenían 20 mg de nanopartículas FeO-ZnO.

Recomendaciones

Con base a los resultados recogidos en el presente proyecto y al aporte bibliográfico de este, se recomienda tomar en cuenta los siguientes puntos:

- Pesar la base biológica antes y después de ingresar al horno.
- Seccionar áreas de análisis antes y después para las capturas del microscopio.
- Utilizar cubrebocas al momento de calcinar las nanopartículas.
- Utilizar equipo, materiales o instrumentos que soporten temperaturas de 540°C.
- Retirar los agitadores magnéticos antes de calcinar.
- Solicitar y/o disponer del equipo de laboratorio junto con los materiales para experimentar.
- Sonicar las nanopartículas para evitar su aglomeración en el poliestireno expandido.

Competencias desarrolladas

En la tabla 8, se muestra la descripción generalizada de las competencias adquiridas y aplicadas en este trabajo de investigación.

Tabla 8. Competencias desarrolladas. (elaboración propia. 2023)

Competencias desarrolladas	
Materia	Competencias adquiridas
Química	Aplica conocimientos, teorías, conceptos y procedimientos básicos de química en la comprensión de los fenómenos involucrados para su aplicación en la generación de energía proveniente de fuentes renovables.
Fundamentos de Investigación	Aplica los elementos de la investigación documental para elaborar escritos académicos de su entorno profesional.
Propiedad de los Materiales	Identifica y aplica los materiales adecuados en los diferentes procesos industriales de acuerdo con sus características y propiedades para obtener productos de calidad, bajo costo y protegiendo al ambiente.
Probabilidad y Estadística	Aplica los conceptos de la teoría de la probabilidad y estadística para organizar, clasificar, analizar e interpretar datos para la toma de decisiones en aplicaciones de industrial y logística.
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
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.
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.
Administración de las Operaciones I	Utiliza técnicas de pronósticos y de planeación de la capacidad para tomar decisiones en la administración de sistemas de producción de bienes y servicios. Aplica técnicas de inventarios y de administración de almacenes para optimizar los sistemas de almacenamiento
Taller de Investigación I	Elabora un protocolo de investigación en el que presenta soluciones científico - tecnológicas a problemáticas relacionadas con su campo profesional en diversos contextos.
Taller de Investigación II	Consolida el protocolo para ejecutar la investigación y obtener productos para su exposición, defensa y gestión de su trascendencia.
Desarrollo Sustentable	Aplica una visión sustentable, en los ámbitos social, económico y ambiental que le permitirá evaluar y disminuir el impacto de la sociedad sobre el entorno, tomando en cuenta estrategias y considerando profesionalmente los valores ambientales
Gestión de los Sistemas de Calidad	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.
Manufactura esbelta	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
Ecodiseño	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
Calidadyproductividad	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.

Referencias

- Abinaya, S., Kavitha, H. P., Prakash, M., & Muthukrishnaraj, A. (2021). Green synthesis of magnesium oxide nanoparticles and its applications: A review. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 19, 100368. <https://doi.org/10.1016/J.SCP.2020.100368>
- Abualfaraa, W., Salonitis, K., Al-Ashaab, A., & Ala'raj, M. (2020). Lean-Green Manufacturing Practices and Their Link with Sustainability: A Critical Review. *Sustainability* 2020, Vol. 12, Page 981, 12(3), 981. <https://doi.org/10.3390/SU12030981>
- Alsubari, S., Zuhri, M. Y. M., Sapuan, S. M., Ishak, M. R., Ilyas, R. A., & Asyraf, M. R. M. (2021). Potential of Natural Fiber Reinforced Polymer Composites in Sandwich Structures: A Review on Its Mechanical Properties. *Polymers* 2021, Vol. 13, Page 423, 13(3), 423. <https://doi.org/10.3390/POLYM13030423>
- Anderson, D. R., Sweeney, D. J., & Williams, T. A. (2016). *Estadística para negocios y economía*. Cengage Learning Editores, S.A. <http://up-rid2.up.ac.pa:8080/xmlui/handle/123456789/1924>
- Anugrahwidya, R., Armynah, B., & Tahir, D. (2021). Bioplastics Starch-Based with Additional Fiber and Nanoparticle: Characteristics and Biodegradation Performance: A Review. *Journal of Polymers and the Environment*, 29(11), 3459–3476. <https://doi.org/10.1007/S10924-021-02152-Z>
- Aranda-García, F. J., González-Núñez, R., Jasso-Gastinel, C. F., & Mendizábal, E. (2020). Water Absorption and Thermomechanical Characterization of Extruded Starch/Poly(lactic acid)/Agave Bagasse Fiber Bioplastic Composites. *International Journal of Polymer Science*, 2015. <https://doi.org/10.1155/2015/343294>
- Bayas, L. M. V., Pilco, F. B. P., Pilco, C. R. J., Kuja, W. A. K., & Morejon, A. N. M. (2021). ENERGÍA RENOVABLE A PARTIR DE LA BIOMASA DE LA CAÑA DE AZÚCAR. *Revista de Investigación Talentos*, 8(1), 9–26. <https://doi.org/10.33789/TALENTOS.8.1.140>
- Bimakr, M., Rahman, R., Taip, F., ... A. G.-F. and bioproducts, & 2011, undefined. (2010). Comparison of different extraction methods for the extraction of major bioactive flavonoid compounds from spearmint (*Mentha spicata* L.) leaves. *Elsevier*. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2010.03.002>

- Calabria, L., Vieceli, N., ... O. B.-I. crops and, & 2012, undefined. (2021). Soy protein isolate/poly (lactic acid) injection-molded biodegradable blends for slow release of fertilizers. *Elsevier*.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926669011003578>
- Chaireh, S., Ngasatool, P., Biological, K. K.-I. J. of, & 2020, undefined. (2020). Novel composite foam made from starch and water hyacinth with beeswax coating for food packaging applications. *Elsevier*.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S014181302034633X>
- Charbgoon, F., Ahmad, M. Bin, & Darroudi, M. (2017). Cerium oxide nanoparticles: green synthesis and biological applications. *International Journal of Nanomedicine*, 12, 1401.
<https://doi.org/10.2147/IJN.S124855>
- Chávez-González, M. L., Sepúlveda, L., Kumar Verma, D., Luna-García, H. A., Rodríguez-Durán, L. V., Ilina, A., & Aguilar, C. N. (2020). Conventional and emerging extraction processes of flavonoids. *Mdpi.Com*. <https://doi.org/10.3390/pr8040434>
- Chong, T. Y., Law, M. C., & Chan, Y. S. (2021). The Potentials of Corn Waste Lignocellulosic Fibre as an Improved Reinforced Bioplastic Composites. *Journal of Polymers and the Environment*, 29(2), 363–381. <https://doi.org/10.1007/S10924-020-01888-4>
- Contento, R. (2019). *Estadística con aplicaciones en R*.
<https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/handle/20.500.12010/21660>
- Delgadillo, C. R. (2020). *Evaluación de la extracción de flavonoides a partir de la cáscara de naranja*. <http://repository.uamerica.edu.co/handle/20.500.11839/8180>
- Enciso, B., Directores, R., Ángel, M., Casanova, M., Juana, D., & Buendía, A. (2018). *Durabilidad y biodeterioro de materiales compuestos de matriz polimérica reforzados con fibras naturales: efecto de tratamientos de plasma*. <https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/27431>
- Fadeeva, I. V., Grabovenko, F. I., Fomin, A. S., Barinov, S. M., Murzakhanov, F. F., Akhmed, A. I., & Mamin, G. V. (2019). Mineral–Polymer Composites Based on Hydroxyapatite and Polyvinylpyrrolidone for Medical Applications. *Doklady Chemistry*, 487(1), 203–206.
<https://doi.org/10.1134/S0012500819070097>

- Fakhari, S., Jamzad, M., & Kabiri Fard, H. (2019). Green synthesis of zinc oxide nanoparticles: a comparison. *Http://Mc.Manuscriptcentral.Com/Tgcl*, 12(1), 19–24. <https://doi.org/10.1080/17518253.2018.1547925>
- Galache, K. (2023). *El espectro electromagnético. Los efectos de la radiación no ionizante y como prevenirlos.* » *Avance y Perspectiva*. <https://avanceyperspectiva.cinvestav.mx/el-espectro-electromagnetico-los-efectos-de-la-radiacion-no-ionizante-y-como-prevenirlos/>
- García, C. S., Pérez Leal, M., & Cortijo Gimeno, J. (2021). REVISIONES EN FARMACOTERAPIA La radiación solar y la fotoprotección. *Act Farma Terap*, 19(2), 88–108.
- Gómez, M. (2018). NANOMATERIALES, NANOPARTICULAS Y SINTESIS VERDE. *Uniwersytet Ślaski*, 7(1), 343–354. <https://doi.org/10.2/JQUERY.MIN.JS>
- Gour, A., & Jain, N. K. (2019). Advances in green synthesis of nanoparticles. *Https://Doi.Org/10.1080/21691401.2019.1577878*, 47(1), 844–851. <https://doi.org/10.1080/21691401.2019.1577878>
- Granja, S. (2019). *Síntesis de nanopartículas de plata utilizando como agente reductor los flavonoides, polifenoles y azúcares reductores presentes en el extracto acuoso de las hojas*. <http://201.159.222.35/handle/22000/16027>
- Hull Derek. (2021). *Hull, D. (2021). Materiales compuestos. Reverté.*
- Jara, A., Augusto, C., & Peñafiel, E. (2018). *Optimización de los parámetros de extracción de flavonoides de la Chijchipa (Tagetes Mandonii), utilizando el método de superficie respuesta*. <https://repositorio.usil.edu.pe/items/9ef22d5b-2a3f-46b1-8dc3-d8a5f1739675/full>
- Jimenez, T., Javier, F., & Saorín, B. (2019). *Adición de microcristales de celulosa al compuesto de cemento*. <https://repositorio.upct.es/handle/10317/7807>
- Keya, K. N., Kona, N. A., Koly, F. A., Maraz, K. M., Islam, Md. N., & Khan, R. A. (2019). Natural fiber reinforced polymer composites: history, types, advantages and applications. *Materials Engineering Research*, 1(2), 69–85. <https://doi.org/10.25082/MER.2019.02.006>
- Kim, B. H., Hackett, M. J., Park, J., & Hyeon, T. (2019). Synthesis, characterization, and application of ultrasmall nanoparticles. *Chemistry of Materials*, 26(1), 59–71. <https://doi.org/10.1021/CM402225Z>

- Luna, S. R. De, ... R. R.-G.-T. S. W., & 2020, undefined. (2020). Environmentally friendly methods for flavonoid extraction from plant material: Impact of their operating conditions on yield and antioxidant properties. *Hindawi.Com*.
<https://www.hindawi.com/journals/tswj/2020/6792069/>
- MARTINEZ, A. (2019). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO COMO FUENTE DE RECOLECCIÓN DE ENERGÍA*.
<http://repositorio.digital.tuxtla.tecnm.mx/xmlui/handle/123456789/2411>
- Melinte, V., Stroea, L., & Chibac-Scutaru, A. L. (2019). Polymer Nanocomposites for Photocatalytic Applications. *Catalysts* 2019, Vol. 9, Page 986, 9(12), 986.
<https://doi.org/10.3390/CATAL9120986>
- Merino, D., Bertolacci, L., Paul, U. C., Simonutti, R., & Athanassiou, A. (2021). Avocado Peels and Seeds: Processing Strategies for the Development of Highly Antioxidant Bioplastic Films. *ACS Applied Materials and Interfaces*, 13(32), 38688–38699.
https://doi.org/10.1021/ACSAMI.1C09433/ASSET/IMAGES/LARGE/AM1C09433_0008.JPEG
- Mirpoor, S., Giosafatto, C., & R. P.-T. in F. S., & 2021, undefined. (2021). Biorefining of seed oil cakes as industrial co-streams for production of innovative bioplastics. A review. *Elsevier*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224421000194>
- Moccia, F., Agustin-Salazar, S., Berg, A. L., Setaro, B., Micillo, R., Pizzo, E., Weber, F., Gamez-Meza, N., Schieber, A., Cerruti, P., Panzella, L., & Napolitano, A. (2020). Pecan (*Carya illinoensis* (Wagenh.) K. Koch) Nut Shell as an Accessible Polyphenol Source for Active Packaging and Food Colorant Stabilization. *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*, 8(17), 6700–6712.
https://doi.org/10.1021/ACSSUSCHEMENG.0C00356/ASSET/IMAGES/LARGE/SC0C00356_0009.JPEG
- Munoz, L. E. A., & Riley, M. R. (2018). Utilization of cellulosic waste from tequila bagasse and production of polyhydroxyalkanoate (PHA) bioplastics by *Saccharophagus degradans*. *Biotechnology and Bioengineering*, 100(5), 882–888.
<https://doi.org/10.1002/BIT.21854>
- Ochoa, C., competitividad, A. A.-I. y, & 2004, undefined. (2019). Los flavonoides: apuntes generales y su aplicación en la industria de alimentos. *Revistaingenieria.Univalle.Edu.Co*.

https://revistaingenieria.univalle.edu.co/index.php/ingenieria_y_competitividad/article/view/2280

Ortega, F., Versino, F., López, O. V., & García, M. A. (2021). Biobased composites from agro-industrial wastes and by-products. *Emergent Materials 2021* 5:3, 5(3), 873–921. <https://doi.org/10.1007/S42247-021-00319-X>

Parra, L. (2010). *Repositorio Institucional de la Universidad de Guanajuato: Extracción de fibras de agave para elaborar papel y artesanías*. <http://repositorio.ugto.mx/handle/20.500.12059/2055>

Pérez Arias, S. (2021). *Validación de los empaques biodegradables elaborados con hoja de plátano por parte de expertos y clientes de la empresa Mon Ami en la ciudad de Pereira, Colombia*. <http://repositorio.ucp.edu.co/handle/10785/8836>

Prathna, T. C., Raichur, A. M., Chandrasekaran, N., & Mukherjee, A. (2020). Sunlight irradiation induced green synthesis of stable silver nanoparticles using citrus limon extract. *Proceedings of the National Academy of Sciences India Section B - Biological Sciences*, 84(1), 65–70. <https://doi.org/10.1007/S40011-013-0193-7>

Rangel, R., Rivera, D., & Solans, C. (2017). Green synthesis of silver nanoparticles in oil-in-water microemulsion and nano-emulsion using geranium leaf aqueous extract as a reducing agent. *Elsevier*. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2017.07.051>

Saavedra, M. (2021). *El uso excesivo de plásticos en los restaurantes*. <http://localhost:8080/xmlui/handle/123456789/238>

Saleh, T. Ab., & Gupta, V. K. (2016). *Nanomaterial and Polymer Membranes - 1st Edition*. 1, 1–284. <https://www.elsevier.com/books/nanomaterial-and-polymer-membranes/saleh/978-0-12-804703-3>

Sánchez, M., Tutor, M., Álvarez, J., Facultad, R., & Ciencias, D. E. (2020). *Nanopartículas de plata: preparación, caracterización y propiedades con aplicación en inocuidad de los alimentos*.

Selim, Y. A., Azb, M. A., Ragab, I., & Abd El-Azim, M. H. M. (2021). *Green Synthesis of Zinc oxide nanoparticles Using Aqueous extract of Deverra tortuosa and their cytotoxic Activities*. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-60541-1>

- Shanmugam, K., Doosthosseini, H., ... S. V.-S. M., & 2019, undefined. (2019). Nanocellulose films as air and water vapour barriers: A recyclable and biodegradable alternative to polyolefin packaging. *Elsevier*.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221499371830109X>
- Tapia, C. (2016). *Vista de Aplicación de las Fibras Naturales en el Desarrollo de Materiales Compuestos y como Biomasa*.
<http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/210/153>
- Tapia, C., Paredes, C., ... A. S.-R. T., & 2019, undefined. (2019). Aplicación de las Fibras Naturales en el Desarrollo de Materiales Compuestos y como Biomasa. *Rte.Espol.Edu.Ec*, 19(1), 113–120. <http://rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/download/210/153>
- Urrejola, M. C., Liliam, ;, Soto, V., Zumarán, C. C., Juan, ;, Peñaloza, P., Álvarez, B., Fuentevilla, I., & Haidar, Z. S. (2018). Sistemas de Nanopartículas Poliméricas II: Estructura, Métodos de Elaboración, Características, Propiedades, Biofuncionalización y Tecnologías de Auto-Ensamblaje Capa por Capa (Layer-by-Layer Self-Assembly) Polymeric Nanoparticle Systems: Structure, Elaboration Methods, Characteristics, Properties, Biofunctionalization and Self-assembly Layer by Layer Technologies. *Int. J. Morphol*, 36(4), 1463–1471.
- Velásquez Sandra. (2018). *Velásquez Restrepo, S. M., Pelaéz Arroyave, G. J., & Giraldo Vásquez, D. H. (2016). Uso de fibras vegetales en materiales compuestos de matriz polimérica una revisión con miras a su aplicación en el diseño de nuevos produc.* 1–10.
- Vercelheze, A., Fakhouri, F., ... L. D.-C., & 2012, undefined. (2021). Properties of baked foams based on cassava starch, sugarcane bagasse fibers and montmorillonite. *Elsevier*.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144861711007995>
- Verma, D., Biomass, I. S.-, materials, biopolymer-based, bioenergy, and, & 2019, undefined. (2019). Natural fiber-reinforced polymer composites: Feasibility study for sustainable automotive industries. *Elsevier*.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780081024263000060>
- Versino, F., López, O., Products, M. G.-I. C. and, & 2015, undefined. (2018). Sustainable use of cassava (*Manihot esculenta*) roots as raw material for biocomposites development. *Elsevier*, 65, 79–89. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.11.054>

Wahab, K. (2019). Production of the nanoparticles using leaf of *Muntingia calabura* L. as bioreductor and potential as a blood sugar nanosensor. *Journal of Physics: Conference Series*, 12(1), 124. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1242/1/012004>

Wisum Yankuam, R. C. (2018). *Prospección geológica y caracterización de arcillas de la zona de Arapicos para la fabricación de ladrillos artesanales*. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/8504>