



**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
PUEBLA**

FACULTAD DE INGENIERÍA

COLEGIO DE INGENIERÍA TEXTIL

SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE NANORESERVORIOS DE ÓXIDO DE ZINC CON EXTRACTO DE *FICUS*
CARICA POR SOL-GEL.

TESINA

PRESENTADA PARA OBTENER EL GRADO DE LICENCIATURA EN:

INGENIERÍA TEXTIL

PRESENTA:

FABIOLA MIROSLAVA PARRA ESCALONA

DIRECTOR DE TESINA:

MTRO. JOSÉ ÁNGEL JUÁREZ TORRES

ASESORES DE TESINA:

DR. JOSÉ ALBINO MORENO RODRÍGUEZ

DR. JOSÉ GENARO CARMONA GUTIÉRREZ

DEPTO. QUÍMICA GENERAL. FCQ.BUAP

PUEBLA, PUE.

MARZO 2020

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	8
JUSTIFICACIÓN.....	11
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
OBJETIVO GENERAL	13
OBJETIVOS PARTICULARES	13
HIPÓTESIS	13
1.1 CONCEPTOS FUNDAMENTALES	14
1.1.1 NANOMATERIALES.	14
1.1.2 NANOPARTÍCULAS.....	17
1.2 USOS Y APLICACIONES INDUSTRIALES DE LAS NANOPARTÍCULAS.....	19
1.3 NANOPARTÍCULAS METÁLICAS DE ÓXIDOS DEL BLOQUE D DE LA TABLA PERIÓDICA DE MENDELEIEV.	20
1.4 ÓXIDO DE ZINC (ZNO)	20
1.4.1 HISTORIA DEL ZNO.....	21
1.4.2 PROPIEDADES FÍSICAS DEL ÓXIDO DE ZINC.	21
1.4.2.1 ESTRUCTURA DEL ÓXIDO DE ZINC (ZnO).....	22
1.4.2.2 PROPIEDADES MECÁNICAS ÓXIDO DE ZINC (ZnO)	24
1.4.2.3 PROPIEDADES ELÉCTRICAS ÓXIDO DE ZINC (ZnO)	26
1.4.2.4 PROPIEDADES ÓPTICAS ÓXIDO DE ZINC (ZnO).....	26
1.4.3 PROPIEDADES QUÍMICAS DEL ZNO.....	26
1.4.4 USOS Y APLICACIONES DEL ZNO.	28
1.4.5 TOXICIDAD DEL ZNO.	30
1.5 HERBOLARIA.....	31
1.5.1 MEDICINA TRADICIONAL.....	32
1.5.2 PLANTAS MEDICINALES.....	32
1.6 <i>FICUS CARICA L.</i> , HIGUERA, (FcL).	33
1.6.1 NOMBRES COMUNES DE <i>FICUS CARICA L</i> EN MÉXICO.....	35
1.6.2 SINONIMIA DE LA HIGUERA.	35
1.6.3 FORMA DE LA HIGUERA.	35
1.6.4. COPA/HOJAS DE LA HIGUERA	36
1.6.5 TRONCO/RAMAS DE LA HIGUERA.....	37
1.6.6 CORTEZA DE LA HIGUERA.....	38

1.6.7. FLOR(ES)	38
1.6.8 FRUTO(S)	39
1.6.9. SEMILLA(S)	40
1.6.10 RAÍZ.....	40
1.6.11 SEXUALIDAD.....	41
1.6.12 NÚMERO CROMOSÓMICO	41
1.6.13 ORIGEN Y EXTENSIÓN.	41
1.6.14 COMPONENTES QUÍMICOS DE LA HOJA DE <i>FICUS CARICA L</i>	42
1.6.14 TOXICIDAD DE LA <i>FICUS CARICA L</i>	43
1.7 EQUIPO DE EXTRACCIÓN SOXHLET.	43
1.7.1 MATERIAL QUE CONSTITUYE AL SISTEMA SOXHLET.....	44
1.7.2 METODOLOGÍA DEL MÉTODO SOXHLET.....	45
1.7.3 VENTAJAS DEL EXTRACTOR SOXHLET.....	46
1.7.4 DESENTEJAS DEL EXTRACTOR SOXHLET.....	46
2.1 OBTENCIÓN DEL EXTRACTO ETANÓLICO DE LAS HOJAS DE <i>FICUS CARICA L</i> (<i>FcL</i>). (PARTE EXPERIMENTAL).....	48
2.2 PRUEBAS FITOQUÍMICAS DEL EXTRACTO DE <i>FICUS CARICA L</i>	50
2.3 SÍNTESIS DE LOS NANORESERVORIOS DE ZnO-30 Y <i>FCL/ZnO</i> -10-30.....	52
2.3.1 SÍNTESIS DEL NANORESERVORIO DE ZnO-30.	52
2.3.2 SÍNTESIS DEL NANORESERVORIO DE <i>FCL/ZNO</i> -10-30.	53
3.1 ESPECTROSCOPIA INFRARROJA CON TRANSFORMADAS DE FOURIER (FTIR).	57
3.2 ESPECTROSCOPIA DE DIFRACCIÓN DE RAYOS X (DRX).....	58
3.3 ESPECTROSCOPIA DE MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO (SEM).....	59
RESULTADOS	62
Espectroscopia Infrarroja.....	62
Difracción de rayos x (DRX).	65
Espectroscopia Electrónica de Barrido (SEM).....	66
Espectroscopia de energía dispersiva.....	67
CONCLUSIÓN.....	69
PERSPECTIVAS	70
BIBLIOGRAFÍA.....	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Richard Phillips Feynman	8
Figura 2. Esquema representativo en la comparación de la escala de los nanomateriales.....	14
Figura 3. Nanopartículas poliméricas.....	17
Figura 4. Polvo de óxido de zinc.....	21
Figura 5. Estructuras cristalinas de ZnO: (a) Tipo NaCl, (b) blenda de Zinc y (c) wurtzita hexagonal.	23
Figura 6. Estructura cristalina del ZnO tipo Blenda.....	25
Figura 7. Estructura cristalina del ZnO tipo NaCl.....	25
Los tetrápodos de ZnO posee una gran fuerza mecánica que les permite ser un material reforzante en materiales compuestos.	25
Figura 8. Árbol de <i>Ficus carica L.</i>	34
Figura 9. Arbusto caducifolio o perennifolio de higuera.....	36
Figura 10. Hojas de la higuera.....	37
Figura 11. Tronco-ramas de la higuera.....	38
Figura 12. Tronco-ramas de la higuera.....	38
Figura 13. Tronco-ramas de la higuera.....	39
Figura 14. Frutos de la higuera.....	40
Figura 15. Tronco-ramas de la higuera.....	41
Figura 16. Asia Sudoccidental.....	41
Figura 17. Sistema soxhlet.....	44
Figura 18. Equipo Soxhlet empleado para la obtención del extracto de <i>Ficus carica L.</i>	49
Figura 19. Equipo utilizado en la síntesis de los nanoreservorios de ZnO-30 y <i>FcL/ZnO-10-30.</i>	52
Figura 20. Síntesis del nanoreservorio de ZnO-30.....	53
Figura 21. Síntesis del nanoreservorio <i>FcL/ZnO-10-30.</i>	54
Figura 22. Espectrofotómetro de infrarrojo.....	57
Figura 23. Equipo de Difracción de rayos X.....	58
Figura 24. Equipo de Microscopía electrónica de Barrido.....	60
Figura 25. Equipo de microscopía de energía dispersiva.....	61
Figura 26. Espectros de infrarrojo de los nanomateriales de ZnO-30 y <i>FcL/ZnO-10-30.</i>	63
Figura 27. Difractogramas de DRX de los nanoreservorios de ZnO-30 y <i>FcL/ZnO-10-30.</i>	65
Figura 28. Micrografía del nanoreservorio de ZnO-30.....	66
Figura 29. Micrografía del nanoreservorio de <i>FcL/ZnO-10-30.</i>	67

ÍNDICE DE ESQUEMAS

Esquema 1. Diagrama de las aplicaciones industriales del ZnO.	19
Esquema 2. Propiedades del ZnO.	20
Esquema 3. Diagrama de flujo de la obtención del extracto de <i>FcL-80</i>	49
Esquema 4. Resumen de la síntesis de los nanoreservorios obtenidos.	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Propiedades físicas de wurtzita.	24
Tabla 2. Propiedades físicas de ZnO.	
Tabla 3. Resultados fitoquímicos del extracto alcohólico <i>Ficus carica</i> L, Dónde: (-) Ausencia del metabolito analizado, (+) Presencia del metabolito analizado, (++) Turbidez definida, reacción positiva, (+++) Precipitado, reacción positiva.	51
Tabla 4. EDS del óxido de zinc (ZnO).....	68
Tabla 5. EDS del óxido de zinc con extracto concentrado de <i>Ficus carica</i> L (<i>FcL/ZnO-10-30</i>)	68

ABREVIACIÓN

NOMENCLATURA

2n	Célula con dos juegos de cromosomas
Ag	Plata
AgNps	Nanopartículas de plata
Au	Oro
BEI	Backscattered electron image
C ₃ H ₈ O	2-propanol
Ca	Cálcio
C-H	Enlace carbono-hidrógeno
CH ₂	Metileno
CH ₂ Cl ₂	Cloruro de metileno o diclorometano
CH ₃	Metilos
CHCl ₃	Tricloruro de metilo (cloroformo)
cm	Centímetro
cm ⁻¹	Centímetros recíprocos
CNTs	Nanotubos de carbono
Cu	Cobre

Cu ₂ O	Óxido de cobre
DRX	Difracción de rayos x
ECC	Empaquetamiento cúbico compacto
EDS	Energy dispersive spectrometer
Eg	Banda gap
EHC	Empaquetamiento hexagonal compacto
eV	Electrón - volt
FcL	<i>Ficus carica</i> / La administración de drogas y alimentos de los Estados Unidos
FDA	Unidos
Fe	Hierro
Fe ₂ O ₃	Óxido férrico
Fe ₃ O ₄	Tetraóxido de trihierro
FeCl ₃	Cloruro de hierro
FTIR	Espectroscopia infrarroja con transformadas de fourier
g	Gramo
g/cm ³	Gramo sobre centimetro cubico
g/mol	Gramo sobre mol
GPa	Gigapascales
GRAS	Generally recognized as safe
HAp	Hidroxiapatita
IR	Infrarrojo
K	Potasio
KBr	Bromuro de potasio
kV	Kilovoltio
LEDs	Diodos emisor de luz
m	Metro
meV	Milieletrón - volt
Mg	Magnesio
mg/L	Miligramo sobre litro
min	Minutos
Mo	Molibdeno
MRI	Resonancia magnética y ecografía
Na	Sodio
NaCl	Cloruro de sodio
NPs	Nanopartículas
O ₂	Oxígeno
OH	Hidróxido
OMS)	Organización mundial de la salud
P	Fósforo

ph	Potencial de hidrógeno
SEI	Secondary electron image
SEM	Microscopía electrónica de barrido
Soxhlet	Sistema de materiales de vidrio
TiO ₂	Óxido de titanio
TPO	Temperatura programada de oxidación
TPR	Temperatura programada de reducción
UE	Union europea
UV	Ultravioleta
UV-Vis	Ultravioleta-visible
Zn	Zinc
Zn ⁺²	Ion de zinc
Zn _{1+x} O	Zno no estequiométrico
ZnCl ₂	Cloruro de zinc
ZnO	Óxido de zinc
ZnS	Sulfuro de zinc

SIMBOLO

Å	Ångström
%	Porcentaje
+	indica combinación de elementos o compuestos
→	se produce
°C	Temperatura Celsius
θ	Angulo de difracción del pico
v	frecuencia
vC=O	Frecuencia en el grupo C = O
vC-C	Frecuencia en el grupo C-C
vC-H	Frecuencia en el grupo C-H
vC-O	frecuencia en el grupo C-O
vO-H	Frecuencia en el grupo O-H

INTRODUCCIÓN

La nanotecnología es la rama de la ciencia que estudia la materia en escala nanométrica. Esta se da conocer por Richard Feynman (figura 1) quien fue el premio nobel por ser el primero en hablar de las aplicaciones de la nanotecnología en un discurso que dio en la Universidad de Caltech en el cual menciona de una forma visionaria para la época las ventajas y las diversas maneras en las se podría trabajar con la escala nanométrica.

No fue hasta 20 años después de ese discurso que empezó a ser estudiada y a tener relevancia.

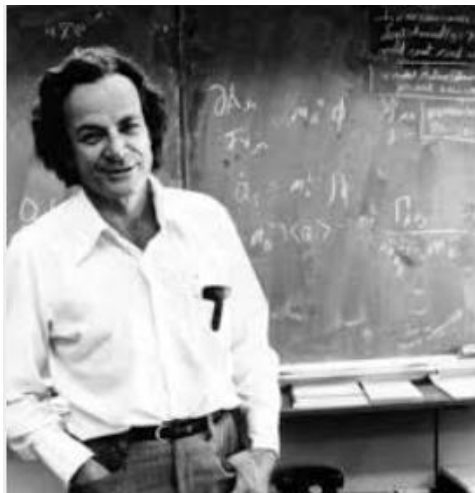


Figura 1. Richard Phillips Feynman

La nanociencia se trata de un área multidisciplinaria que abarca áreas biología, química, física, ciencia de materiales, ingeniería, entre otras, y tiene una gran importancia en la vida actual, pues cada día se utiliza con más frecuencia algún material que involucre nanociencia.

Por eso cada día va tomando más fuerza y relevancia las investigaciones relacionadas con la nanotecnología pues es como si descubriéramos nuevamente, pero desde otro punto de partida los elementos que ya conocíamos.

La biotecnología y la medicina son los sectores en donde la nanotecnología ha ido crecimiento constantemente gracias a que cada día hay mayor interés en los beneficios que nos ofrece la nanotecnología, en las investigaciones de nuevas formas para diagnosticar enfermedades neurodegenerativas (Biosensores), tratamientos para infecciones bacterianas, enfermedades neurodegenerativas y

autoinmunes esto a que el uso de nanopartículas como transporte de fármacos de liberación controlada ayuda que el fármaco actúe con mayor eficacia. En estos momentos aún se sigue investigando y estamos en espera de que haya nuevas noticias para que se empiece a usar los beneficios que nos presenta la nanotecnología.

Posiblemente una de las aplicaciones con mayor beneficio que podría solucionar un problema que actualmente enfrenta el sector salud a nivel mundial es el desarrollo de nanopartículas que puedan luchar contra las bacterias de otra forma como por ejemplo; esponjas para absorber las toxinas de las bacterias y así evitar la expansión de la infección, esta alternativa que se está investigando, traería nuevas formas para tratar las infecciones bacterianas, pues el uso no controlado de antibiótico ha generado una alerta mundial que se cree que crecerá en el futuro si no encontramos una solución pronto.

Otra aproximación todavía en vía de desarrollo, sin embargo, con resultados bastante prometedores se apoya en utilizar el nanomaterial, en esta situación nanopartículas como representante terapéutico. Esta clase de aproximación se está usando en tratamientos experimentales de cáncer usando nanopartículas magnéticas o de oro. Estas nanopartículas poseen la peculiaridad de liberar calor, tras inducir su calentamiento bajo la predominación de un campo magnético externo alterno o por irradiación con un láser.

CAPÍTULO I
PROTOCOLO
Y
MARCO TEÓRICO

JUSTIFICACIÓN

De acuerdo al planteamiento del problema, se pretende encapsular el extracto de *Ficus carica L*, en la matriz de óxido de zinc, con la finalidad de proteger a los metabolitos secundarios de dicho extracto en la malla del ZnO sintetizado a una temperatura de reflujo a 30°C, el cual es un nanomaterial que protege a cualquier sustancia orgánica ante las variables climatológicas como lo son el aire atmosférico, radiación, humedad y presión y condiciones adversas que puedan deshabilitar las propiedades particulares de los metabolitos secundarios que contiene el *Ficus carica L* y su posible aplicación en el sector salud y cosmetológico.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El extracto de *Ficus carica L.* (*FcL*), como la mayoría de las sustancias orgánicas naturales, presenta la propiedad de oxidación de una forma muy rápida al contacto con el aire atmosférico, radiación, humedad y presión. Esto ocasiona que la actividad de los metabolitos secundarios del *Ficus carica L.*, se pierdan de forma casi instantánea el o los efectos benéficos que presenta al ser humano u otro ser vivo al que le puedan servir los metabolitos secundarios del *Ficus carica L.* Como lo son su potente acción antioxidante, su efecto analgésico e inflamatorio, tales como flavonoides, triterpenos y/o esteroides, taninos, alcaloides y sus efectos bactericidas en alimentos.

OBJETIVO GENERAL

Demostrar la presencia del extracto concentrado al 80% de *Ficus carica L*, en la malla del nanoreservorio de óxido de zinc a 30°C.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Obtener el extracto al 80% de *Ficus carica L* (*FcL*) a partir de las hojas de la higuera.
- Encapsular “in situ” el extracto concentrado al 80% de *Ficus carica L*, en el nanoreservorio de ZnO sintetizado a una temperatura de reflujo de 30°C.
- Identificar los grupos funcionales de los nanoreservorios de ZnO-30 y del *FcL/ZnO*-10-35.
- Determinar si los nanoreservorios sintetizados a 30°C son cristalinos o amorfos si son cristalinos, determinar la fase cristalina de los nanoreservorios.
- Determinar la morfología y el tamaño promedio de partícula que presentan los nanoreservorios de ZnO-30 y *FcL/ZnO*-10-30. Estudiar la influencia que presenta la concentración del extracto concentrado al 80% de *FcL* en la morfología y en el tamaño de partícula del ZnO-30.
- Demostrar la presencia del extracto concentrado al 80% de *FcL*, en la malla del ZnO-30, por espectroscopia de energía dispersiva (EDS).

HIPÓTESIS

El uso de nanoreservorio de óxido de zinc obtenido a 30°C como propuesta para conservar en su malla al extracto concentrado al 80% *Ficus carica L*, (*FcL*) por sol-gel.

1.1 CONCEPTOS FUNDAMENTALES

La nanotecnología aplica los conocimientos técnicos y científicos además de utilizar leyes naturales y físicas a materiales en escala molecular. Para construir elementos desde el tamaño más pequeño con un alto desempeño.

El prefijo grupo “nano” significa “enano” y su símbolo es “n” el cual indica un factor de 10^{-9} , en el campo de la ciencia se refiere a estructuras que equivalen a la mil millonésima parte (0.000 000 001). Las nanopartículas (NPs) son una composición que se apoya en partículas particulares con diámetros entre 1 nm a 100 nm, encierra a todo material con por lo menos una de sus magnitudes en este rango, tienen la posibilidad de ser sintetizadas desde diferentes materiales (como metales)

1.1.1 NANOMATERIALES.

Los nanomateriales son materiales con dimensión nanométricas en las que sus propiedades superficiales y de interfaz dominan sobre las propiedades que el material presenta a escala normal. Las dimensiones de estos materiales se oscilan entre 1 nm y 100 nm. Figura 2.

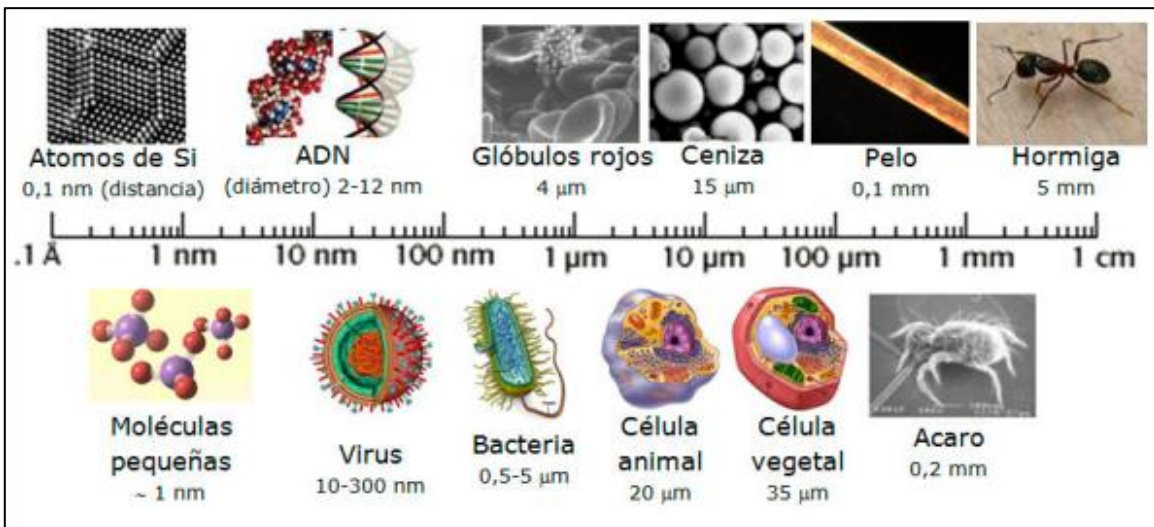


Figura 2. Esquema ilustrativo de la comparación de la escala de nanomateriales.

Los nanomateriales de forma sintética se encuentran en una gran variedad de productos de consumo diario. Además de que hay muchos otros nanomateriales en investigaciones para que ya se pueda hacer uso de ellos.

Hay diversas aplicaciones en las que se pueden usar los nanomateriales y que actualmente se siguen investigando, en la tabla 1 se muestran aplicaciones de los nanomateriales en sus respectivos campos de aplicación

Propiedad del nanomaterial	Campo de aplicación
Tunelización Camino libre medio inelástico longitud de onda electrónica	Electrónicos
Pared de dominio magnético Longitud de dispersión spin-flip	Magnéticos
Pozo cuántico Longitud de onda evanescente	Ópticos
Longitud de coherencia del par de Cooper Profundidad de penetración magnética de superconductores	Superconductividad
Límites del grano Mecanismos de nucleación y crecimiento	Mecánica
Topología de superficie	Catálisis
Reconocimiento molecular	Inmunología

Tabla 1. Propiedades de nanomateriales y sus campos de aplicación.

Las características de los nanomateriales son importantes ya que presentan o muestras de distintas formas las propiedades que tiene cada material en escala nanométrica.

La valoración de dichas características es a través de la siguiente información:

1.- Físicas: Tamaño, forma, lisura o rugosidad de la superficie, superficie específica, capacidad de adherencia, estructura, capacidad para disolverse, longitud de ondas magnéticas, entre otros.

2.- Químicas: Pureza, atracción molecular, estructura molecular, química de superficie, reconocimiento molecular, composición, estado físico, etc.

Muchas de las propiedades de los nanomateriales están enlazadas al comportamiento que tienen los electrones que se mueven en el centro del material o de cómo están ordenados los átomos en la materia. En los materiales nanométricos, la distancia entre los electrones es bastante reducida debido a las magnitudes del mismo material. Por lo tanto, si disminuyen las magnitudes del material, cambian sus características y como resultado estos tienen la posibilidad de crear materiales con características diversas.

Existen por el momento 3 tipos de clasificaciones para los nanomateriales,

1.- Clasificación por sus dimensiones, esta clasificación es la más importante de las 3: 0D (cero dimensional) sus dimensiones están dentro de la escala nanométrica, los materiales de esta dimensión se les llama nanopartículas, 1D en esta categoría están los nanomateriales unidimensionales como lo son las nanofibras poliméricas, nanocables, nanocampanas y nanotubos, 2D (Bidimensional) en esta categoría están los nanomateriales en donde solo una de sus tres dimensiones está a nanoescala por ejemplo los nanofilms, el grafeno, los nanorecubrimientos y finalmente tenemos la categoría 3D (Tridimensional) en donde los nanomateriales no tienen ninguna de sus dimensiones en la nanoescala (<100nm), en esta clasificación están los materiales nanoestructurados y las multi nanolayers.

2.- Clasificación por su naturaleza química: Orgánica e Inorgánica.

3.- Clasificación por su origen: 1.- Compuestos de carbono (C) 2.- metales, polímeros (Dendrímero).

1.1.2 NANOPARTÍCULAS.

Gracias a la nanotecnología hoy tenemos los medios para hacer el análisis, diseño, síntesis, manipulación y aplicación de materiales, artefactos y sistemas funcionales, esto al tener control de la materia a nanoescala. Mediante el proceso de investigación de la nanotecnología se encontraron partículas microscópicas con tamaños que oscilan entre 1nm y 100 nm a estas partículas las llamamos nanopartículas.

El uso de las nanopartículas (NPs) en los últimos años ha sido como medio de transporte de fármacos. Además, en la actualidad se sigue investigando para desarrollar nuevas técnicas y materiales en donde se pueda aplicar cada vez más los beneficios de las nanopartículas.

La estructura de las NPs es una parte fundamental en el desarrollo de materiales ya que ayudan a que se den las diferentes propiedades fisicoquímicas en la nanoscala, al modifica la estructura atómica de algún material se da lugar a nuevas propiedades de este. Un ejemplo de nanopartículas se presenta en la figura 3.

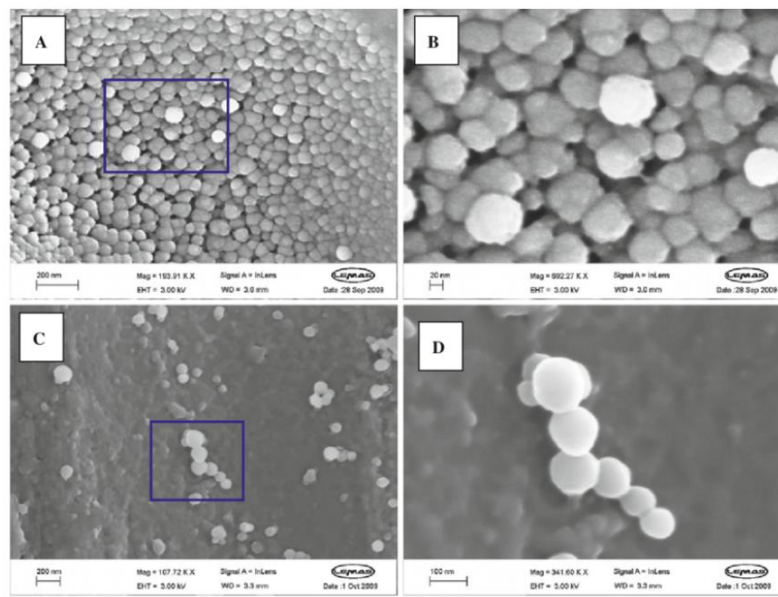


Figura 3. Nanopartículas poliméricas.

Las nanopartículas tienen una gran importancia en la nanotecnología ya que sus propiedades varían conforme el tamaño y forma de la nanopartícula. Por ejemplo las nanopartículas de Oro (Au) el punto de fusión de sus macropartículas es de 1064°C sin embargo el de las nanopartículas de Au cambian, mencionare algunas temperaturas, NPs Au 1nm punto de fusión es de 20°C y el de las NPs Au 4nm su punto de fusión es 600°C.

Una de las características que exponen las nanopartículas la cual ha hecho extensamente su uso y que sean nanomateriales atractivos para diversas aplicaciones, es la grande interacción superficie-volumen, permitiendo una más grande área de contacto con el ámbito en el que se vaya a utilizar y exponencial los beneficios o la característica a emplear; considerada el área fundamental del elemento de las nanopartículas. El área de la nanopartícula podría ser funcionar con iones metálicos, moléculas pequeñas, surfactantes o polímeros y entre otros aun no descubiertos pues sigue siendo un tema para investigar. Otra gran parte en las nanopartículas es una capa externa que se estima como una cubierta, esta capa podría ser de cualquier nanomaterial inorgánico.

Las nanopartículas también se clasifican puede ser por:

1.- Nanopartículas de origen naturales o por generadas por el hombre: Las naturales son aquellas de origen biológico o mineral como los virus, las bacterias, polvo de arenas desérticas, humos de actividad volcánica, etc. Las generadas o creadas por el hombre son los fullerenos, puntos cuánticos, etc.

2.- Clasificación por su tamaño: 1-50 nm son puntos cuánticos (Qdots)

<1.5nm-10nm son nanocristales, 1.0nm-100nm son partículas coloides, >10 nm nanopulvos de grafeno, 8nm hemoglobina, 9nm células, 30nm-230nm virus, 50nm dendrímeros, <100nm óxidos metálicos (TiO_2 ZnO , ZrO_2), 0.05nm – 0.5 nm átomos etc.

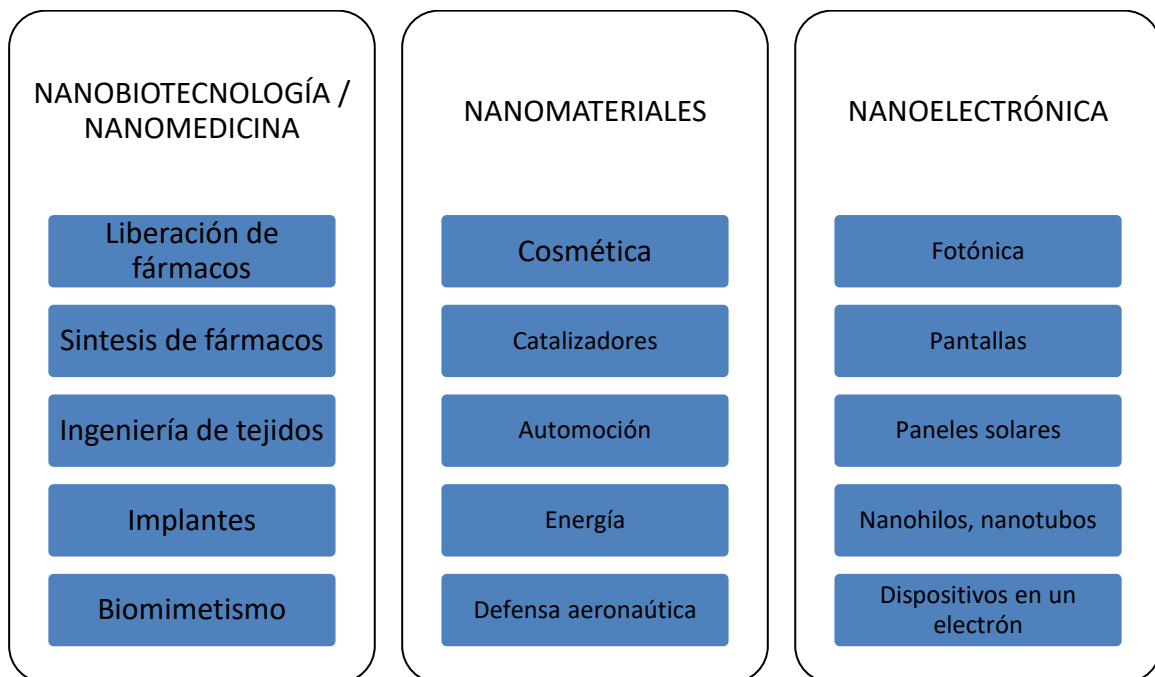
1.2 USOS Y APLICACIONES INDUSTRIALES DE LAS NANOPARTÍCULAS.

Las nanopartículas son materiales que permiten el desarrollo de aplicaciones en distintos ámbitos como telecomunicaciones, almacenamiento de energía, sensores, óptica, cosmética, farmacología, biología y medicina, etcétera. No obstante, las áreas de mayor relevancia son la medicina y la biomedicina. Cabe recordad que las propiedades y características de las nanopartículas son determinadas por el elemento de origen, tamaño y forma pues estas 3 cosas son las que ayudan a expresar las cualidades las NPs.

En la actualidad se puede encontrar el uso de nanopartículas en productos de skincare como aguas micelares, cremas antiarrugas, bloqueadores solares, etc.

Aun se tiene un gran camino que recorrer en las aplicaciones de las nanopartículas pues hay muchísimas investigaciones abiertas del uso de estas en diversos temas sobre todo de salud como ejemplo el uso de NPs magnéticas para combatir células tumorales.

El esquema 1, muestra algunas aplicaciones industriales de las nanopartículas.



Esquema 1. Diagrama de las aplicaciones industriales del ZnO.

Hay varios nanomateriales y nanopartículas de diversas composiciones y características accesibles que permitieron su introducción a las diversas superficies de manera rápida y aceptable; el óxido de zinc en su tamaño nanométrico es uno de esos compuestos ya que fue extensamente usado para la síntesis de nanopartículas.

1.3 NANOPARTÍCULAS METÁLICAS DE ÓXIDOS DEL BLOQUE D DE LA TABLA PERIÓDICA DE MENDELEIEV.

El bloque D de la tabla periódica se compone por una serie química, o sea un conjunto de familias que tienen características semejantes.

Las nanopartículas de óxidos metálicos poseen elementos electrónicos, ópticos, magnéticos, químicos y mecánicos características catalíticas del área relacionadas al volumen elevado y el impacto cuántico tamaño.

El zinc normalmente se usa como agente protector en productos de metal como el hierro, claro en su escala normal.

Las nanopartículas de los óxidos metálicos presentan un excelente comportamiento en tratamientos para enfermedades provocadas por microorganismos superresistentes, los tratamientos aún están en etapa de investigaciones.

1.4 ÓXIDO DE ZINC (ZNO)

El óxido de zinc (ZnO), un polvo blanquecino sedoso muy popular por sus aplicaciones en la industria de las pinturas y el caucho, figura 4. Este compuesto químico está en la naturaleza en el mineral denominado zincita, pero la mayoría de la zincita que se consume se produce de forma sintética.



Figura 4. Polvo de óxido de zinc.

Es un polvo blanco el cual su blancura presenta su alto grado de pureza (si tuviera variación en su coloración es debido a que tiene impurezas), es nada soluble en alcohol, pero solubiliza en la mayoría de los ácidos y álcalis, pero poco soluble en agua. Otra característica que tiene el ZnO es su sabor amargo. Pertenece a la familia II-VI, debido a la diferencia de electronegatividades entre el zinc y el oxígeno, esto ayudando a que pueda absorber el dióxido de Carbono en el aire.

1.4.1 HISTORIA DEL ZNO.

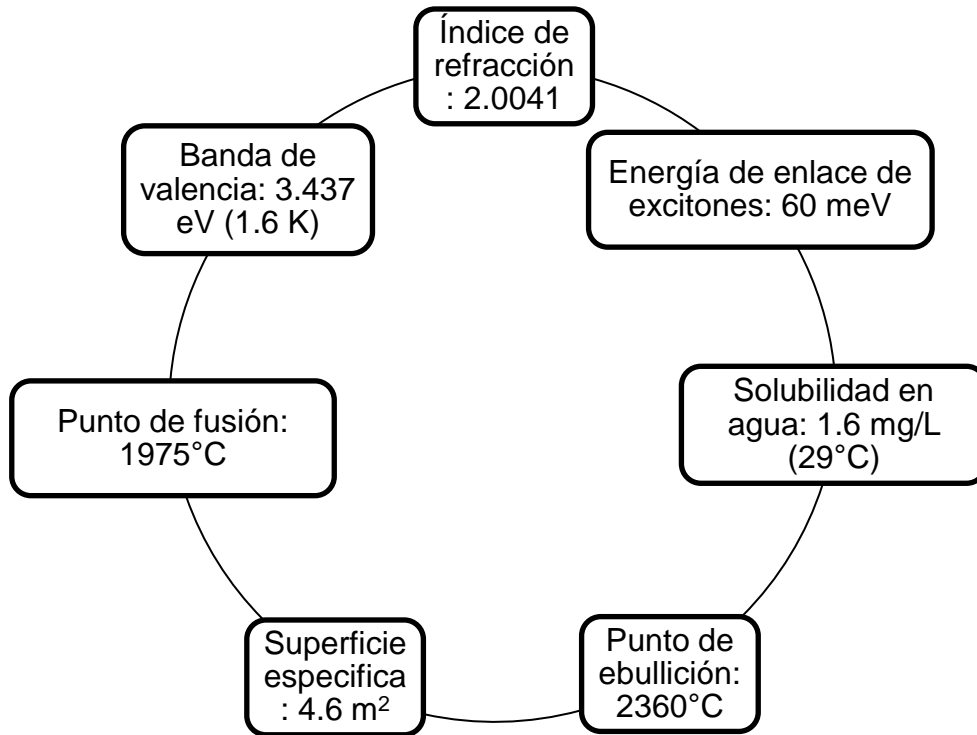
El óxido de Zinc probablemente fue utilizado desde las primeras civilizaciones, pues hay registros en textos indios de que sus primeros usos fueron como ungüento, bálsamo para heridas, además de en algunos textos griegos también se menciona que el óxido de Zinc era un popular tratamiento para el cáncer de piel. En el siglo XVIII se hizo muy famoso en las pinturas blancas ya que es permanente a la luz solar, durante este siglo el ZnO fue investigado para que pudiera ser usado en pintura de oleo.

1.4.2 PROPIEDADES FÍSICAS DEL ÓXIDO DE ZINC.

Es un compuesto orgánico con fórmula química igual a ZnO, es un material semiconductor con diversas propiedades físicas favorables para su consumo, aislante a bajas temperaturas con conductividad muy baja la cual puede ir

aumentando de forma lineal, posee una densidad de 5.60 g/cm^3 y un peso molecular de 81.39 g/mol , tienen una constante de celosía de $a = 3.2495$ y $c = 5.2069 \text{ \AA}$.

Propiedades físicas del óxido de zinc se enuncia en el siguiente esquema.



Esquema 2. Propiedades del ZnO.

Se te compuesto se obtiene por oxidación de vapor de zinc metálico, sin embargo, de forma industrial hay dos procesos para obtener ZnO; Proceso directo y proceso indirecto.

La composición química del ZnO hace que sea capaz de alterar los colores de su estructura cristalina sintética, las características particulares del ZnO se deben a la energía de ionización de oxígeno, es la más alta; esto conduce a una interacción más fuerte entre los orbitales 3d del zinc y 2p de oxígeno, por lo que, se puede explicar la banda de valencia amplia que tiene el ZnO, $E_g = 3.4 \text{ eV}$.

1.4.2.1 ESTRUCTURA DEL ÓXIDO DE ZINC (ZnO)

El ZnO es un compuesto orgánico de uso popular y frecuente. La mayoría de los semiconductores del tipo II-V cristalizan en la estructura hexagonal típica de la wurtzita y en blenda de zinc.

Sin embargo, existen tres formas cristalinas: Tipo NaCl, blenda de Zinc ,wurtzita (Figura 5) la wurtzita es la estructura más estable en condiciones ambientales que la blenda de zinc, por ello por lo que es la forma más común. Se obtiene esta estructura por medio de oxidación a altas temperaturas de Zn ya sea metálico o mineral y puede estabilizarse en una estructura cúbica.

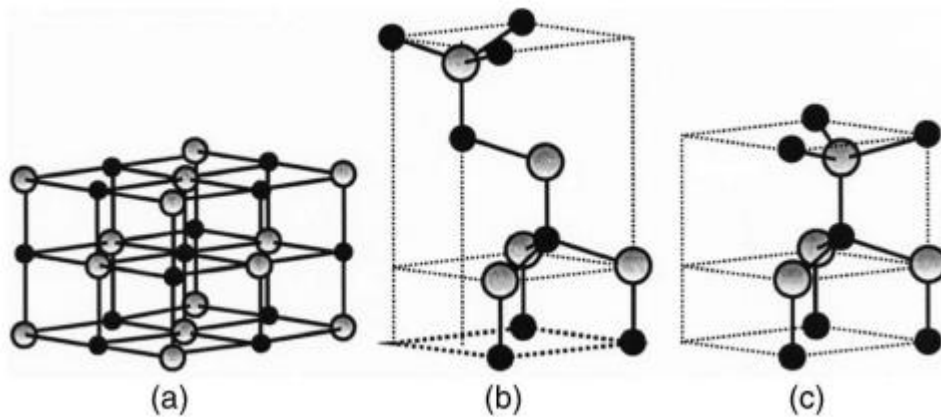


Figura 5. Estructuras cristalinas de ZnO: (a) Tipo NaCl, (b) blenda de Zinc y (c) wurtzita hexagonal.

La estructura de tipo NaCl (o *Rocksalt* o *Sal de Rochelle*) se puede obtener sometiendo el zinc a presiones altas, y la estructura de la blenda de zinc se obtiene haciendo crecer el ZnO sobre sustratos con estructuras cristalinas en forma cúbicas.

La estructura wurtzita está compuesta de una relación 1 a 1 de iones O^{2-} y Zn^{+2} tetraédricamente coordinados, ordenados de forma lineal alterna a lo largo del eje c.

Algunas propiedades físicas de óxido de zinc tipo wurtzita, se muestran en la tabla 1.

Propiedades físicas	Valor

Formula química	ZnO
Color	Blanco
Conductividad térmica	54 W/(m*K)
a ₀	0.325 nm
c ₀	0.521 nm
Densidad (estado de la materia – sólido a 20°C)	5.606 g/cm ³

Tabla 2. Propiedades físicas de wurtzita.

1.4.2.2 PROPIEDADES MECÁNICAS ÓXIDO DE ZINC (ZnO)

Tiene una dureza de 4.5 Mohs aproximadamente, lo que lo hace un compuesto relativamente blando.

Su capacidad de conductividad térmica y un alto punto de fusión, además de que cuenta con un bajo coeficiente de dilatación haciendo que gracias a estas propiedades sea utilizado en varias aplicaciones dentro de la industria.

Cada átomo de zinc está rodeado por cuatro átomos de oxígeno, que se encuentran en las esquinas de un tetraedro casi regular²⁰. La coordinación tetraédrica en ZnO da como resultado una estructura simétrica y como consecuencia a esto tiene mayor tensor piezoeléctrico lo que hace que sea importante por su amplia unión electromecánica.

La blenda (esfalerita) se forma a partir de compuestos tales como ZnS en un ambiente hidrotermal con temperatura de 200°C – 300°C al ser parte del grupo de sulfuros puede tener diversas formas polimetálicas como skarns, epitermales, etc.

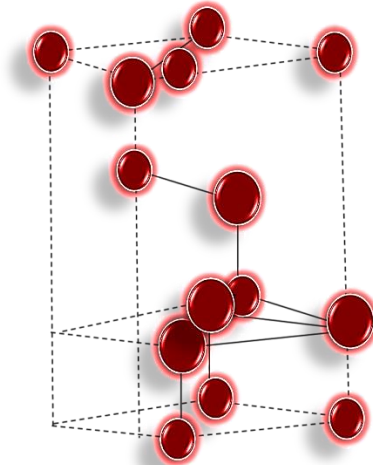


Figura 6. Estructura de la Blenda o esfalerita.

La estructura tipo NaCl solo ha sido observada a muy altas presiones (alrededor de 10 GPa. Figura 7.

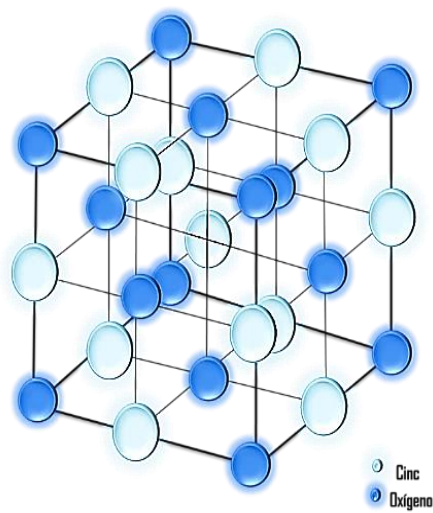


Figura 7. Estructura cristalina del ZnO tipo NaCl.

Los tetrápodos de ZnO posee una gran fuerza mecánica que les permite ser un material reforzante en materiales compuestos.

1. 4.2.3 PROPIEDADES ELÉCTRICAS ÓXIDO DE ZINC (ZnO)

Es un compuesto que tiene por lo menos un anión de O y un catión metálico, tiene una separación de banda de valencia y la banda de conducción de 3.2 eV a temperatura ambiente.

La susceptibilidad magnética es de -0.0000272.

El ZnO al ser un semiconductor tiene una movilidad de electrón de 180 cm²/V-s, ayudando a la conductividad eléctrica del material.

1. 4.2.4 PROPIEDADES ÓPTICAS ÓXIDO DE ZINC (ZnO)

El óxido de zinc es blanco a simple vista, pero de color negro a la luz ultravioleta, esto ayuda a sus propiedades luminiscentes, fotoconductoras y fotovoltaicas. Hay estudios que dicen que el color amarillo se debe al desplazamiento térmico de la banda de absorción en la región visible.

Los tetrápodos de ZnO tienen excelentes propiedades ópticas, ya que tienen una red con cierta porosidad. El óxido de zinc tiene otras características muy particulares como lo es que puede convertir la luz ultravioleta y los rayos X en luz de varios colores, además que puede realizar un fenómeno poco usual en materiales inorgánicos al transformar la radiación del espectro infrarrojo en luz visible. Cabe resaltar que ZnO tiene muchas propiedades relacionadas con la luminiscencia.

1.4.3 PROPIEDADES QUÍMICAS DEL ZNO

La fórmula lineal del Oxido de Zinc es "ZnO", es un compuesto altamente insoluble y estable térmicamente, normalmente es insoluble en soluciones acuosas y estables. Los óxidos de Zinc metálicos son anhídridos básicos los cuales pueden

hacer reacción con ácidos y agentes reductores fuertes sobre todo en reacciones tipo redox. Puede producir carboxilatos al reaccionar lentamente con ácidos grasos y aceites, como el oleato o el estearato. También reacciona con los ácidos orgánicos insolubles en agua, para formar jabones de zinc o compuestos complejos. Se puede estudiar de una forma sistemática las propiedades químicas del ZnO en función de las reacciones que presente con diferentes reactivos como: gases, álcalis, ácidos orgánicos e inorgánicos.

En ácidos orgánicos solubles en agua el óxido de zinc es fácilmente soluble y reacciona con ellos para formar sales simples u otros compuestos más complejos de los cuales algunos son solubles en agua, como los propionatos que tiene una buena solubilidad en agua en temperatura ambiente y ayudan transmitiendo propiedades terapéuticas.

Cuando el óxido de zinc se funde con otros óxidos y se enfría se forman soluciones sólidas. Esto permite la elaboración de vidrios, barnices y esmaltes. Siendo el ZnO uno de los óxidos cerámicos anfóteros que existen como base frente a los óxidos ácidos, responsables de la formación del vidrio. Se descompone en vapor de zinc y oxígeno a aproximadamente 1975°C con una presión de oxígeno estándar. El calentamiento con carbón convierte el óxido en vapor de zinc a una temperatura mucho más baja (alrededor de 950°C)¹⁵.



La solubilidad del ZnO con ácidos inorgánicos es muy fácil y también reacciona a ellos para formar sales neutras como el cloruro de zinc (ZnO) que es altamente soluble al agua en temperatura ambiente.

Existen otras reacciones del óxido de zinc que se emplean en la industria como lo es la reacción que tiene con los álcalis y con el amoníaco.

Es un óxido metálico de transición y un semimetal que puede reaccionar con ácidos y bases generando agua y sal^{15, 17}.

Este compuesto es tóxico para los organismos acuáticos, así que se debe tener cuidado con tu manejo.

1.4.4 USOS Y APLICACIONES DEL ZNO.

Sus primordiales aplicaciones se tienen a que es un precursor de otros compuestos de zinc. Las características del ZnO son útiles para las múltiples aplicaciones, como son elevado índice de refracción, alta de conductividad térmica, características antibacteriales y de defensa UV. Más del 50% del óxido de zinc utilizado es en la industria del caucho.

Cuando el óxido de zinc se mezcla con soluciones de silicato sódico se forma un silicato complejo que puede usarse como cemento duro con buena resistencia al agua.

El óxido de zinc es utilizado en productos como polvos higiénicos, cremas para quemaduras y cremas para tratar afecciones gracias a sus características antibacterianas y desodorantes. Se usa en varios productos cosméticos, dermatológicos y médicos. Por tal motivo se usa en bloqueadores solares esto gracias a su propiedad reflectante.

Las pinturas hechas con algún porcentaje de ZnO poseen ventajas como que son autolimpiables, resistentes al moho sin embargo si la pintura es para zonas con mucha humedad se tendría que usar pinturas con el 50% o mas de ZnO, ya que esto asegurara que no se prolifere el moho ocasionando manchas negras. Las pinturas con ZnO tiene buena estabilidad en acabados y alarga la vida de la pintura ya que es resistente a la corrosión esto si hablamos de pinturas utilizadas como protección de metales.

En la agricultura, ha habido un gran avance sobre los estudios con el óxido de zinc en cuestión de la nutrición de la planta pues se ha encontrado que en pequeñas cantidades puede favorecer el crecimiento y reproductibilidad de las plantas. Aunque si hay zinc no asimilado la planta tiene el riesgo de sufrir algunas enfermedades sin embargo por otro lado es zinc es una fuente neutra para el control

de numerosas enfermedades que afectan a las plantas si se usa de manera correcta y equilibrada. El zinc es un elemento esencial para que cualquier célula vida pueda desarrollarse de manera equilibrada. La adición de óxido de zinc en cantidades considerables es utilizada en ciertos fertilizantes comerciales, además se administra en forma de sales durante el cultivo y crecimiento de las plantas adultas este es administrado por inyección directa en los tallos. En el tratamiento de las aguas residuales el ZnO disuelto en álcalis puede usarse en aguas que hayan sido previamente alcalizadas con cal ya que hace una función de precipitado pesado ayudando a la eliminación de la materia en suspensión.

Otro uso que tiene el ZnO están en la industria textil, ya que se usa para blanquear fibras como el algodón, además su alta afinidad a diferentes tintes y acabados como lo son el antibacterial en telas de algodón, repelente al agua, resistencia a la flama o acabados antinflama, entre otros. Tomando un ejemplo de un acabado, el resistente al fuego, el ZnO en combinación con cera clorada o resina hace que cuando en textil se somete a temperaturas de combustión no reaccione tan rápido el fuego al contrario disminuyéndolo hasta que en algún punto de la combustión se extingue.

La siguiente tabla resume algunas de las aplicaciones del óxido de zinc.

Aplicación	Uso
Abrasivos	Se usa para formar un silicato dando lugar a un cemento resistente al agua.
Adhesivos	Se usa para mejorar la resistencia al agua y al envejecimiento.
Agricultura	Se usa como fertilizante
Aislamiento eléctrico	Se usa para proporcionarle a las composiciones alquitranadas resistencia al agua.

Agentes blanqueadores de cera	Se usa para catalizar la reacciones con peróxido de hidrógeno
Caucho	Se usa como elemento activador de vulcanización, en cubiertas de automóviles, compuestos para cables y alambres aislantes, rodillos para calandrias.
Pinturas	Se usa para pinturas exteriores (base aceite), pinturas de protección de metales y esmaltes alquídicos para interiores.

Tabla 2. Propiedades físicas de ZnO.

Un dato del ZnO es que tiene la propiedad de autolimpieza, esto se logra o se hace cuando esta en productos de pintura ya que cuando se seca al aire reacciona con productos de oxidación de aceite y forman sales de Zinc que funcionan como detergente.

1.4.5 TOXICIDAD DEL ZNO.

El óxido de zinc se ha clasificado, de acuerdo con la categorización de riesgo de la UE, como N: R50-53 (ECOTÓXICO). La Gestión de Drogas y Alimentos de USA (FDA) ha llevado a cabo revisiones de estabilidad del óxido de zinc para su uso como aditivo colorante en medicamentos y cosméticos y como componente activo para defensor solar y defensor de piel; ha proclamado que se puede utilizar de forma segura en cosméticos. Siendo aditivo de comida, el óxido de zinc está en la lista como seguro de la Administración de Alimentos y Medicamentos o sustancia GRAS¹⁸. Sin embargo, al ser un producto químico considerado como ecotóxico debe manejarse con cuidado pues es peligroso por su capacidad para que cualquier elemento de un ecosistema lo absorba y así que por pequeña que sea el porcentaje

absorbido esté puede causar alteraciones o desequilibrios biológicos en el ecosistema.

Ningún informe ha demostrado carcinogenicidad, genotoxicidad y toxicidad para la reproducción en humanos. Sin embargo, el polvo de zinc inhalado o ingerido puede producir una condición llamada fiebre de zinc, seguida de resfrío, fiebre tos. No obstante, los humos de este se generan cuando el zinc o aleaciones de zinc son derretidos a altas temperaturas y oxidados, estos pueden causar una enfermedad similar a la influenza, el único síntoma que las diferencia es el sabor metálico que presentan los pacientes enfermos de “fiebre de los humos metálicos”, además de que los síntomas pueden presentarse poco tiempo después de la exposición.

Los efectos nocivos sobre la salud en humanos varían de acuerdo con el tiempo de exposición, entre los más graves están que puede causar daños al feto en desarrollo.

1.5 HERBOLARIA.

El uso de remedios de origen vegetal se remonta a la época prehistórica y es una de las formas más extendidas de medicina, presente en virtualmente todas las culturas conocidas.

Existen varios fármacos empleados en la actualidad como la aspirina que procede de la corteza del sauce, replican sintéticamente los principios activos de remedios vegetales clásicos conocidos inclusive a partir de épocas prehistóricas.

Otros fármacos clásicos que se derivan de las plantas son el taxol que se obtiene del árbol *Taxus* haciendo de él un excelente fármaco de quimioterapéutico, la morfina que procede del opio, es un analgésico baste usado en la actualidad.

Para todas las antiguas culturas, la naturaleza estaba inmersa en una suprasabiduría que los humanos irían descubriendo¹⁹. Tan solo en México aun en la actualidad se sigue utilizando herbolaria como asistencia para la prevención, alivio o curación de enfermedades y otros trastornos de la salud. Se recurre a la

herbolaria para darle bienestar al paciente ya que ayuda al cuerpo a reducir como lo pueden ser la inflamación en diversas zonas del cuerpo, en México alrededor del 87% de los habitantes emplea la medicina herbolaria alguna vez en su vida.

La herbolaria mexicana se usa como remedio para curar por medio de plantas medicinales, dando como resultado una tradición en alguno pueblo y en otros como una práctica común.

1.5.1 MEDICINA TRADICIONAL.

La medicina tradicional es el conjunto de técnicas, conocimientos y prácticas basadas en partes de animales, plantas o en otros casos minerales que se usan para tener una buena salud. Esta ha tenido muchos aportes para el desarrollo de la medicina convencional. Haciendo que con el paso del tiempo exista un mayor interés por generar investigaciones sobre algunos elementos utilizados en la medicina tradicional con el fin de incrementar el conocimiento alrededor de las propiedades de los elementos ya sean plantas, minerales u otros usadas en prácticas de medicina tradicional.

Las plantas han sido usadas como medicina alrededor del mundo por milenios: fueron la medicina original en todas las culturas y en las civilizaciones más grandes^{20, 21}.

La medicina tradicional es la agrupación de experiencias de diversas culturas que han marcado históricamente el desenvolvimiento de una cultura nacional.

1.5.2 PLANTAS MEDICINALES.

Las plantas medicinales juegan un papel muy importante. En 1977 la Organización Mundial de la Salud (OMS) adoptó una resolución, lanzo una promoción mundial de la medicina tradicional. Dicha resolución insta a los gobiernos miembros, dar importancia a sus sistemas médicos tradicionales.

Existen en el mundo alrededor de 28,500 plantas medicinales en el mundo, tal solo en México la población ha llegado a usar 4,500 plantas medicinales, dado que nuestro país es el segundo lugar en este tipo de flora. La flora medicinal representa un 15% del total de la flora que hay en México y se cree que solo al 5% del total de la flora en Mexico se le han hecho análisis farmacológicos. Es muy sabido que los principios activos de las especies vegetales constituyen ingredientes de nivel primario en la industria de la farmacéutica. Otro dato es que de las 4,500 especies de plantas medicinales solo 250 de comercializan de forma cotidiana y 213 de esas especies son extraídas del medio silvestre sin plan para comercializarlas y venderlas de manera sustentable, el 80% de la población mexicana las compra sin tener la cuenta lo que se está mencionando.

De las plantas más conocidas y usadas en México son: Muitle (muicle o hierba de la Virgen), tomillo, manzanilla, acuyo (tlanepa o yerba santa), romero, bugambilia, hojas de guayaba, cola de caballo, lavanda, eucalipto, menta, aloe vera, salvia, Ortiga, árnica y espino blanco.

De acuerdo con la OMS (1979) una planta medicinal es definida como cualquier especie vegetal que contiene sustancias que pueden ser empleadas para propósitos terapéuticos o cuyos principios activos pueden servir de precursores para la síntesis de nuevos fármacos. Estas plantas también tienen importantes aplicaciones en la medicina moderna^{21, 22}.

Las plantas consideradas como medicinales que no tienen mucha popularidad entre la población son las 4,250 especies restantes que no se comercializan comúnmente, tal es el caso de *Ficus carica* (higuera), que se utiliza dentro de la medicina tradicional por sus propiedades de tipo antiinflamatoria y analgésica.

1.6 FICUS CARICA L., HIGUERA, (FcL).

La higuera es un árbol frutal del género *Ficus* de origen asiático que se ha propagado por la zona Mediterránea y por otras zonas del mundo. Figura 8. La higuera fue de los primeros árboles cultivados por el ser humano. Existen más de 800 especies del género *Ficus* siendo el *Ficus carica* L. el favorito y el cultivado por excelencia.

Cuenta con más de 1000 especies, principalmente en las regiones cálidas e intertropicales. *Ficus carica* es la única especie del género *Ficus* que se encuentra en estado silvestre en Europa.

El desarrollo de la higuera involucra un gran aumento de sus raíces que son exageradamente fuertes y que tienen la posibilidad de llegar a desquebrajar suelos y paredes, llega a tener una altura de hasta 10 metros de altura. Además, la higuera es un árbol bastante resistente a condiciones climáticas adversas y por esa razón su cultivo se hace con pocos cuidados comparados con lo que se ven involucran en otros árboles frutales. Sin embargo, para que sea un árbol sano y dé buenos frutos debe regarse con regularidad y sin exagerar o en su defecto ser plantado en suelo con humedad moderada (esto para no ser regado), también se puede abonar un poco en primavera. Las temperaturas extremas e irregulares afectan a la higuera y puede aguantar fuertes sequías.



Figura 8. Árbol de *Ficus carica* L.

El fruto de la higuera es un falso fruto de la higuera, de la familia de las *moráceas*. En realidad, es una inflorescencia (grupo de flores). Tiene consistencia blanda, y forma redonda, ovalada o de pera, con base achatada. Su piel es fina y presenta color verde pálido, negro o morado, dependiendo de la especie. Posee una pulpa blanquecina o rosa, de sabor dulce, que se encuentra llena de diminutas semillas.

También se le denominaba “el alimento de los filósofos” debido al gran aprecio que mostraban por este fruto filósofos como Platón y Diógenes. Durante la Edad Media y el Renacimiento empezaron a ser secados al sol pese a su capacidad de resistencia a cambios climáticos adversos, dando lugar al higo desecado, producto que se convirtió en un alimento típicamente navideño. Se ha documentado la presencia en América de variedades cultivadas importadas de Europa a partir de 1520^{21, 22}.

Este árbol empieza creciendo como un epífito, pues muchas ocasiones se agarra de algún tronco para crecer.

1.6.1 NOMBRES COMUNES DE *FICUS CARICA* L EN MÉXICO.

El árbol de higo o más común higuera se conoce en México como: Higuera; Chuná (l. tarahumara, Chihuahua); Yaga-yaxo-Castilla (l. zapoteco-español, Oaxaca)²³.

1.6.2 SINONIMIA DE LA HIGUERA.

Existen una gran variedad de sinonimia de *ficus*, se podría decir que hay 32 conocidas, algunos de ellas son: *Caprificus insectifera* Gasp.; *Caprificus sphaerocarpa* Gasp.; *Ficus colchica* Grossh.; *Ficus hyrcana* Grossh.; *Ficus silvestris* Risso.

1.6.3 FORMA DE LA HIGUERA.

Árbol o arbusto caducifolio o perennifolio, de 5 m a 10 m (hasta 10 m) de altura comúnmente, con un diámetro a la altura del pecho de hasta 18 cm. Figura 8. Existen árboles de higuera gigantes que pueden ocupar varias.



Figura 9. Arbusto caducifolio o perennifolio de higuera.

1.6.4. COPA/HOJAS DE LA HIGUERA

La Copa tiene una forma globosa ya que tiene tendencia a obtener mayor diámetro que altura, es gruesa o aplanada, la copa es una parte de la higuera que puede adoptar varias formas esto dependerá de las condiciones del medio en donde se desarrolle.

Las hojas son simples y alternas ovales de color verde, brillantes por la cara superior o adaxial y más claras por la cara reversa de la hoja, tiene un tacto áspero en el haz (cara superior) esto recordando que existen muchas variedades de aspereza en el haz y pelos pubescentes en el envés de la hoja, son acorazonadas en la base con nervación palmada con 3 a 7 lóbulos aunque generalmente divididas, a veces lobuladas una segunda vez, irregularmente dentadas; miden de 10 cm a 20 cm de longitud sin embargo cabe mencionar que las higueras cultivadas en invernadero las hojas llegan a alcanzar longitudes mayores de 40 cm y casi igual de ancho, también tienen peciolo blanco-amarillentos al igual que sus nervios. Figura 10.

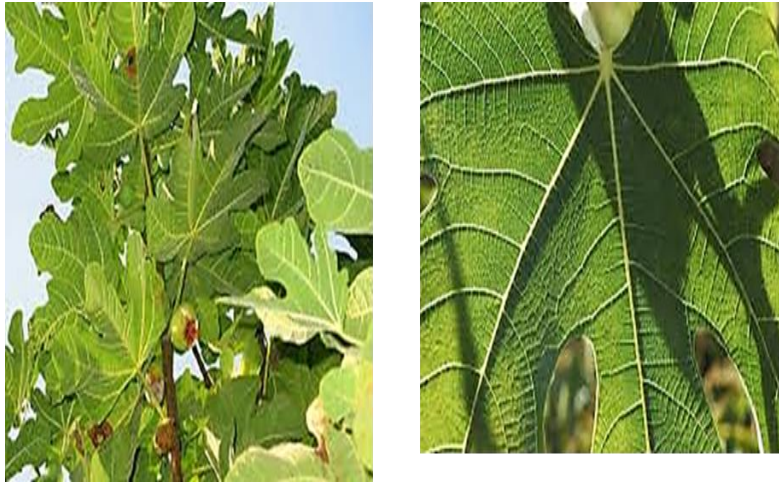


Figura 10. Hojas de la higuera.

1.6.5 TRONCO/RAMAS DE LA HIGUERA.

Por su tendencia a formarse como un arbusto, su tronco suele ser de longitud corta, se forman varios tallos que salen del tronco, estos empiezan siendo de longitud corta muy parecidos a chupones que nacen de manera vertical sobre la longitud del tronco, ramificándose rápidamente conforme van creciendo, los chupones que no alcanzan la madurez se eliminan del tallo durante el invierno. Las ramas son ligeramente frágiles con bastante elasticidad de color blanquecino y gris claro. Su corteza se agrieta con facilidad con exposición al sol, este agrietamiento puede ser muy perjudicial para las ramas ya que las debilita y las hace propensas a ataques de parásitos, las hojas ayudan a cuidarlas del sol. Figura 11.



Figura 11. Tronco-ramas de la higuera.

1.6.6 CORTEZA DE LA HIGUERA.

La corteza *externa* de la higuera es lisa gris, es muy importante cuidarla del sol pues se agrieta fácilmente y causa roturas dejando a la vista la madera lignificada. La corteza *Interna* contiene células laticíferas que producen un látex lechoso que se espesa con el aire. Figura 12.



Figura 12. Tronco-ramas de la higuera.

1.6.7. FLOR(ES).

Las flores de la higuera son de un tamaño pequeño y además estas suelen ocultarse, dando a entender que la higuera no produce flores pues la mayoría de las veces no son vista o porque se encuentran en un receptáculo carnoso especial llamado

sicono. Cuando las flores están en el interior del sicono pueden ser solo flores femeninas, masculinas o ambos, esto dependerá de que tipo de higuera es.

Las flores masculinas solo pueden observarse cuando está en etapa madura el sicono, en cambio las femeninas se encuentran situadas más al interior del sicono por tal motivo no pueden ver sin que el sino sea cortado o seccionado. Figura 13.



Figura 13. Tronco-ramas de la higuera.

1.6.8 FRUTO(S)

Comúnmente pensamos que el higo es el fruto de la higuera, por lo que en algunos textos se dice o considera que es un “falso fruto”, esto ocasionado por la complejidad de la organización floral que tiene la higuera. En realidad, el higo es un sicono (receptáculo) blando en forma de pera con piel muy fina cuyo color varia azulado, verde, negro o morado, tiene un peculiar sabor dulce. La función del higo es ser el soporte de las flores. Los frutos de la higuera en realidad son lo que comúnmente llamamos pepitas (aquenios) las cuales son un fruto duro y seco con una semilla solamente. Figura 14.



Figura 14. Frutos de la higuera.

1.6.9. SEMILLA(S)

Las semillas son pequeñas y numerosas pudiendo ser fértiles o no, estas se encuentran en los achenios.

1.6.10 RAÍZ

El Sistema radicular de la higuera es muy fuerte por lo que puede ser abundante, fibroso por lo que se puede desarrollar en una superficie muy amplia y extenderse a hacia lo profundo, ayudando a soportar las sequias pues tienden a buscar la humedad. Esto le permite sobrevivir a cualquier tipo de suelo incluyendo los salinos y pedregosos, aunque para las higueras que se cultivan o están en invernaderos las cuales son regadas constantemente su sistema radicular está más cerca de la superficie.

El sistema radicular de la higuera está en un fascículo en el cual no predomina ninguna raíz principal, esto haciéndolo axonomorfo. Las raíces principales normalmente forman una retícula del doble de superficie que la totalidad de la copa. Son raíces muy frágiles y en gran cantidad. Figura 15.



Figura 15. Tronco-ramas de la higuera.

1.6.11 SEXUALIDAD.

La higuera es monoica evolucionada a (gino) dioica. La flor es unisexuada²⁴

1.6.12 NÚMERO CROMOSÓMICO

$2n = 26$.

1.6.13 ORIGEN Y EXTENSIÓN.

Ficus Carica L es originario del mediterráneo y de Asia Sudoccidental. En el mediterráneo esta la mayor concentración de árboles *Ficus*. Figura 16.

Se cree que fue traído a México alrededor de 1680 por los misioneros españoles, las primeras ciudades en las que fue plantado fueron: Morelos, Zacatecas e Hidalgo.



Figura 16. Asia Sudoccidental.

1.6.14 COMPONENTES QUÍMICOS DE LA HOJA DE *FICUS CARICA L*

a) Agua.

El fruto fresco y las hojas generalmente están compuestos por 80% de agua y 12% de azúcar. Una vez seco, estas proporciones se alteran fuertemente, conteniendo menos de 20% de tenor acuoso y más de 48% de fructosa. Además, sus características nutricionales se potencian una vez desecados²⁵.

b) Azúcares.

Las hojas como el fruto aportan compuestos energéticos en forma de almidones y azúcares reductores. A medida que la maduración avanza, aumenta la proporción de azúcares desdoblados tales como, sacarosa, glucosa, fructosa y otros oligosacáridos que procede de la hidrólisis del almidón, resultando el producto más dulce hasta llegar a su máximo dulzor. Las pectinas tienen gran importancia en la maduración, provocando los cambios de textura en las frutas²⁶.

c) Ácidos orgánicos, minerales y metabolitos secundarios.

Las hojas y frutos son libres de ácidos grasos y fitosteroles, contienen al menos 17 tipos de aminoácidos entre los cuales destacar el ácido aspártico y glutamina. Tienen también grandes cantidades de fibra dietética superiores a otras frutas, polifenoles, flavonoides y antocianinas²⁷. Estos metabolitos ayudan en el control del colesterol, azúcar en sangre y pérdida de peso²⁸.

Principalmente el fruto suministra cantidades importantes de minerales necesarios para el metabolismo siendo el P, K, Ca, Mg, Na, Fe, y Zn los que se encuentran en mayor concentración por su consumo puede ser un complemento

importante para la nutrición humana²⁹. Las hojas contienen poca cantidad de los anteriores elementos.

1.6.14 TOXICIDAD DE LA *FICUS CARICA L.*

La toxicidad presentada por la higuera es media. El látex que está presente en las hojas y en los tallos tiene una acción irritante cuando entra en contacto con la piel por la acción de las furocumarinas, a pesar de eso hace muchos años en la edad media llegó a utilizarse para tratar verrugas en la piel. Incluso con el simple contacto con la planta puede producir fotosensibilidad, que se manifiesta en forma de vesículas ya que generalmente son de tamaño pequeño. Además, se debe evitar comer frutos que no estén en su punto de madurez, pues resultan tóxicos del aparato digestivo.

Los síntomas que se presentan de forma exterior o que son visibles son la aparición de vasículas, manchas más oscuras de la piel y comezón, de forma interior corporal son la irritación del aparato digestivo, gastroenteritis, emesis y náuseas.

Los higos verdes son tóxicos y los menos tóxicos son los violetas. La composición del higo nos indica que si lo consumimos de manera continua puede verse afectada la salud de nuestra sangre ya que ayuda a crecer de forma acelerada a las células.

1.7 EQUIPO DE EXTRACCIÓN SOXHLET.

El Soxhlet es sistema de materiales de vidrio se muestra en la figura 17.

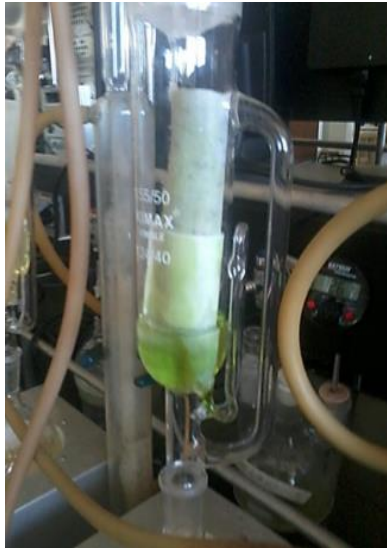


Figura 17. Sistema soxhlet.

Este aparato permite la extracción de compuestos tipo lipídicos; su uso principal es la aplicación en el análisis y experimentación de procesos de extracción de grasas.

Su historia se remonta desde 3500 A.C, en Mesopotamia pues con un extracto de agua caliente se extraía materia orgánica, a esto se le llamaba extracción sólido-líquido. En el año 1830 el químico francés Anselmo Payen creó un sistema automatizado para extraer materia orgánica, y finalmente en el año 1879 el químico Franz Ritter Soxhlet propuso el método de determinación de grasas, en este método solo está interesado en las grasas y la solubilidad es la propiedad en la que se basa el método. Las grasas se disuelven en cloroformo, éter de petróleo y otros disolventes no polares, pues las grasas tienen una gran afinidad de al disolverse se separan de los demás componentes a las que están integradas.

Actualmente se usa en laboratorios que analizan alimentos.

1.7.1 MATERIAL QUE CONSTITUYE AL SISTEMA SOXHLET.

1. Un matraz de base redonda que contendrá el disolvente orgánico volátil y el aceite extraído.

2. Un contenedor intermedio de vidrio en el cual se coloca la muestra dentro de un cartucho que está abierto en su parte superior siendo poroso al disolvente y a la posterior disolución del analito.
3. Un condensador³⁰⁻³².
4. Bomba centrífuga que ayuda a transportar el disolvente.
5. Bomba de vacío.
6. Estructura de acero.
7. Aguaitador.
8. Sifón el cual contiene la muestra y es en donde ocurre la extracción sólido-líquido.

1.7.2 METODOLOGÍA DEL MÉTODO SOXHLET.

La muestra debe estar previamente seca para que no se mezcle el agua que pueda contener con el disolvente. Se calienta el matraz con una manta de calentamiento hasta el punto de que el disolvente orgánico llega a cierta temperatura menor a la de su degradación, esperamos a que el solvente se evapore, este vapor atraviesa el cartucho de celulosa que contiene la muestra ascendiendo por el contenedor hasta el refrigerante. Cuando el vapor llega al refrigerante se condensa de manera gradual y cae en forma líquida con dirección al matraz nuevamente, a su paso este golpea con la muestra disolviéndola esto solo sucede si la muestra no contiene ningún porcentaje a cantidad de agua. El analito disuelto en disolvente orgánico en forma de pequeñas gotas va hacia el sifón el cual, al llenarse se empieza a desbordar ocasionando la descarga sobre el matraz redondo. Cuando se da por finalizado el proceso de disolución empieza la última etapa: la evaporación, esto para eliminar por completo el disolvente del aceite o grasa. El disolvente se evapora nuevamente por calentamiento dando como resultado el concentrando de la muestra.

El tiempo de extracción depende de que sea la muestra, pero el promedio ronda en las 8 horas.

1.7.3 VENTAJAS DEL EXTRACTOR SOXHLET.

- a) La muestra tiene contacto repetidas veces con el disolvente en su forma fresca.
- b) Se hace con el disolvente caliente lo cual favorece la solubilidad de los analitos.
- c) No se necesita ningún tipo de filtración después de la extracción ya que el disolvente orgánico se evapora quedando sólo analito.
- d) Se obtienen excelentes capacidades de recuperación.

1.7.4 DESENTEJAS DEL EXTRACTOR SOXHLET.

- a) El tiempo de extracción puede ser algo largo pues normalmente va de 6-24 horas
- b) La cantidad de disolvente orgánico oscila entre los 50 ml a los 300 ml.
- c) Se necesita hacer de manera obligatoria la última etapa, vaporización, para tener la concentración del analito.
- d) No se puede utilizar la agitación para acelerar el proceso.
- e) Puede producir una explosión de los vapores.
- f) Las extracciones con agua se realizan lentamente casi al punto de que no sean factibles.
- g) Hay descompensación térmica de los analitos termolábiles.

El método Soxhlet nos ayuda a obtener los metabolitos que componen a la planta, sin embargo, se necesitan hacer pruebas, para saber e identificar cuáles son las sustancias presentes en la planta.

CAPÍTULO II

DESARROLLO

2.1 OBTENCIÓN DEL EXTRACTO ETANÓLICO DE LAS HOJAS DE *FICUS CARICA L (FcL)*. (PARTE EXPERIMENTAL)

El extracto etanólico concentrado al 80% de *Ficus carica L*, a partir de las hojas se obtuvo por el método Soxhlet, de acuerdo al siguiente procedimiento.

1. Lavar con agua destilada y secar las hojas de *FcL*.
2. Pesar las hojas semihumedas en un cartucho de papel filtro.
3. Lavar el equipo Soxhlet con agua y detergente para eliminar posibles contaminantes y posteriormente se enjuaga con agua destilada.
4. Instalar el equipo Soxhlet.
5. Se colocan 100 mL de etanol en el matraz de bola de 500 mL de capacidad y posteriormente se sujeta a un soporte universal. Se ensambla en la parte superior del matraz de bola, el cuerpo extractor en donde va el cartucho de papel filtro con 15 g de muestra (hoja de *FcL*).
6. El equipo Soxhlet se coloca en una parrilla de calentamiento que tiene integrada un sistema de agitación. Se eleva la temperatura de ambiente a la temperatura de ebullición del solvente, con agitación constante.
7. Se procede a la evaporación del solvente para arrastrar los componentes activos de las hojas de *FcL*. Este proceso se repite hasta obtener el extracto.
8. Se obtiene el extracto concentrado al 80% de *FcL* a presión reducida, *FcL*-80.

La figura 18, muestra el equipo Soxhlet para la obtención del extracto de *FcL*.

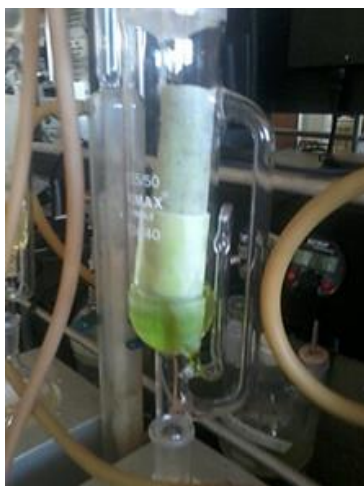
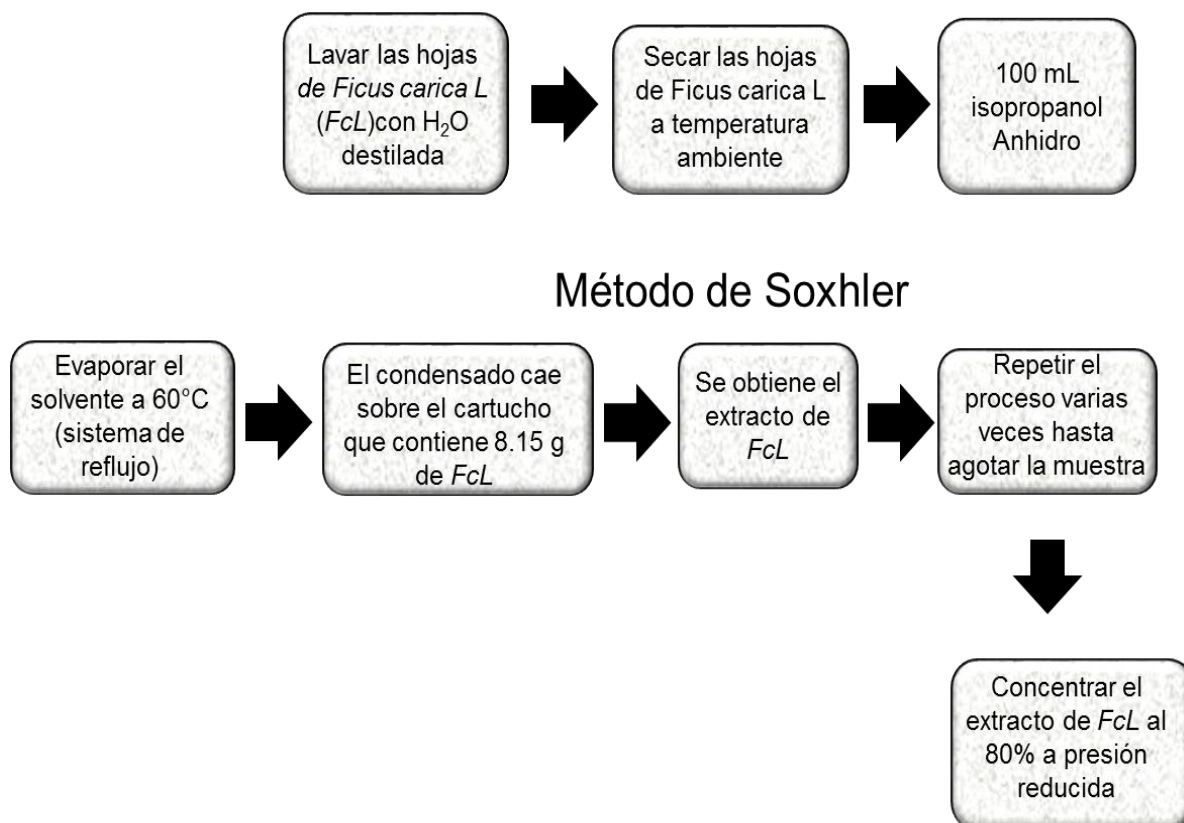


Figura 18. Equipo Soxhlet empleado para la obtención del extracto de *Ficus carica L.*

El esquema 1, presenta los pasos que se realizaron en la obtención del extracto de *Ficus carica L* al 80%.



Esquema 3. Diagrama de flujo de la obtención del extracto de FcL-80

2.2 PRUEBAS FITOQUÍMICAS DEL EXTRACTO DE *FICUS CARICA L.*

Las pruebas realizadas se hicieron tres veces, esto para verificar todos los resultados, y también para generar un promedio o un comportamiento del extracto.

Se realizan pruebas fitoquímicas al extracto concentrado al 80% de *Ficus carica L.*, esto para determinar la presencia o ausencia de los compuestos químicos de las plantas como los siguientes metabolitos secundarios: alcaloides, taninos, quinonas, flavonoides, lactonas, terpenos y esteroides. Dichas pruebas son estrictamente cualitativas.

La tabla 4, muestra los resultados obtenidos en las pruebas fotoquímicas realizadas en el extracto concentrado alcohólico al 80% de *Ficus carica L.*

De acuerdo a los resultados cualitativos de las pruebas fitoquímicas se puede concluir que el extracto concentrado al 80% de *Ficus carica L* presenta mayor presencia de taninos, seguida por alcaloides, lactonas, quinonas, vinblastina y Sesquiterpenlactonas.

Metabolito	Ensayo	Resultado	Figura
Taninos	FeCl ₃	+++ Cambio de coloración, ligeramente naranja	
Flavonoides	Shinoda	Sin coloración Probablemente presencia de *Chalconas *Auronas	






Alcaloides	Mayer-Wagner	++ Turbidez	
Vincristina	Vincristina	- Sin cambio de coloración	
Vinblastina	Vinblastina	+ Presencia de un precipitado insoluble en ácido clorhídrico	
Lactonas	Baljet	+ Cambio de coloración Un poco rojizo	
Quinonas	Borntrager	+ Cambio de coloración Un poco rojizo	

Tabla 3. Resultados fitoquímicos del extracto alcohólico *Ficus carica* L, Dónde: (-) Ausencia del metabolito analizado, (+) Presencia del metabolito analizado, (++) Turbidez definida, reacción positiva, (+++) Precipitado, reacción positiva.

2.3 SÍNTESIS DE LOS NANORESERVORIOS DE ZnO-30 Y FCL/ZnO-10-30.

Se realizan dos síntesis de nanoreservorios por separado: El nanoreservorio de óxido de zinc a una temperatura de 30°C (ZnO-30), a partir del óxido de zinc (>99% de Sigma-Aldrich) y el nanoreservorio de óxido de zinc con 10 mL de extracto concentrado al 80% de *Ficus carica L* (FCL) a partir de las hojas de la higuera. Ambos nanoreservorios se sintetizan a 70°C de reflujo, por el método sol-gel. Todos los nanoreservorios se sintetizan en las mismas condiciones en forma separada, manteniendo constante temperatura, volumen de agua, alcohol, óxido de zinc, masa de polivinilpirrolidona (PVP, 80 000), agitación y temperatura de reflujo a 30°C, con una parrilla de calentamiento con agitación integrada. Figura 19.



Figura 19. Equipo utilizado en la síntesis de los nanoreservorios de ZnO-30 y FcL/ZnO-10-30.

2.3.1 SÍNTESIS DEL NANORESERVORIO DE ZnO-30.

El nanoreservorio de óxido de zinc a 30°C, se sintetizan a partir de una solución previamente elaborada con 100 mL de isopropanol anhidro (C₃H₈O 99.8%, Sigma-Aldrich), 20 mL de agua desionizada y 2.0 g de polivinilpirrolidona (86 000 M, Sigma-Aldrich). Se vierte en un reactor de tres bocas previamente colocado en una manta de calentamiento integrada un sistema de agitación. Se incrementa la temperatura de reflujo de ambiente a 30°C. Posteriormente, se agregan 5.0 g de óxido de zinc (>99% de Sigma-Aldrich).

Después, la solución en forma de gel se sumerge en un recipiente con agua fría a 10°C por 30 min. La eliminación del solvente se realiza a presión reducida en un rotavapor (marca ESELVE). El aerogel que se obtiene se seca a 30°C en una estufa. El nanocatalizador obtenido se etiqueta como ZnO-30. Figura 20.



Figura 20. Síntesis del nanoreservorio de ZnO-30.

2.3.2 SÍNTESIS DEL NANORESERVORIO DE *FCL/ZNO*-10-30.

De forma similar al nanoreservorio de ZnO-30, se realizará la síntesis del nanoreservorio de ZnO con 10.0 mL de extracto concentrado al 80 % de *Ficus carica L*, se sigue el mismo procedimiento y el nanoreservorio obtenido se etiqueta como *FcL/ZnO*-10-30. Figura 21.

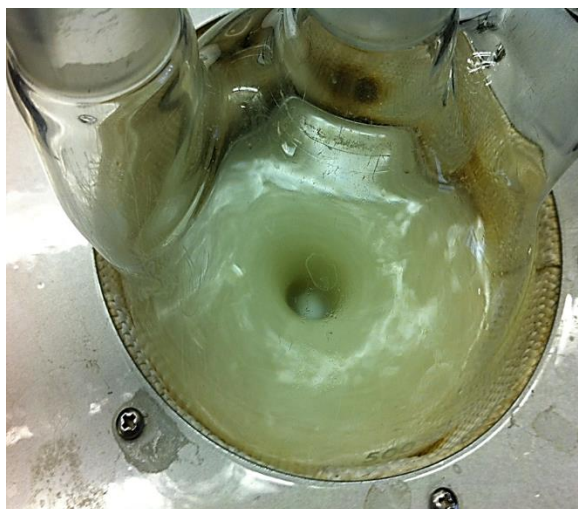
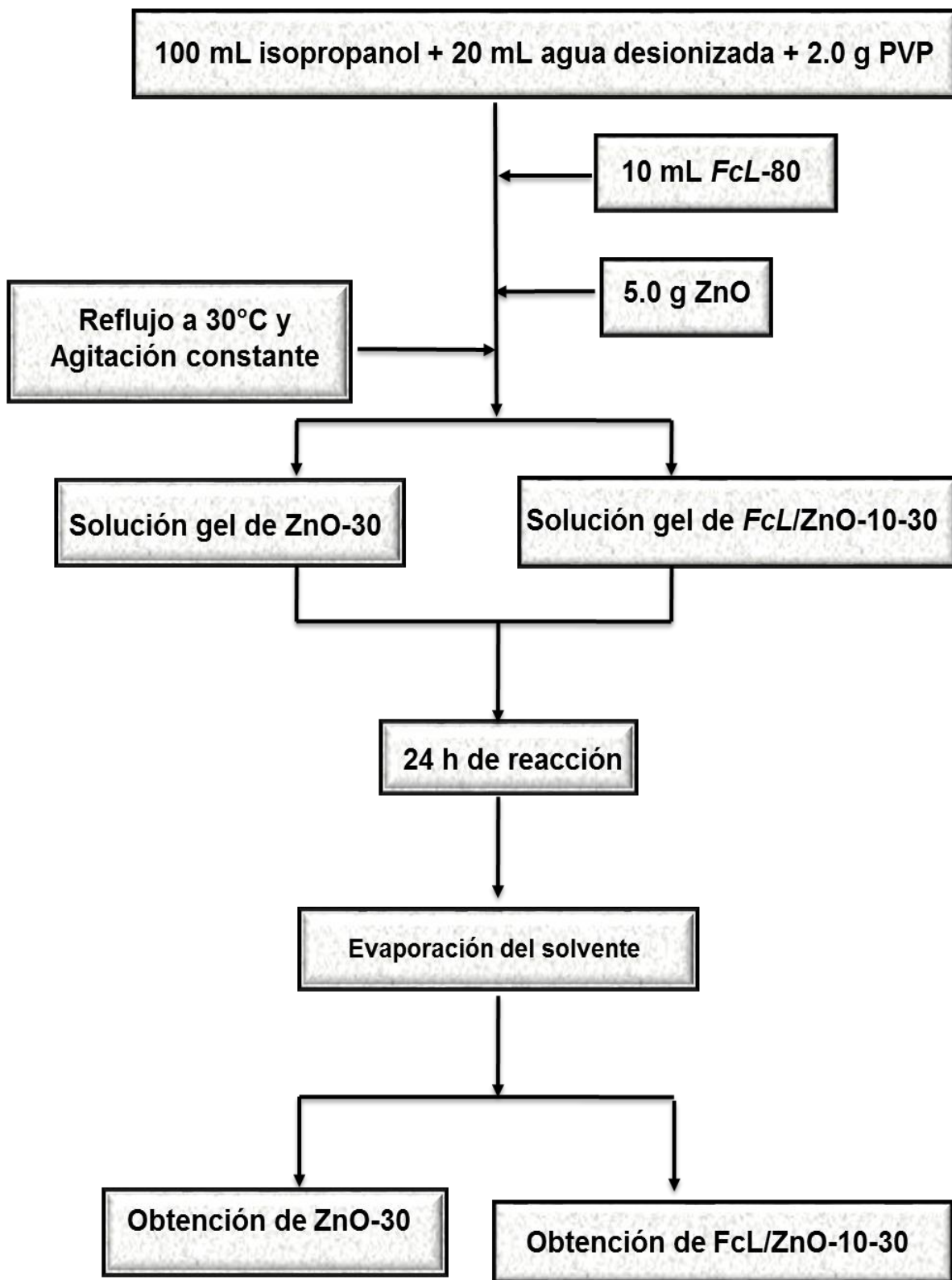


Figura 21. Síntesis del nanoreservorio $FcL/ZnO-10-30$.

El esquema 2, nos muestra el diagrama de flujo de la síntesis de los nanoreservorios de $ZnO-30$ y $FcL/ZnO-10-30$.



Esquema 4. Resumen de la síntesis de los nanoreservorios obtenidos.

CAPÍTULO III

TÉCNICAS DE CARACTERIZACIÓN

La caracterización de los nanoreservorios de ZnO-30 y *FcL*/ZnO-10-30, se realiza con la ayuda de las siguientes técnicas de instrumentación analítica.

3.1 ESPECTROSCOPIA INFRARROJA CON TRANSFORMADAS DE FOURIER (FTIR).

La espectroscopia FTIR se usa normalmente para en síntesis orgánicas, farmacéutica, industria de los alimentos entre otros pues nos ayuda a determinar que moléculas están presentes en un material. Tiene algunas ventajas como es que se puede unir a la cromatografía para saber el mecanismo de las reacciones químicas y la detección de sustancias. Para realizar el estudio de las muestras se elaboraron pequeñas pastillas transparentes de cada muestra y KBr como aglutinante, se utilizó el número de barridos de 16 y una resolución de 4 cm^{-1} . (Figura 22).



Figura 22. Espectrofotómetro de infrarrojo.

El resultado de este estudio es un dibujo formado por picos en donde el eje X representa los valores del intervalo de longitud de onda del infrarrojo esto en nanómetros y en el eje de las Y se representan los valores de la absorción. Los picos nos indican tipos de vibraciones, por lo que el resultado nos dice la intención de la muestra con el infrarrojo.

3.2 ESPECTROSCOPIA DE DIFRACCIÓN DE RAYOS X (DRX)

Es una técnica que se usa para determinar la estructura cristalográfica de un material, esto despidiendo rayos X al material muestra y posteriormente medir las intensidades y ángulos de dispersión de los rayos X. El uso principal del análisis DRX es la identificación molecular de los materiales en función del patrón de difracción. El beneficio de esta técnica es que es no destructiva se usa para determinar propiedades de la estructura del material, identificar las fases cristalinas y su orientación, determinar la disposición atómica de los nanoreservorios obtenidos, sin embargo, cabe mencionar que funciona de una manera más optima con materiales que con total o parcialmente cristalinos. La muestra se analiza en estado sólido en forma de polvo. El espectrofotómetro utilizado es un equipo de Difracción de Rayos X (DRX) Bruker D8-Discover theta-theta (660 mm de diámetro) con detector LynxEye 1D Strip, empleando un tubo de rayos X Cobalt con radiación Cu con absorbedor $k\beta$ de Mo que produce radiación $K\alpha$ ($K\alpha_1 = 1,540598 \text{ \AA}$, $K\alpha_2 = 1,544426 \text{ \AA}$, relación $K\alpha$ 0,5, $K\alpha_{av} = 1,541874 \text{ \AA}$). rendijas incidentes de 0,2 mm y rendijas Soller receptoras de $2,5^\circ$. Se llevaron a cabo recopilaciones de datos de 35 a 145° acoplados $2\theta/\theta$ a $0,02^\circ$ paso 1 s/paso., como se muestra en la figura 23.

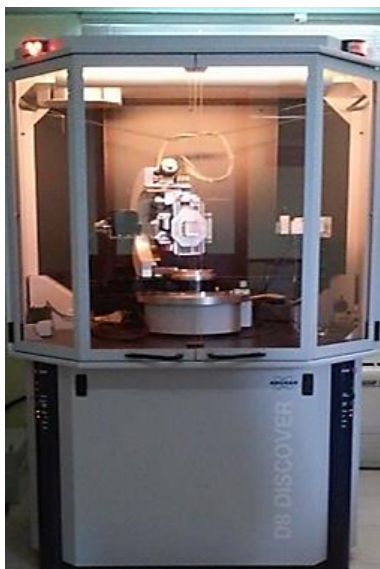


Figura 23. Equipo de Difracción de rayos X.

3.3 ESPECTROSCOPIA DE MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO (SEM).

Utilizar esta técnica nos permite observar con una buena resolución las imágenes de los materiales metálicos, poliméricos y orgánicos como es este caso, esto lo hacemos para hacer un análisis cualitativo y cuantitativo del material. Lo que hace el equipo es una emisión de un barrido de haz de electrones sobre la muestra de manera de escáner, además de que los electrones interactúan con la muestra debido a que los haces de los electrones atraviesan una serie de lentes haciendo que se produzcan diversos tipos de señales las cuales son agarradas por detectores transformando las señales todo esto es en condiciones de vacío para evitar contaminaciones de alguna otra molécula o átomos que pudieran estar presentes e interactuaran con el haz de electrones enviando información no correspondiente a la muestra pues la información pasa a ser graficada a una imagen de buena definición. Es importante asegurarnos del ambiente de vacío ya este también protege a la fuente de los electrones de ruido y vibración. Se utilizo para el análisis microestructural un microscopio electrónico de barrido marca JEOL JSM-6610LV ya que tiene una perfecta transición de la imagen y el análisis además de que tiene un alto rendimiento que permite hacer de manera rápida la caracterización e imagen de la estructura, ya que maneja una amplia variedad de dimensiones y formas de muestras. Las imágenes que muestra el equipo nos dan información para saber de qué está hecho el material o la muestra además de que nos da información sobre las características físicas de la muestra. La muestra debe estar seca para que se pueda realizar de manera efectiva el análisis.

Las muestras fueron recubiertas con un material conductor debido a que las muestras no son conductoras y el material sirve de soporte, en este caso se usó recubrimiento de Carbón (Denton Vacuum-Desk V). Posteriormente para la impregnación se usó una capa delgada de oro con el objetivo de asegurar la conductividad eléctrica y hacer más eficaz el bombardeo de electrones, de esta manera se facilita la observación de estructuras y tamaño de los nano catalizadores de ZnO-30 y *FcL/ZnO-10-30*. Para el recubrimiento de las muestras se utilizó el equipo Denton Vacuum-Desk V. Figura 24.



Figura 24. Equipo de Microscopía electrónica de Barrido.

Las algunas de las ventajas de hacer espectroscopia de microscopía electrónica de barrido son las siguientes:

- 1.- Imágenes de alta resolución
- 2.-Equipo fácil de usar
- 3.-Proceso rápido ya que el equipo puede completar el análisis alrededor de 5 min.
4. Se requiere una cantidad baja de muestra.
- 5.- Es una técnica de caracterización no destructiva.
- 6.-Permite conocer la topología superficial.

Las técnicas que se pueden hacer con la microscopía electrónica de barrido son las siguientes:

Antes de mencionar las tecnicas es importante saber que hay dos tipos de electrones esenciales en la formación de imágenes, y estos son: los electrones retrodispersados (BSE) y los electrones secundarios (SE).

Los electrones retrodispersados son los que se reflejan cuando el haz de electrones primarios interactúa con la muestra, son resultado de interacciones elásticas.

Los electrones secundarios proceden de los átomos de la muestra y se obtienen gracias a las interacciones inelásticas.

* Detección de electrones retrodispersados: (Backscattered Electron Image or BSE), Se producen o forman las imágenes que trasladan información sobre la composición de la muestra, la información que trasportan es de gran valor ya que es cristalográfica, topográfica y de campo magnético, esto gracias a los electrones retrodispersados o reflejados. Las imágenes producidas muestran la diferencia del número atómico promedio de la muestra, la resolución espacial es baja comparada con la imagen de electrones secundarios, esto debido a que los electrones retrodispersados se emiten desde unos pocos micrómetros desde la superficie esto también varía de acuerdo con el voltaje de aceleración utilizado.

*Detección de energía dispersiva: (EDS: Energy Dispersive Spectrometer), separa los rayos X los cuales son característicos de algunos elementos esto ayuda a observar el espectro de energía y la composición química, este análisis se usa para la caracterización química del material o muestra. (figura 25).

Cuando el haz de electrones disipa una parte de la energía absorbida por algún electrón de núcleo y causa la emisión de rayos X.



Figura 25. Equipo de microscopía de energía dispersiva.

*Detección de electrones secundarios:(SEM: Secondary Electron Image), los electrones secundarios se producen en la superficie de la muestra. La imagen que produce tiene una resolución alta y de mejor calidad que la imagen producida por

los electrones retrodispersados, ya que en este análisis de los electrones secundarios se emiten desde 1nm de distancia de profundidad ayudando a la obtención de imágenes de alta resolución.

*Difracción de retrodispersión de electrones (EBSD o EBSP). Provee información cristalográfica sobre la muestra con ayuda del haz de electrones que interacciona con una muestra cristalina posicionada en un ángulo de inclinación y electrones difractados forman un patrón, este patrón es característico de estructuras cristalinas el cual se usa para saber la orientación del cristal, caracterizar los límites de grano y otros datos correspondientes a muestras cristalinas.

RESULTADOS

Espectroscopia Infrarroja.

En la figura 26, se muestran los espectros de infrarrojo de los nanoreservorios de ZnO-30 y *FcL/ZnO-10-30*, en la cual se puede observar claramente que es un espectro del tipo infrarrojo en transmitancia. Cabe destacar que en 4000 a 1400 cm^{-1} se identifican una gran parte o sino que la mayoría de los grupos funcionales presentes en las partículas de material orgánica.

El espectro de infrarrojos por transformada de Fourier (FTIR) del nanoreservorio de óxido de zinc muestra una banda de absorción ubicada en 3879.4 cm^{-1} se presenta el modo de vibración de estiramiento de los grupos hidroxilos ($\nu_{\text{O-H}}$) asignados a los grupos hidroxilos (OH^-) del agua (H-OH), solvente (etanol, R-OH) y a la hidroxilación del nanocatalizador (Zn-OH) sin embargo es importante decir que *Fc/ZnO-10-30* tiene una intensidad de banda mayor. Los modos de vibración (casi inapreciables en ZnO-10-30) de alargamiento de tipo $\nu_{\text{C-H}}$, ubicados en 2898.0 cm^{-1} , corresponden C-H de los aldehídos ya que es un modo de vibración débil.

La muestra Fc/ZnO-10-30 presenta una vibración ancha en la región 3500 – 3000 cm^{-1} lo que puede decirnos que tiene enlaces con otros Hidrógenos (H), en comparación de la muestra ZnO-30 que esa vibración se hace casi imperceptible.

En 2380 cm^{-1} se observan las vibraciones de estiramiento doble enlace carbonilo C=O. La diferencia entre el ZnO-30 y el Fc/ZnO-10-30 es que en la región 2500 a 1500 cm^{-1} el ZnO-30 tiene dos picos y el que está situado en 1616 es un doble enlace de C=C, además de que tiene vibraciones perceptibles en la región de los enlaces simples C-O por lo que se puede decir que tiene que el espectro es el de un alcohol, la muestra Fc/ZnO-10-30 tiene menos vibraciones en la región del enlace simple. La banda de adsorción localizada entre 1380.4 cm^{-1} corresponde a vibraciones de tipo alargamiento de enlace doble de los grupos C-C.

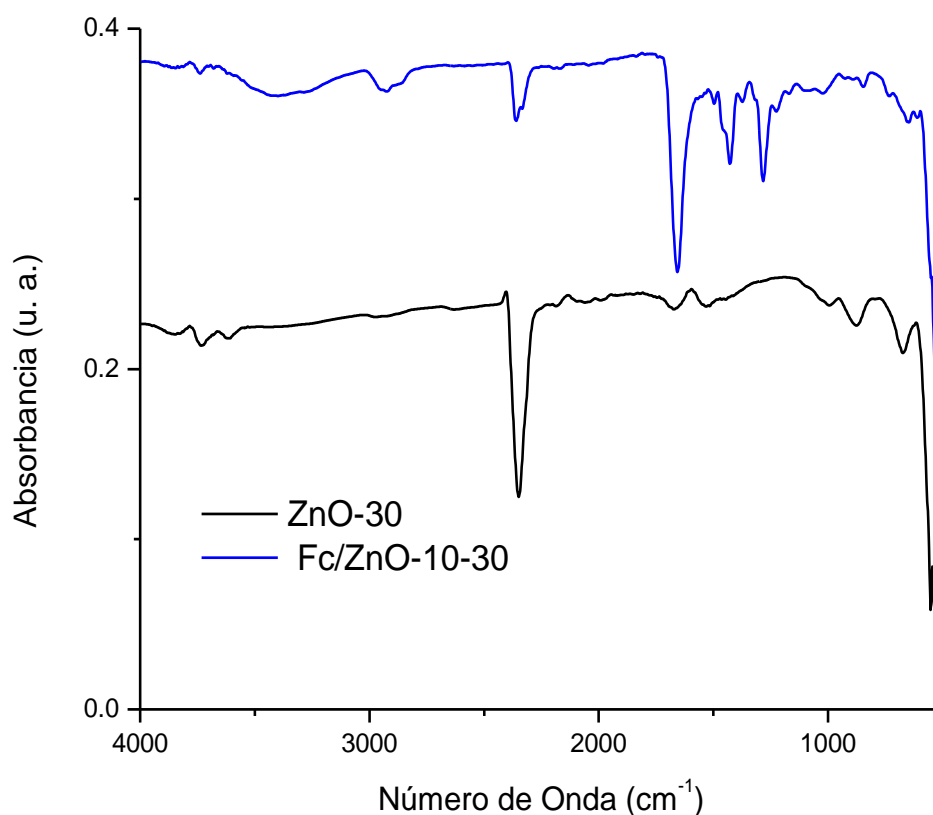


Figura 26. Espectros de infrarrojo de los nanomateriales de ZnO-30 y FcL/ZnO-10-30.

Hacia 991.5 cm^{-1} de la muestra ZnO-30, se ubica el tipo de vibración de los enlaces simples como ya lo había mencionado anteriormente, que identifica las vibraciones de doblaje fuera del plano que correspondientes a los de tipo tensión simétrica As-O. Hacia 833.3 cm^{-1} y 547.6 cm^{-1} , se ubica el modo de vibración de tipo.

Añadiendo información y explicando más a fondo el espectro de IR del nanoreservorio de *FcL/ZnO-10-30*, presenta una banda en 3260.1 cm^{-1} , los modos de vibración de tipo alargamiento $\nu_{\text{C-H}}$ de los metilos (CH_3 -) asimétricos, que corresponden a los metabolitos secundarios de los alcaloides y terpenos del extracto de *FcL/ZnO-10-30* y a los modos de vibración tipo alargamiento ($\nu_{\text{O-H}}$) de las moléculas de taninos condensados (antocianina y antocianidina). En 2914.0 cm^{-1} se localiza el modo de vibración tipo alargamiento $\nu_{\text{C-H}}$, de la especie CH_2 de los grupos metilenos en fase. La banda de absorción en 1610.2 cm^{-1} se presentan los modos de vibración: ($\nu_{\text{O-H}}$); ($\nu_{\text{C=C}}$) y ($\nu_{\text{C=O}}$), que representan las vibraciones de flexión simétricas ν_{COO^-} del grupo funcional C=O y del grupo OH^- presentes en los flavonoides antocianina y antocianidina. En 1444.8 cm^{-1} se presenta los modos de vibración (δ_{CH_3}), fuera de fase. En 1303.6 cm^{-1} se presentan los modos de vibración de tipo flexión de ($\nu_{\text{C-H}}$); (δ_{CH_3}) y ($\delta_{\text{C-O}}$), que corresponden a las interacciones de las especies C-H y a las vibraciones de deformación de las especies metilo y C-O-C. La banda de absorción ubicada en 1028.5 cm^{-1} se ubica los modos de vibración (ν_{CH_2}); ($\nu_{\text{C-O-C}}$); ($\nu_{\text{C-O}}$) y ($\delta_{\text{C-H}}$) que corresponde a los metilenos de vibración balanceo, de las lactonas y la vibración de doblaje fuera del plano. La banda de absorción ubicada en 824.3 cm^{-1} , se ubican los modos de vibración (δ_{CH_2}), ($\nu_{\text{C=C}}$) y ($\delta_{\text{C-H}}$), que corresponden a los metilenos de tipo torsión y las vibraciones de doblaje fuera del plano y vibraciones de tipo flexión. Hacia regiones de menor energía del espectro infrarrojo, en 572.6 cm^{-1} , se ubican los grupos funciones de los grupos aromáticos, la vibración de deformación $\nu_{\text{Benceno-H}}$ fuera del plano del anillo aromático y el modo de vibración ($\delta_{\text{C-H}}$) de las vibraciones de doblaje fuera del plano y los modos de vibración de la interacción metal-oxígeno de las especies Zn-O del nanoreservorio de Zn.

Difracción de rayos x (DRX).

Cuando se realizaron los análisis se usó un gramo de cada muestra en polvo, portamuestras de vidrio, el equipo quipo y material, los análisis de ambas muestras se hizo a 25°C con una humedad relativa de 40%

La intensidad de la radiación se determinó por escaneo, en el intervalo 2θ entre 10° y 80°. En el análisis se usaron los factores atómicos de dispersión del “International Tables for X-Ray Crystallography”.

La figura 27, muestra los difractogramas de las nanomatrices de ZnO-30 y *FcL/ZnO-10-30*.

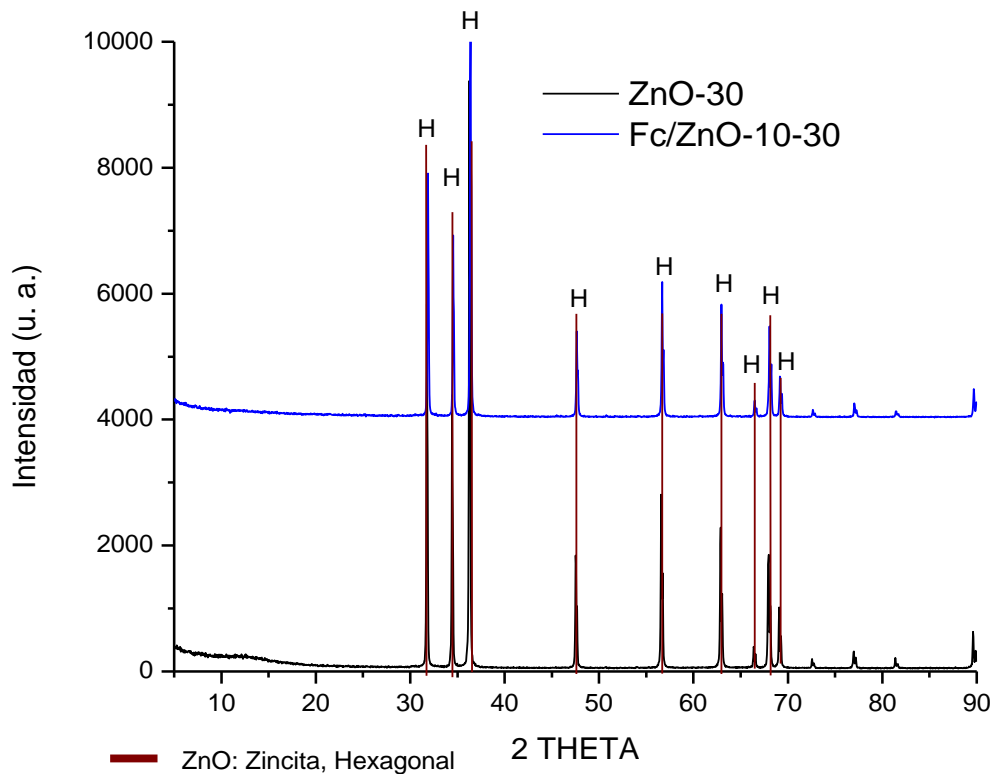


Figura 27. Difractogramas de DRX de los nanoreservorios de ZnO-30 y *FcL/ZnO-10-30*

De acuerdo al difractograma se puede observar la naturaleza de los picos de Bragg los cuales tienen un patrón agudo por lo que se deduce que los nanoreservorios de ZnO-30 *FcL/ZnO-10-30* son materiales cristalinos de tipo hexagonal wurtzita. Además, se puede observar que el nanoreservorio de ZnO-30 encapsula al extracto concentrado de *EmL-80*, porque el difractograma del nanoreservorio de *FcL/ZnO-10-30* solo presenta los picos de máxima intensidad del ZnO-30 en su forma hexagonal, hacia 2 THETA igual a 31.8, 34.6, 36.4, 47.7, 56.5, 62.9 y 68.0. El difractograma de DRX del *FcL/ZnO-10-30* es muy similar al difractograma del ZnO-30.

Espectroscopia Electrónica de Barrido (SEM)

La figura 28, muestra la micrografía del nanoreservorio de ZnO-30. El nanoreservorio de ZnO-30 presenta una morfología estructural cristalina hexaédrica. En la micrografía de la figura 28, se observan prismas que de acuerdo con el estudio de DRX pueden ser hexaédricos de diferente tamaño. Los más grandes presentan un tamaño promedio de 356 nm (largo). Los más pequeños presentan una dimensión en promedio de 89 nm. De acuerdo con la escala nanométrica de los materiales, la nanomatriz de ZnO si corresponde a un nanomaterial

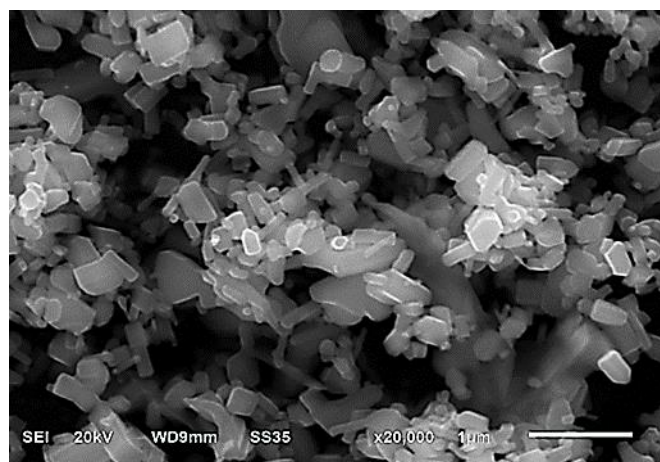


Figura 28. Micrografía del nanoreservorio de ZnO-30.

La micrografía del nanomaterial de FcL/ZnO-10-30, se presenta en la figura 29, muestra un aglomerado de partículas cristalinas semiesféricas del tipo hexagonal, observando la presencia del extracto de *Ficus carica L*, posiblemente sobre la superficie del nanomaterial ZnO-30. El tamaño promedio de partícula que presenta el nanomaterial de FcL/ZnO-10-30, es de aproximadamente de 19 nm.

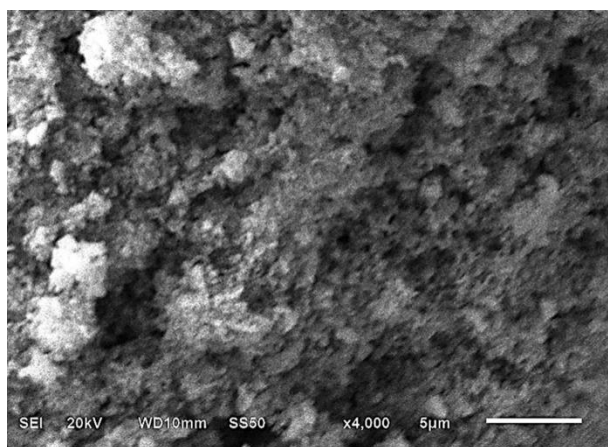


Figura 29. Micrografía del nanoreservorio de FcL/ZnO-10-30.

Espectroscopia de energía dispersiva.

El resultado por SEM-EDS muestra de forma semicuantitativa el porcentaje de cada elemento en masa y atómico presente en los nanoreservorios de ZnO-30 y FcL/ZnO-10-30.

El ZnO-30 presenta un porcentaje en masa de oxígeno de 28.12 y de zinc de 71.88, estos resultados nos llevan a la estipulación de una fórmula empírica para el nanoreservorio de óxido de zinc es: $ZnO_{1.6}$ respecto a la fórmula estructural (teórica) del ZnO, como lo muestra la tabla 5. Indicando que existe un incremento de oxígeno del orden de 0.6 % en masa, debido a que el nanoreservorio de ZnO-30 se encuentra hidroxilado.

Elemento	Masa (%)
Oxígeno (O)	28.12
Zinc (Zn)	71.88
Total	100

Tabla 4. EDS del óxido de zinc (ZnO)

Respecto al nanoreservorio de FcL/ZnO-10-30, se puede observar la presencia en porcentaje en masa de carbono (8.97); calcio (0.88) y un incremento en porcentaje en masa del oxígeno (37.19). Por lo que se muestra la existencia del extracto concentrado al 80% de FcL, y una disminución en el porcentaje en masa del zinc (52.96), de acuerdo con los resultados de la tabla 6.

Elemento	Masa (%)
Oxígeno (O)	37.19
Zinc (Zn)	52.96
Carbono (c)	8.97
Calcio	0.88
Total	100

Tabla 5. EDS del óxido de zinc con extracto concentrado de Ficus carica L (FcL/ZnO-10-30)

La disminución en el porcentaje en masa del zinc y oxígeno es posiblemente por la interacción física de las moléculas de FcL en la superficie del nanoreservorio de ZnO-30.

CONCLUSIÓN

1. Se obtuvo el extracto etanólico concentrado al 80 % de *Ficus carica L*, a partir de las hojas del árbol.
2. Se sintetiza el nanoreservorio de óxido de zinc (ZnO) y se encapsula un volumen de 10 mL del extracto de *Ficus carica L*, en la matriz del nanoreservorio de óxido de zinc (*FcL/ZnO-10*), por la técnica sol-gel, a 30°C.
3. Se identifican los grupos funcionales presentes en el nanoreservorio de ZnO a 30°C de tipo alargamiento asignados a los grupos hidroxilos del agua, flexión y deformación (OH⁻, C-H; C-H; C-O y Zn-O).
4. Se identificaron los modos de absorción tipo alargamiento simétricas y deformación, flexión (debido a las interacciones metal-oxígeno provenientes del nanoservorio), y de tensión del nanoreservorio de ZnO que contiene 10 mL del extracto al 80% de la *Ficus carica L*: (\square O-H), (\square C=C); (\square C=O), (\square CH₂); (\square C-O-C); (\square C-O) y (\square C-H).
5. El estudio de Espectroscopia de Energía Dispersa (EDS) indican la presencia de moléculas de *Ficus carica L* en la malla del ZnO-30 a una temperatura de síntesis de 30°C. además de que muestra que el ZnO-30 está hidroxilado por el incremento de O.
6. Los nanoreservorios sintetizados a 30°C son cristalinos, tipo hexagonal wurtzita de diferentes tamaños y la concentración del extracto de *Ficus carica L* al 80% no modifica la fase cristalina del ZnO-30 a 70°C.
7. La estructura del nanoreservorio FcL/ZnO-10-30 en general es cristalina semiesférica del tipo hexagonal además de que el tamaño promedio de partícula del nanoreservorio FcL/ZnO-10-30 es de 19 nm. Se obtiene un nanomaterial.

PERSPECTIVAS

1. Demostrar la actividad catalítica del nanoreservorio de óxido de zinc que contiene en su matriz el extracto concentrado al 80% de *Ficus carica L* en la aplicación de la diabetes o para heridas y quemaduras de cualquier índole de tipo superficial.
2. Realizar el estudio de difracción de retrodispersión de electrones a la muestra ZnO-30 ya que se pudo concluir que es una muestra cristalina del tipo hexagonal para tener más información como los límites del grano o las orientaciones de los cristales de la muestra.
3. Realizar estudios de caracterización estructural del nanomaterial ZnO-30 Ficus Carica L para determinar o conocer si hay fases cristalográficas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Sergio Sánchez Force, “nanomateriales en la medicina”, Blogs de cultura digital e innovación, 2002.
2. Jesús Martínez de la Fuente, “La revolución de la nanotecnología en la medicina del futuro”, El mundo, 2014.
3. Nerlis Pájaro Castro, Jesús Olivero Verbel, Juan Redondo Padilla, “Nanotecnología aplicada a la medicina”, Revista Científica Guillermo de Ockham, 11 (1), 125-133, 2013.
4. Marcelo Martín Guisande, “Nanomateriales al servicio de la medicina”, CONICET, 2013.
5. López-Zalduendo Zapater, “Aplicaciones en medicina de los nanomateriales de carbono”, Ucrea, Repositorio abierto de la Universidad de Cantabria, 2017.
6. Mitzhay Ramírez Medina, “Caracterización Espectroscópica de Datura encapsulado en nanomateriales de MgO”, tesis de Licenciatura Químico Farmacobiólogo, Departamento de Química General, Facultad de Ciencias Químicas, BUAP, 2017.
7. Ari Alexis Sánchez Rodríguez, “Encapsulamiento del extracto de Allium sphaerocephalon en nanomateriales de TiO₂”, tesis de Licenciatura Químico Farmacobiólogo, Departamento de Química General, Facultad de Ciencias Químicas, BUAP, 2018.
8. Cristian Martín Zamora González, “Encapsulamiento de ampicilina en nanomatrices de TiO₂-70”, tesis de Licenciatura en Farmacia, Departamento de Química General, Facultad de Ciencias Químicas, BUAP, 2017.
9. José Manuel González Estévez, Documento del Grupo de Trabajo de Conama 2016: GT-13 Oportunidades y retos de los nanomateriales, CONAMA, 2016.
10. Marisa Santo, Luis Otero, Luciana Fernández, María Lorena Gómez, Rodrigo Palacios y Gustavo Morales. “Nanociencia y Nanotecnología para el desarrollo”, Facultad de Ciencias Exactas, Físico-Químicas y Naturales Universidad Nacional de Río Cuarto, 2017.

11. Chamé, F., "Síntesis y caracterización de nanopartículas magnéticas", Tesis de Maestría, Centro de Investigaciones en ópticas, A.C. México, 2013.
12. Lin-Wang, Z, "Zinc Oxide nanostructures: growth, properties and applications", Journal of Physycs: Condensed Matter, 16 (1), 830-833, 2004.
13. Rodnyi, P. A., Khodyuk, I. V, "Optical and Luminescence Properties of Zinc Oxide", Optics and Spectroscopy, 5 (1), 776-782, 2011.
14. Morbok, H., Özgür, Ü, "Zinc Oxide: Fundamentals, materials and device technology", WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. Estados Unidos, 1-10, 2007.
15. Verdeja G., García, C. Huerta, N, "Variación de las propiedades físicas del óxido de Zinc con la temperatura", Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio, 32 (4), 267-269, 1993.
16. Vicente, V, "Síntesis en masa de óxido de zinc por descarga de arco y su procesamiento por oxidación térmica para obtener diferentes nanoestructuras", Tesis de Licenciatura, Universidad de las Américas Puebla, 2016.
17. Verdeja, L. García, M., Huerta, M, "El óxido de zinc: Propiedades y aplicaciones", Revista de Minas, 87 (1), 1992.
18. Alimentación sana. El higo fruto completo. 2004
19. Cruz Hernández David López Silva Vanessa Nataly, "Plantas medicinales", 2014.
20. San José, Costa Rica, "medicina indígena tradicional y medicina convencional", Instituto Interamericano de Derechos Humanos Organización Panamericana de la Salud", 2006.
21. Objetivos nutricionales/día. Consenso de la Sociedad Española de Nutrición Comunitaria, 2011.
22. *Ficus carica* L. Publicado en: Species Plantarum 2: 1059. 1753.
23. Moreiras y col, "HIGOS, BREVAS", 2013.
24. Alimentación sana. El higo fruto completo. 2004

<http://www.alimentacion-sana.org/informaciones/novedades/higos.htm>

25. Aljane, F.; Toum, I.; Ferchichi, A. 2007. Hplc determination of sugars and atomic absorption analysis of mineral salts in fresh figs of Tunisian cultivars. *African Journal of Biotechnology* 6 (5): 599-602.

26. Casapia. Química de los alimentos. 2012

<http://www.casapia.com/informaciones/Fitoquimicos-NutrientesFuturo/Fenoles.htm>
perfil-y-breve-analisis-de-mercado.-higos/at_multi_download/file/dt_34.pdf

27. Badui S. 2006. Química de los Alimentos. 4ª Edición. Pearson Educación, México, D.F., México.

28. Saeed, M.a.; Sabir, A. W. 2005. Trace elements in the fruit of *Ficus Carica* L. and their nutritional importance. *Hamdard Medicus* 48(4): 113-117.

29. Ana Beatriz Mena Fontán de Knoblich, "Validación farmacológica del efecto analgésico y antiinflamatorio, de hoja de *ficus carica* (higuera), de hoja de persea americana (aguacate) y flor de *calendula officinalis* (flor de muerto) en infusión acuosa (fase I)", Química Farmacéutica, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y farmacia, 2005.

30. Ari Alexis Sánchez Rodríguez, "Encapsulamiento del extracto de *Allium sphaerocephalon* en nanomateriales de TiO_2 ", tesis de Licenciatura Químico Farmacobiólogo, Departamento de Química General, Facultad de Ciencias Químicas, BUAP, 2018.

31. Cristian Martín Zamora González, "Encapsulamiento de ampicilina en nanomatrices de TiO_2 -70", tesis de Licenciatura en Farmacia, Departamento de Química General, Facultad de Ciencias Químicas, BUAP, 2017.

32. Rocío González Morán, "Caracterización de nanoreservorio de óxido de zinc con ácido gálico y su valoración hipoglucémica en ratas con síndrome metabólico", Departamento de Química General, Facultad de Ciencias Químicas, BUAP, 2019.