



---

---

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas

**“Estudio de la Reactividad de Derivados de  
Diosmina para la Obtención de Nanopartículas  
de Platino”**

**T E S I S**

Que para obtener el grado de  
**Maestro en Ciencias Químicas**

Presenta

QFB. Jacob Esaú González Hernández

Directores

D.Q. Gabriela Rodríguez García

D.C. Gerardo Antonio Rosas Trejo



Morelia, Michoacán

junio de 2025

El presente trabajo fue realizado en el Laboratorio de Química de Coordinación del Instituto de Investigaciones Químico Biológicas y en el Instituto de Investigación de Metalurgia y Materiales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo bajo la asesoría de la Doctora en Química Gabriela Rodríguez García y el Doctor en Ciencias Gerardo Antonio Rosas Trejo, con apoyo económico de la CIC-UMSNH y la beca otorgada por el CONAHCYT.

## INDICE

<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>I</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>III</b>
<b>ÍNDICE DE ESQUEMAS.....</b>	<b>III</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>V</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>VI</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>2. ANTECEDENTES.....</b>	<b>3</b>
<b>3. JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>14</b>
<b>4. HIPÓTESIS.....</b>	<b>14</b>
<b>5. OBJETIVOS .....</b>	<b>14</b>
<b>5.1. Objetivo general .....</b>	<b>14</b>
<b>5.2. Objetivos específicos .....</b>	<b>14</b>
<b>6. METODOLOGÍA.....</b>	<b>15</b>
<b>7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>16</b>
<b>8. CONCLUSIONES .....</b>	<b>49</b>
<b>9. PARTE EXPERIMENTAL .....</b>	<b>50</b>
<b>9.1. Generalidades .....</b>	<b>51</b>
<b>9.2. Reactivos y disolventes.....</b>	<b>51</b>
<b>9.3. Diosmina.....</b>	<b>52</b>
<b>9.4. Peracetato de diosmina (2) .....</b>	<b>53</b>
<b>9.5. Diosmetina (3).....</b>	<b>54</b>
<b>9.6. NPs con diosmina .....</b>	<b>54</b>
<b>9.7. NPs con peracetato de diosmina .....</b>	<b>55</b>
<b>9.8. NPs con diosmetina .....</b>	<b>55</b>
<b>10. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>56</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Copa de Lycurgus..... 3
- Figura 2.** Micrografías de MEB y MET de diferentes tipos de nanopartículas 0D.....4
- Figura 3.** Micrografías de MEB de diferentes tipos de nanopartículas 1D.....5
- Figura 4.** Micrografías de MEB y MET de diferentes tipos de nanoestructuras de 2D.....5
- Figura 5.** Micrografías de MEB y MET de diferentes tipos de nanoestructuras 3D
- Figura 6.** Metabolitos secundarios implicados en la síntesis.
- Figura 7.** Estructuras de algunos de los compuestos polifenólicos.
- Figura 8.** Estructura química de la diosmina (1).
- Figura 9.** (e) Micrografía de MET de nanopartículas de plata sintetizadas por diosmina y su respectivo (f) patrón de difracción electrónica.
- Figura 10.** Platino metálico.
- Figura 11.** Esquema experimental realizado en este trabajo.
- Figura 12.** Espectro FT-IR de diosmina (1).
- Figura 13.** Espectro UV-vis de diosmina (1).
- Figura 14.** Espectro de RMN de  $^1\text{H}$  a 400 MHz en  $\text{DMSO-}d_6$  de diosmina (1).
- Figura 15.** Espectro de RMN de  $^{13}\text{C}$  a 100 MHz en  $\text{DMSO-}d_6$  de diosmina (1).
- Figura 16.** Espectro FT-IR de (a) diosmina y (b) peracetato de diosmina.
- Figura 17.** Espectro UV-vis de peracetato de diosmina (2).

**Figura 18.** Espectro de RMN de  $^1\text{H}$  a 400 MHz en  $\text{CDCl}_3$  del peracetato de diosmina (2).

**Figura 19.** Espectro de RMN de  $^{13}\text{C}$  a 100 MHz en  $\text{CDCl}_3$  del peracetato de diosmina (2).

**Figura 20.** Espectro FT-IR de diosmetina (3).

**Figura 21.** Espectro UV-vis de diosmetina (3).

**Figura 22.** Espectros FT-IR de (a) diosmina y (b) PtNPs.

**Figura 23.** Espectro FT-IR del sobrenadante de reacción de las PtNPs.

**Figura 24.** Espectro de UV-vis de las PtNPs.

**Figura 25.** Espectros de UV-vis (a) diosmina y (b) sobrenadante de reacción.

**Figura 26.** Micrografías de MEB (a) 80000 X, (b) 100000 X y (c) análisis químico EDS de PtNPs obtenidas usando diosmina como agente reductor.

**Figura 27.** Patrones de difracción de rayos-X de polvos de (a) diosmina y (b) PtNPs.

**Figura 28.** Espectros FT-IR (a) peracetato de diosmina y (b) PtNPs.

**Figura 29.** Espectro de FT-IR del sobrenadante de reacción de las PtNPs.

**Figura 30.** Espectro de UV-vis de las PtNPs.

**Figura 31.** Espectros de UV-vis del (a) peracetato de diosmina y (b) del sobrenadante de reacción.

**Figura 32.** Micrografías de MEB (a) 10,000 X, (b) 40,000 X, (c) 80,000 X, y (d) análisis químico EDS de partículas de Pt obtenidas usando peracetato de diosmina como agente reductor.

**Figura 33.** Distribución de tamaño de las micropartículas de Pt.

**Figura 34.** Micrografías de MET (a), (b) de las PtNPs, y (c) su respectivo histograma de distribución de tamaño.

**Figura 35.** Patrones de difracción de rayos-X de polvos (a) del peracetato y (b) PtNPs.

**Figura 36.** Espectros FT-IR (a) de la diosmetina y (b) PtNPs.

**Figura 37.** Espectros FT-IR del sobrenadante de reacción de las PtNPs.

**Figura 38.** Espectro de UV-vis de las PtNPs.

**Figura 39.** Espectros de UV-Vis (a) de la diosmetina y (b) del sobrenadante de reacción.

**Figura 40.** Micrografías de MEB (a) 50000 X, (b) 80000 X, (c) 100000 X y (d) su análisis EDC de nanopartículas de Pt obtenidas usando diosmetina como agente reductor.

**Figura 41.** Patrones de difracción de rayos-X de polvos (a) de la diosmetina y (b) PtNPs.

## ÍNDICE DE TABLAS

**Tabla 1.** Propiedades físicas de diosmina (1)

**Tabla 2.** Propiedades físicas del peracetato de diosmina (2)

**Tabla 3.** Propiedades físicas de la diosmetina (3)

**Tabla 4.** Condiciones de reacción para la síntesis de PtNPs.

## ÍNDICE DE ESQUEMAS

**Esquema 1.** Estrategia general para la formación de derivados 2 y 3 a partir de diosmina (1).

**Esquema 2.** Esquema representativo del mecanismo de síntesis de nanopartículas de Pt.

**Esquema 3.** Estrategia para la formación del derivado 2 a partir de diosmina (1).

**Esquema 4.** Estrategia para la formación del derivado 3 a partir de diosmina (1).

## **ABREVIATURAS, SÍMBOLOS Y ACRONIMOS**

°C	Grados Celsius
cm	Centímetro
<i>d</i>	Señal doble
<i>dd</i>	Señal doble de dobles
DMSO	Dimetilsulfóxido
eq.	Equivalentes
g	Gramos
h	Horas
Hz	Hertz
FT-IR	Fourier Transform Infrared Spectroscopy
<i>J</i>	Constante de acoplamiento
MHz	Megahertz
$\delta$	Desplazamiento químico
<i>m</i>	Señal múltiple
mg	Miligramo
mL	Mililitro
mmol	Milimol
ppm	Partes por millón
p.f.	Punto de fusión
RMN	Resonancia Magnética Nuclear
RMN de <sup>13</sup> C	Resonancia Magnética Nuclear de Carbono-13
RMN de <sup>1</sup> H	Resonancia Magnética Nuclear de Hidrógeno
<i>s</i>	Señal simple
<i>t</i>	Señal triple
NPS	Nanopartículas
PtNPs	Nanopartículas de platino
nm	nanometros
SPR	Resonancia del plasmón superficial
DRX	Difracción de Rayos X

MEB	Microscopio electrónico de barrido
MET	Microscopio electrónico de transmisión
LABE	Low-Angle Backscattered Electron
PVA	Poli vinil alcohol
PVP	Poli vinil pirrolidona

## **RESUMEN**

Este estudio investiga la síntesis de nanopartículas de platino (PtNPs) mediante la reducción de  $K_2PtCl_4$  utilizando diosmina (**1**) como agente reductor y estabilizante. Se evaluaron factores como la temperatura, concentración de  $Pt^{2+}$  y porcentaje de diosmina (**1**), observando la conversión de  $Pt^{2+}$  y el tamaño de las nanopartículas. La diosmina mostró propiedades antioxidantes que facilitaron la formación de PtNPs, confirmada por espectroscopía UV-vis y microscopía electrónica.

Además, se analizaron derivados de diosmina, como el peracetilado (**2**) y la diosmetina (**3**), encontrando que la ausencia de la porción glucosídica en el derivado **2** favoreció la formación de partículas de tamaño superior a los 100 nm, mientras que el derivado **3** permitió obtener nanopartículas de tamaño inferior a 100 nm, aunque con problemas de solubilidad.

Los resultados demuestran que diosmina y sus derivados son efectivos en la síntesis de PtNPs, abriendo nuevas posibilidades para aplicaciones en biomedicina, catálisis y remediación ambiental, con énfasis en la optimización de la solubilidad y las condiciones de síntesis.

**Palabras clave:** Diosmina, flavonoides, nanopartículas, nanotecnología y síntesis verde.

## **ABSTRACT**

This study investigates the synthesis of platinum nanoparticles (PtNPs) through the reduction of  $K_2PtCl_4$  using diosmin (**1**) as a reducing and stabilizing agent. Factors such as temperature,  $Pt^{2+}$  concentration, and diosmin (**1**) percentage were evaluated, observing the conversion of  $Pt^{2+}$  and the size of the nanoparticles. Diosmin exhibited antioxidant properties that facilitated the formation of PtNPs, confirmed by UV-vis spectroscopy and electron microscopy.

Additionally, diosmin derivatives such as the peracetylated compound (**2**) and diosmetin (**3**) were analyzed. The absence of the glycosidic portion in derivative **2** favored the formation of particles larger than 100 nm, while derivative **3** led to nanoparticles smaller than 100 nm, although with solubility issues.

The results demonstrate that diosmin and its derivatives are effective in the synthesis of PtNPs, opening new possibilities for applications in biomedicine, catalysis, and environmental remediation, with an emphasis on optimizing solubility and synthesis conditions.

**Keywords:** Diosmin, flavonoids, nanoparticles, nanotechnology and green synthesis

## **1. INTRODUCCIÓN**

Durante las últimas dos décadas, la nanotecnología ha dado grandes saltos para convertirse en uno de los campos más investigados y en auge debido a sus aplicaciones en varios ámbitos del bienestar humano. Las nanopartículas (NPs) son partículas de tamaño extremadamente pequeño que se encuentran de forma natural o están diseñadas en el rango de 1 a 100 nm (nanómetros). Exhiben propiedades físicas y químicas únicas y valiosas. A escala nanométrica, las partículas muestran mejores propiedades catalíticas, magnéticas, eléctricas, mecánicas, ópticas, químicas y biológicas. Debido a la alta relación superficie-volumen, las NPs muestran una mayor reactividad, movilidad, propiedades de disolución y resistencia con respecto al material a granel (Sahoo *et al.*, 2021).

Se cree que las NPs han estado presentes en la tierra desde su origen, en forma de suelo, agua, polvo volcánico y minerales. Además de su origen natural, los humanos también han comenzado a sintetizar NPs a través de varios métodos (Maurer-Jones *et al.*, 2013). Las NPs y sus nanomateriales derivados están encontrando una amplia aplicación en varios sectores, como la alimentación, la agricultura, los cosméticos, los medicamentos, etc. La aplicación de las NPs en el sector alimentario implica el procesamiento y la conservación de alimentos (nanoconservantes, detección de toxinas, aditivos alimentarios nanoencapsulados, etc.) y el envasado de alimentos (nanocápsulas, nanosensores, nanocompuestos, NPs de recubrimientos comestibles, etc.). En la agricultura, la nanotecnología se está utilizando para la producción de nanofertilizantes, pesticidas, herbicidas y sensores. En medicina, la nanotecnología implica la producción de varios agentes antibacterianos, antifúngicos, antiplasmodiales, antiinflamatorios, anticancerígenos, antivirales, antidiabéticos y antioxidantes. La nanotecnología también es útil para la detección temprana de enfermedades potencialmente mortales, como el cáncer. Además, las NPs también se han utilizado para la biorremediación debido a su capacidad para degradar varios contaminantes, como los tintes orgánicos y los productos químicos. Dado el diverso alcance de los nanomateriales, diferentes países están invirtiendo en nanotecnología, con EE. UU. y China emergiendo en la cima. Dependiendo de su composición química, se

describen cuatro clases principales de NPs, como: 1) de carbono (nanotubos y nanofibras de carbono, etc.), 2) de metal y óxido de metal (Ag, Cu, etc.), 3) bioorgánicas (liposomas, micelas, etc.) y 4) de compuestos, como nanopartículas formadas por la combinación de diferentes tipos de materiales como estructuras núcleo-cubierta (Pandey y Prajapati, 2018). Las NPs también se pueden clasificar como orgánicas e inorgánicas (Yu *et al.*, 2018). Las NPs orgánicas son de naturaleza biodegradable e incluyen NPs poliméricas, nanoportadores a base de lípidos, liposomas, nanomateriales a base de carbono y NPs de lípidos sólidos, mientras que las NPs inorgánicas se basan en materiales inorgánicos que comprenden metales y óxidos metálicos, como óxido de plata, óxido de zinc, etc (Vance *et al.*, 2015).

La síntesis de NPs se puede llevar a cabo siguiendo dos enfoques diferentes: el enfoque de arriba hacia abajo y el enfoque de abajo hacia arriba (Das *et al.*, 2017; Thakkar *et al.*, 2010). Además, se adoptan tres estrategias diferentes: métodos físicos, químicos y biológicos, para la síntesis de NPs.

Los métodos físicos pertenecen a la categoría del enfoque de arriba hacia abajo, mientras que los métodos químicos y biológicos siguen el enfoque de abajo hacia arriba para la síntesis de NPs. La evaporación-condensación, la electrólisis, la difusión, la ablación láser, la deposición de pulverización catódica, la pirólisis, el arco de plasma y el molinado de bolas de alta energía son algunos de los métodos físicos más comunes utilizados para la síntesis de NPs (Thakkar *et al.*, 2010). Sin embargo, la baja tasa de producción, las operaciones costosas y el alto consumo de energía son las principales limitaciones de estos procesos. Por el contrario, los métodos de síntesis química, que incluyen reducción química, microemulsión/coloidal, electroquímica y descomposición térmica, son los métodos convencionales y más utilizados para la síntesis de NPs metálicas. La reducción química de las NPs de sus respectivos precursores de sal metálica mediante la adición de agentes reductores particulares es uno de los métodos más utilizados para la síntesis química de NPs debido a los fáciles requisitos operativos y de equipo. Durante la síntesis se han explorado varios agentes reductores, como el borohidruro de sodio (NaBH<sub>4</sub>) (Banne *et al.*, 2017), el bitartrato de potasio (Tan *et al.*, 2003), el formaldehído, el metoxipolietilenglicol, la hidrazina (Eluir y Paul, 2012), etc., y agentes estabilizadores

como el sulfato de dodecil bencilo y la polivinil pirrolidona (Pandey *et al.*, 2018). Los métodos químicos son económicos para la producción a gran escala; sin embargo, el uso de productos químicos tóxicos y la producción de subproductos causan daños ambientales, lo que limita sus aplicaciones clínicas y biomédicas (Gupta y Xie, 2018; Hua *et al.*, 2018). Por lo tanto, hay una mayor demanda de técnicas fiables, no tóxicas, de alto rendimiento y ecosostenibles para las NPs metálicas que puedan reemplazar los métodos convencionales. Los métodos de síntesis biológica, por lo tanto, proporcionan una alternativa atractiva a los métodos de síntesis fisicoquímica.

## 2. ANTECEDENTES

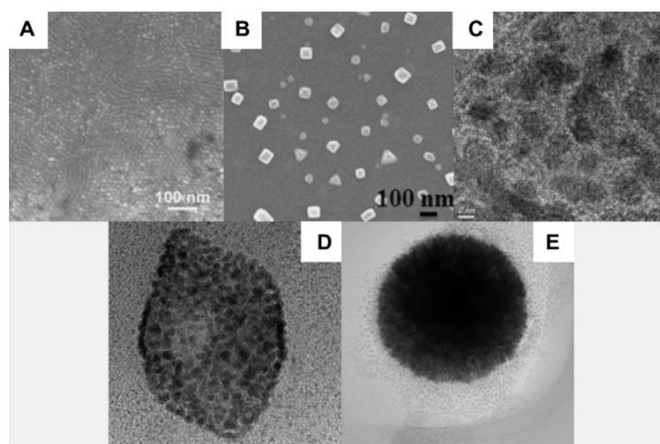
La síntesis de nanopartículas de metales nobles es un área de estudio que ha existido durante siglos, aunque de manera no intencionada. Un ejemplo reconocido de esto es la copa de bronce de Lycurgus, que data del siglo IV d.C. (**Figura 1**). Esta copa tiene un vidrio de color que dispersa la luz verde y permite el paso de la luz roja, debido a la presencia de nanopartículas metálicas de aproximadamente 70 nm, que son una aleación de plata (70%) y oro (30%). Otro ejemplo interesante es el lustre, una técnica decorativa cerámica que emplea nanopartículas de plata, entre otros metales, para lograr un efecto de brillo metálico sobre la superficie de cerámicas ya cocidas. En España, existen numerosos ejemplos de esta decoración que datan del siglo XII. En particular, el lustre dorado se lograba mediante una mezcla de almagre, óxido de cobre y monedas de plata (Monge, 2009).



**Figura 1.** Copa de Lycurgus (a) y (b).

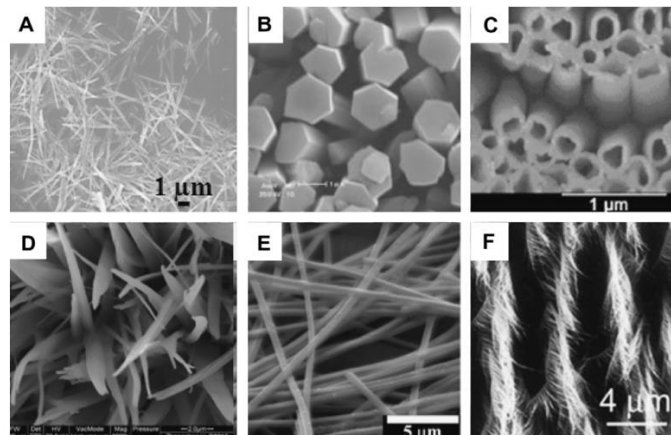
Debido a que las propiedades de las nanoestructuras dependen de su forma, tamaño y de la alta relación superficie-volumen, si el diámetro disminuye, el área superficial de la partícula aumenta y, como consecuencia, se produce un aumento en las propiedades originales del material (Fahmy *et al.*, 2018; Shamaila *et al.*, 2016), estas se han clasificado según el número de dimensiones que se encuentren en la escala nanométrica:

a) **Materiales de dimensión cero (0D)**: en este caso, las tres dimensiones se encuentran dentro del régimen nanométrico. En la última década, se han logrado avances importantes en el ámbito de estos nanomateriales, desarrollándose una amplia gama de métodos físicos y químicos para la fabricación de nanomateriales 0D con dimensiones precisas y controladas. Recientemente, se han sintetizado estructuras como matrices de partículas uniformes (puntos cuánticos), matrices de partículas heterogéneas, partículas con forma de cebollas, esferas huecas y nanolentes (**Figura 2**) (Tiwari *et al.*, 2012).



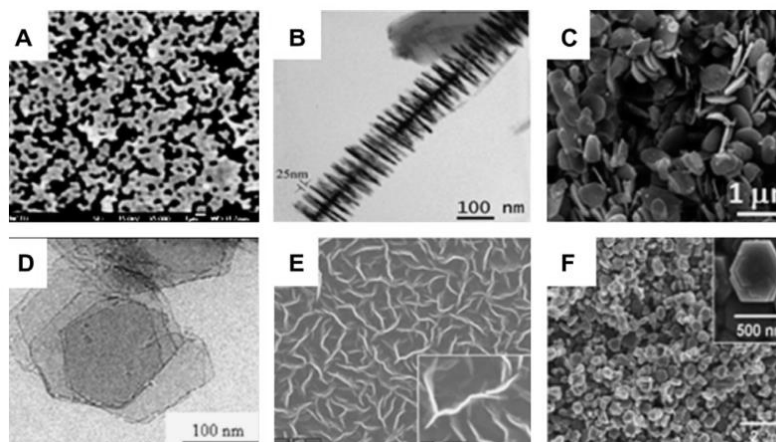
**Figura 2.** Micrografías de microscopio electrónica de barrido y microscopio electrónica de transmisión de diferentes tipos de nanopartículas 0D. (A) Puntos cuánticos, (B) Matrices de nanopartículas, (C) Nanopartículas Core-Shell (Núcleo-Carcasa), (D) Cubos huecos, (E) Nanoesferas.

b) **Materiales de una dimensión (1D)**: estos materiales tienen una longitud variable, pero conservan dos dimensiones dentro del régimen nanométrico, como es el caso de los nanoalambres y nanotubos. Los materiales en esta categoría tienen un impacto significativo en áreas como la nanoelectrónica, los nanodispositivos, los sistemas de materiales nanocompuestos y las fuentes alternativas de energía (**Figura 3**) (Tiwari *et al.*, 2012).



**Figura 3.** Micrografías de MEB de diferentes tipos de nanopartículas 1D. (A) Nanoalambres, (B) Nanobarras, (C) Nanotubos, (D) Nanocinturones, (E) Nanocintas, (F) Nanoestructuras jerárquicas.

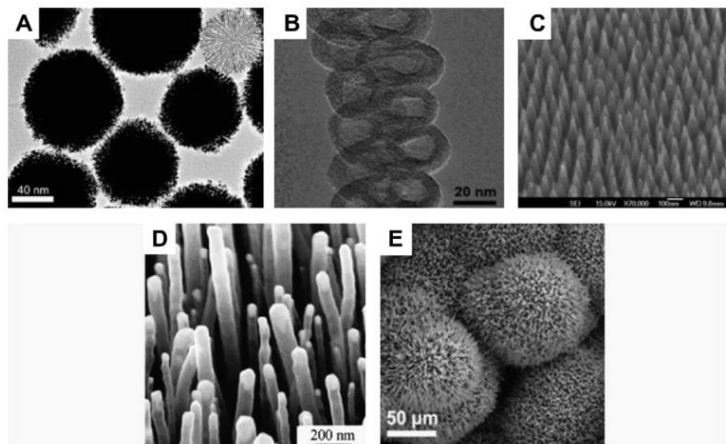
c) **Materiales de dos dimensiones (2D):** estos materiales tienen un espesor que varía entre 1 y 100 nm, como en el caso de las películas delgadas. Son especialmente interesantes, no solo para comprender los mecanismos básicos del crecimiento de nanoestructuras, sino también para la investigación y el desarrollo de nuevos sensores, fotocatalizadores, nanocontenedores y nanoreactores (**Figura 4**) (Tiwari *et al.*, 2012).



**Figura 4.** Micrografías de MEB y MET de diferentes tipos de nanoestructuras de 2D. (A) Uniones (islas continuas), (B) Estructuras ramificadas, (C) Nanoplatos, (D) Nanolaminas, (E) Nanoparedes, (F) Nanodiscos.

d) **Materiales de tres dimensiones (3D):** son sólidos tridimensionales compuestos por unidades nanométricas. Estos materiales han ganado relevancia debido a su amplia variedad

de aplicaciones en catálisis y materiales magnéticos, además de contar con una mayor área superficial, lo que los hace especialmente útiles en diversos campos tecnológicos (**Figura 5**) (Tiwari *et al.*, 2012).

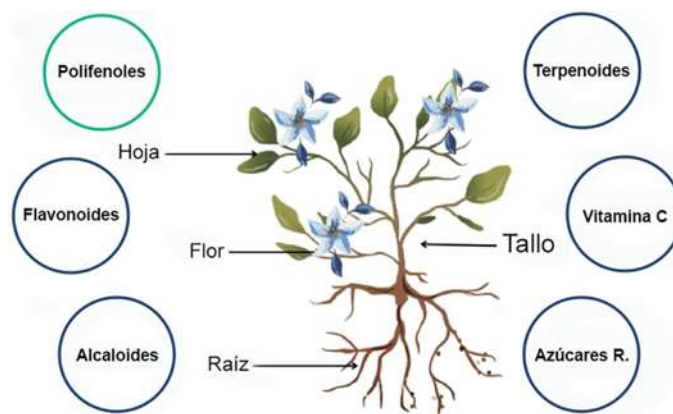


**Figura 5.** Micrografías de MEB y MET de diferentes tipos de nanoestructuras 3D. (A) Nanobolas (estructuras dendríticas), (B) Nanobobinas, (C) Nanoconos, (D) Nanopilares, (E) Nanoflores.

A su vez, el estudio de los diferentes métodos de síntesis de NPs es un componente importante en el rápido desarrollo de las investigaciones en nanociencia y nanoingeniería. La utilización de extractos vegetales es una de las técnicas más populares y ha cobrado mayor importancia recientemente debido a la facilidad de obtención de la materia, la seguridad en su manejo, la disponibilidad de una amplia gama de metabolitos y la minimización del desperdicio y los costos de energía (Kalaiarasi, 2010). Es por ello que esta tecnología se considera la más limpia.

Se ha encontrado que las plantas poseen una capacidad para híper-acumular y reducir los iones metálicos inorgánicos presentes en el medio de interacción (Song y Kim, 2009). La reducción de dichos iones metálicos se debe a la presencia de biomoléculas o metabolitos secundarios. En los extractos de plantas se encuentran biomoléculas tales como proteínas, aminoácidos, enzimas, polisacáridos, alcaloides, taninos, compuestos fenólicos, saponinas, terpenoides y vitaminas, los cuales propician la reducción y estabilización de las nanopartículas (Ahmed *et al.*, 2016) (**Figura 6**). Dichos compuestos se pueden encontrar

en diferentes partes de las plantas, como la flor, la hoja, el tallo y la raíz (Bolade *et. al.*, 2020).



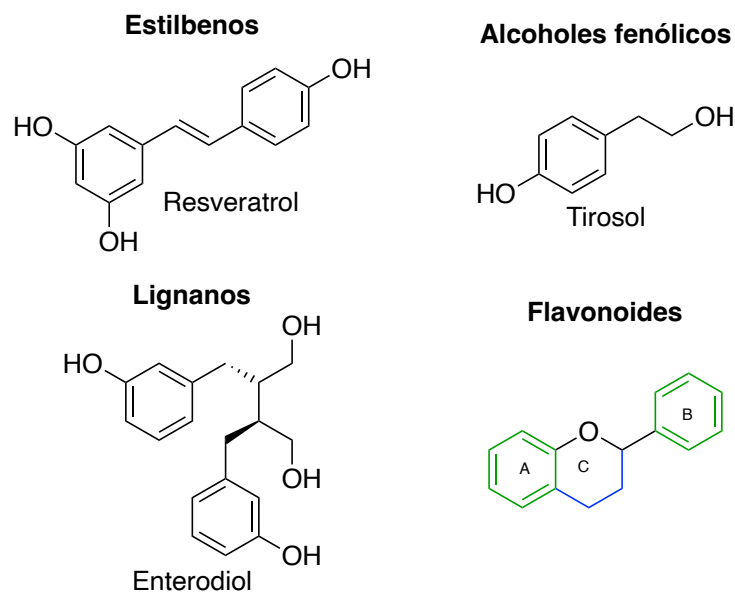
**Figura 6.** Metabolitos secundarios implicados en la síntesis (Bolade *et. al.*, 2020).

La historia del empleo de plantas para obtener nanopartículas se inició hace pocos años, cuando se demostró que las plantas vivas reducen iones metálicos, dando lugar a la formación de nanopartículas metálicas. El primer reporte de nanopartículas obtenidas a partir de especies vegetales fue publicado en 2002, y se indicó que se podían formar nanopartículas de oro de 2 a 20 nm dentro de especímenes de alfalfa (*Medicago sativa*) (Gardea, 2002). Posteriormente, se mostró que la alfalfa también podía formar nanopartículas de plata cuando era expuesta a un medio rico en iones de plata. La reducción de iones  $Au^{3+}$  y  $Ag^+$  a partir del extracto de *Aloe vera* da lugar a la obtención de nanopartículas de morfología variada (nano triángulos y nano esferas), según la fuente metálica (Chandrar, 2006). También se ha publicado la formación de nanopartículas de plata con un tamaño de 55 a 80 nm y nanopartículas de oro triangulares o esféricas a partir de biomasa seca del *Cinnamomum camphora* (árbol de alcanfor) con precursores de plata y oro a temperatura ambiente (Huang, 2007). Asimismo, Sun *et. al.*, (2014) demostraron que las nanopartículas de plata (AgNPs) obtenidas por síntesis verde presentaron mayor estabilidad que las preparadas utilizando agentes de recubrimiento como poli vinil alcohol (PVA), poli vinil pirrolidona (PVP) y cetiltrimetilamonio bromuro (CTAB), esto mediante una prueba de liberación de iones de plata de las nanopartículas. La razón de esto es que la superficie de las AgNPs de síntesis verde se encontraba suficientemente cubierta por los

grupos del extracto de té, como carboxilo, fenoles, hidroxilos, etc. Estos grupos funcionales de los compuestos polifenólicos inhiben la disolución de las AgNPs por oxígeno para liberar los iones de plata (Adegboyega *et al.*, 2013).

Es por esto que diversos grupos de metabolitos secundarios son conocidos por sus cualidades antioxidantes y se utilizan contra el estrés oxidativo, el cual puede ser producido por radicales libres (Prakash y Kumar, 2011). Se han estudiado ampliamente estos compuestos presentes en los extractos de plantas, por su poder antioxidante, ya que pueden neutralizar a los radicales libres (Burlacu *et al.*, 2019), que son grupos de átomos que poseen un electrón desapareado. Químicamente, los metabolitos secundarios pueden transformar estas especies en moléculas estables, favoreciendo un equilibrio electroquímico, propiciando con ello una reacción de tipo redox. Diversos autores han mencionado que la selección del extracto vegetal se determina considerando plantas con un alto contenido del grupo funcional -OH (polifenoles), que generalmente se correlaciona con propiedades antioxidantes e indica un potente agente reductor (Burlacu *et al.*, 2019; Ndiaye *et al.*, 2021).

Existen varias clases y subclases de polifenoles que se definen en función del número de anillos fenólicos que poseen y de los elementos estructurales que presentan estos anillos. Los principales grupos de polifenoles son: ácidos fenólicos (derivados del ácido hidroxibenzoico o del ácido hidroxicinámico), estilbenos (constituidos por un grupo difeniletileno), lignanos (dímeros de unidades de fenilpropanoides), alcoholes fenólicos (grupo -OH unido a un átomo de carbono de un anillo bencénico) y flavonoides (consisten en un esqueleto carbonado C6-C3-C6, donde los componentes C6 son anillos aromáticos unidos por tres átomos de carbono que pueden formar o no un tercer anillo pirano o pirona (anillos A-C)) (Casal, 2015) (**Figura 7**).



**Figura 7:** Estructuras de algunos de los compuestos polifenólicos.

Los polifenoles presentan una amplia variedad de propiedades, las cuales varían según sus estructuras específicas. Sin embargo, las características clave que sustentan su actividad son las siguientes:

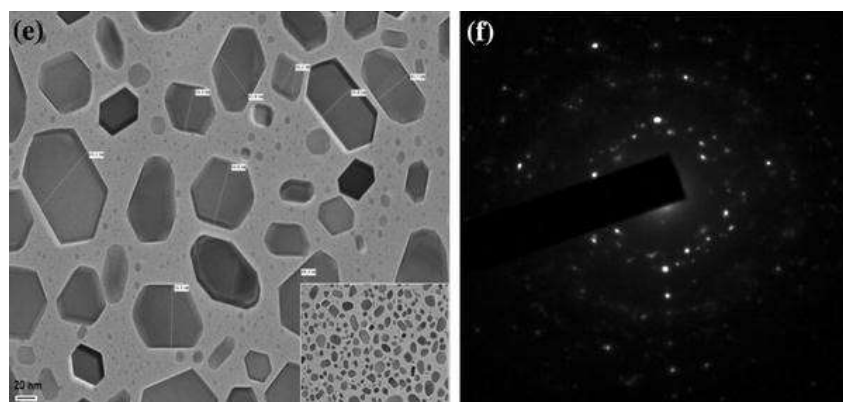
- Actividad reductora, asociada a sus propiedades antioxidantes y su capacidad para resistir la oxidación.
- Propiedades de unión, debido a su capacidad para quelar metales.
- Las propiedades fisicoquímicas de los polifenoles, en particular su reactividad química y sus posibles transformaciones, tienen relevancia en el ámbito de la nanotecnología, como en la fabricación de NPs, dado que los polifenoles pueden transferir electrones y/o átomos de hidrógeno al neutralizar radicales libres (Brewer, 2011; Ndhkala, 2010).

Se ha descrito que la capacidad antioxidante y reductora de los compuestos fenólicos depende del número de grupos hidroxilo en la estructura del anillo y sus disposiciones. Una posición orto de los grupos hidroxilo confiere una alta estabilidad al radical formado después del proceso de neutralización radical (Cuvelier, 1992). Por ende, los compuestos



terapéuticos, como el cáncer, la diabetes, el síndrome premenstrual y la colitis. Es uno de los principales flavonoides identificados en los jugos cítricos. La diosmina (**1**) (3',5,7-trihidroxi-4'-metoxiflavona 7-rutinósido) es una flavona *O*-rutinósida natural, caracterizada por la presencia de dos sustituyentes -OH en la posición C5 y C5' y un sustituyente de metoxilo en la posición C4' (Barreca *et al.*, 2013).

Además, la diosmina (**1**) ha sido usada en la síntesis de nanopartículas de plata. Donde fueron sintetizadas con éxito mediante el uso de soluciones acuosas puras de diosmina (**1**). El tamaño de las nanopartículas obtenidas varió entre 5 y 80 nm, lo que sugiere que la presencia de grupos hidroxilos en la estructura de **1** tiene un poder reductor sobre la plata, según lo reportado en el trabajo de Sahu en 2016. Las nanopartículas de plata obtenidas oscilaron entre 5 y 80 nm (Sahu, 2016) (**Figura 9**).



**Figura 9.** Micrografía de MET (e) de nanopartículas de plata sintetizadas por diosmina y (f) patrón de difracción electrónica.

Por otro lado, en el ámbito de los metales preciosos, el platino pertenece al grupo 10 de la tabla periódica y posee una configuración electrónica  $[\text{Xe}]4f^{14}6s^15d^9$ . Tiene puntos de ebullición y de fusión superiores a los 1000 °C. Su densidad es de 21.45 g/cm<sup>3</sup> (**Figura 10**). Se considera un metal noble, es decir, resistente a un ataque químico; sin embargo, es uno de los metales pesados más reactivos. Puede formar compuestos en los estados de

oxidación 0, II, IV, V y VI. Los de mayor importancia biológica son platino(II) y platino(IV), ( $d^8$  y  $d^6$ , respectivamente) (Greenwood, 2012).



**Figura 10.** Platino metálico.

Además, la versatilidad del platino en cuanto a sus estados de oxidación y su resistencia química lo convierten en un material de gran interés en diversas aplicaciones tecnológicas, especialmente en la industria de los catalizadores y en tratamientos médicos. Por ejemplo, los compuestos de Pt(II) y Pt(IV) son fundamentales en la fabricación de agentes quimioterapéuticos, como el cisplatino, utilizado en la lucha contra ciertos tipos de cáncer debido a su capacidad para interrumpir la replicación del ADN en las células tumorales (Liguori, 2010).

El estudio sobre las nanopartículas de platino ha captado gran interés debido a sus propiedades excepcionales, como su alta relación superficie-volumen, la resonancia única del plasmón de superficie, y sus diversas aplicaciones en ciencia biomédica, incluyendo efectos biocidas contra bacterias, algas y virus, así como en tratamiento fototérmico e imágenes de tejidos (Khan *et al.*, 2021) . Las nanopartículas de platino (PtNPs) pueden adoptar diferentes morfologías, tales como cúbicas, nanotubos o nanoclusters, y desempeñan varias funciones, como nanosensores, electrodos y catalizadores. Un ejemplo de esto es que las PtNPs cúbicas actúan como reactores para la adsorción y oxidación de CO (Khan *et al.*, 2021).

Adicionalmente, las PtNPs presentan destacadas actividades antimicrobianas, gracias a su elevada relación superficie-volumen. Debido a estas propiedades, se utilizan en una variedad de aplicaciones, como tratamiento de agua, tratamiento contra el cáncer,

materiales dentales y recubrimiento de acero inoxidable en dispositivos médicos (Sajid y Plotka-Wasilka, 2020).

Este fenómeno cobra mayor relevancia debido al desarrollo reciente de nuevos nanomateriales basados en platino, lo cual ha impulsado el descubrimiento y la mejora de diversas aplicaciones importantes en la ciencia moderna (Moraes, 2018). Desde entonces, se ha investigado ampliamente como la estructura de las NPs (su tamaño y forma) influye en sus propiedades (Cheong, 2010). En este ámbito, Ahmadi y colaboradores (2007) realizaron un estudio crucial sobre la síntesis de PtNPs, logrando un control preciso de sus tamaños y formas. Este control se alcanzó mediante la modificación de la relación concentración del ligando/precursor de Pt(II), obteniendo nanopartículas con diversas formas (tetraédricas, cúbicas y prismáticas irregulares) y tamaños que variaban entre 4 y 18 nm (Ahmadi *et, al.*, 1996).

De esta manera, el desarrollo de nuevas técnicas para controlar precisamente el tamaño y la forma de las PtNPs ha permitido optimizar sus propiedades y expandir su utilidad en diferentes campos. Por lo tanto, este avance en la síntesis de PtNPs abre nuevas oportunidades para la creación de nanomateriales con características específicas que pueden potenciar aún más su eficacia en aplicaciones biotecnológicas y médicas, demostrando su gran potencial en la ciencia actual.

Por lo mencionado anteriormente, surge el interés de llevar un estudio de la reactividad de derivados de diosmina (**1**) para la obtención de nanopartículas de platino (PtNPs) mediante la reducción de  $K_2PtCl_4$  como fuente metálica y soluciones acuosas de derivados de diosmina, que actúa como agente reductor y estabilizador. Para optimizar el proceso, se analizaron diversos factores que afectan la síntesis de PtNPs, como la temperatura de reacción, la concentración inicial de  $Pt^{2+}$  y el porcentaje del agente reductor. Estos factores se evaluaron observando la conversión de  $Pt^{2+}$ , la distribución del tamaño de las PtNPs y la cantidad de materia orgánica, la cual fue examinada a través de micrografías obtenidas por SEM. Este estudio permitirá evaluar y comparar los grupos funcionales involucrados en el

proceso redox, así como la capacidad de los derivados de diosmina como estabilizantes en la síntesis de nanopartículas.

### **3. JUSTIFICACIÓN**

Las nanopartículas (NPs) metálicas de elementos de transición tienen una amplia variedad de aplicaciones en diversas áreas. Sin embargo, los métodos de síntesis empleados hasta ahora requieren el uso de materiales costosos y tóxicos para el medio ambiente, lo que limita significativamente la aplicabilidad de las NPs en diferentes campos. En consecuencia, ha surgido un creciente interés por desarrollar métodos de síntesis de NPs utilizando materiales orgánicos que sean económicos, inocuos y cuyos subproductos sean amigables con el medio ambiente. Por ello, se propone llevar a cabo un estudio de reactividad de derivados de diosmina para la obtención de PtNPs, mediante una síntesis verde con el fin de observar la influencia en la formación, tamaño y proceso. Lo cual permitirá dar un panorama general y aplicar en áreas de la nanociencia.

### **4. HIPÓTESIS**

Las características funcionales de la molécula diosmina y sus derivados favorecerán un proceso redox, facilitando la síntesis y estabilización de nanopartículas de Pt permitiendo una ruta de síntesis mediante química verde.

### **5. OBJETIVOS**

#### **5.1. Objetivo general**

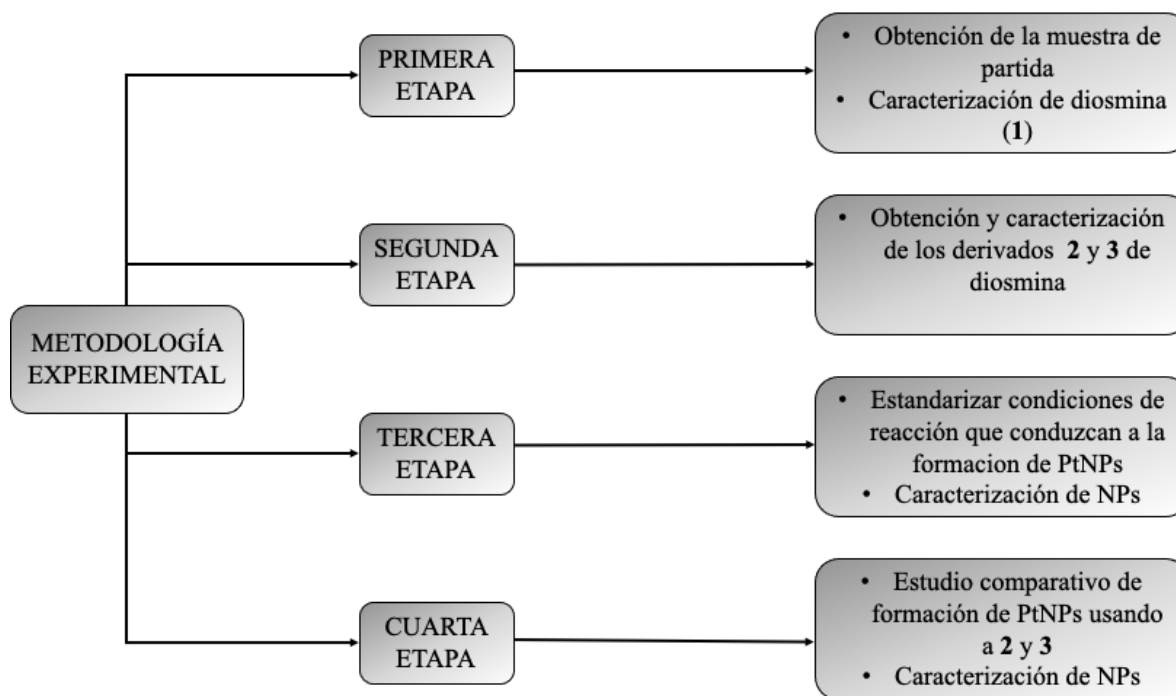
Realizar un estudio de la reactividad de los derivados de diosmina para la obtención de nanopartículas de Pt, así como la caracterización química y estructural de los productos obtenidos.

#### **5.2. Objetivos específicos**

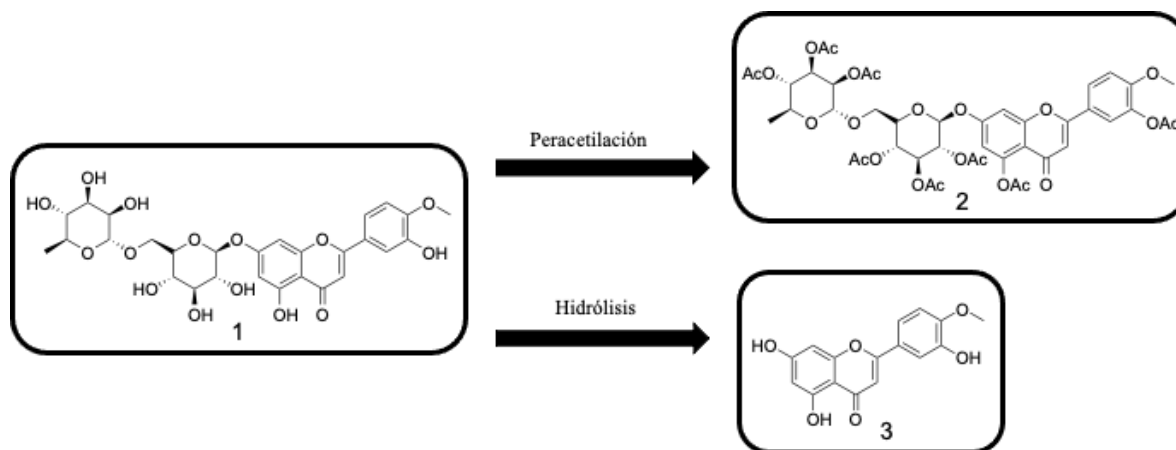
- Aislar diosmina (1) con un alto grado de pureza.
- Obtener el derivado peracetilado de diosmina (2) y la aglicona de diosmina (3).

- Establecer condiciones verdes de reacción para promover la reducción de Pt(II) frente a **1**, **2** y **3**.
- Sintetizar nanopartículas metálicas utilizando como agentes reductores **1**, **2** y **3**.
- Caracterizar los productos de reacción mediante las técnicas RMN, UV-Vis, FT-IR, MEB, MET y DRX, para determinar su estructura, tamaño, distribución, composición y concentración.

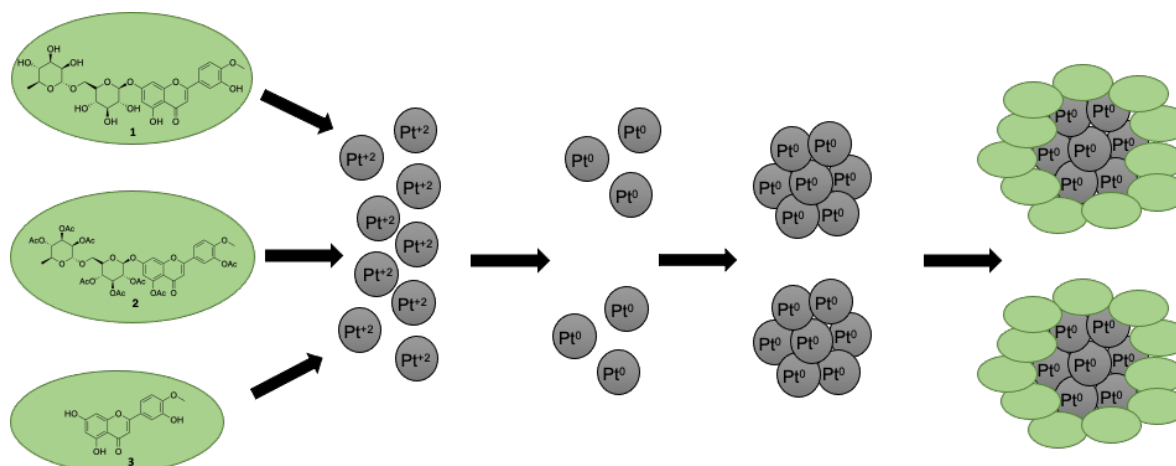
## 6. METODOLOGÍA



**Figura 11.** Esquema experimental realizado en este trabajo.



**Esquema 1.** Estrategia para la formación de derivados 2 y 3 a partir de diosmina (1).



**Esquema 2.** Esquema representativo del mecanismo de síntesis de nanopartículas de Pt.

## **7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

### **7.1 OBTENCIÓN DE DIOSMINA (1)**

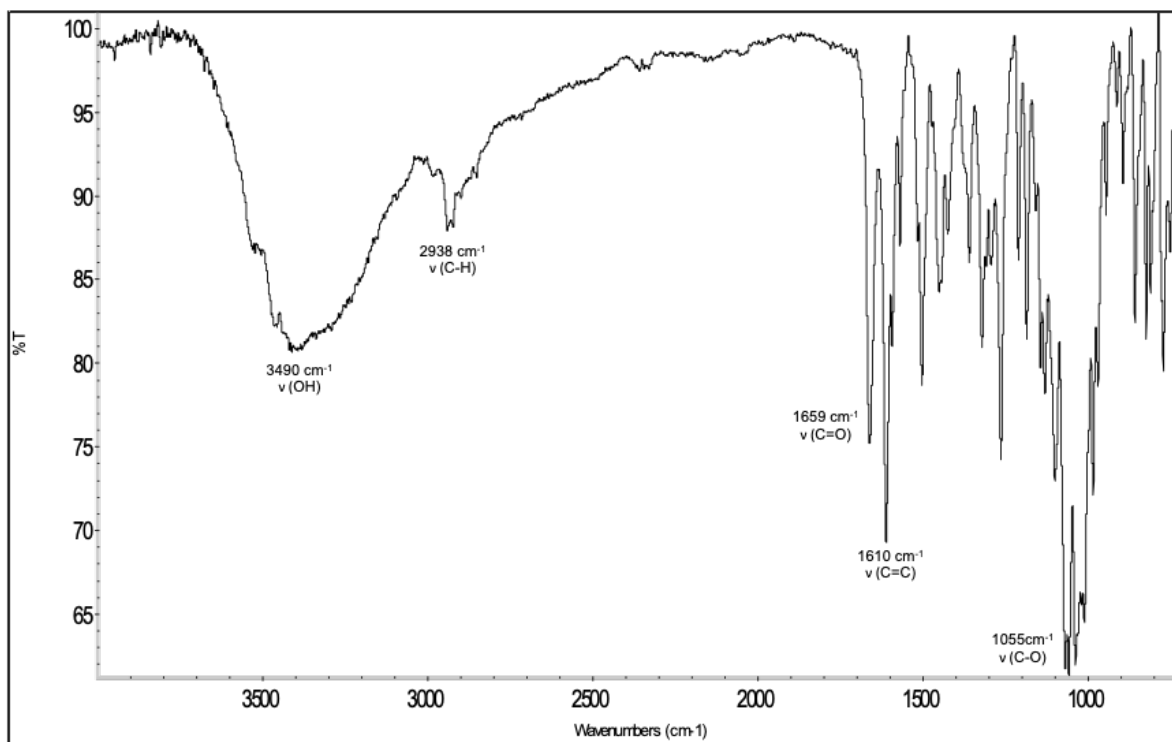
La muestra de partida se obtuvo a partir de una forma farmacéutica comercial adquirida del laboratorio Wermar Pharmaceuticals. Para ello, se pulverizaron completamente tres tabletas del medicamento Mevedim, a las cuales se les añadieron 56 mL de una solución de hidróxido de sodio 0.5 M. La mezcla resultante se agitó durante 2 horas a temperatura ambiente y luego se dejó reposar durante 12 horas. Posteriormente, se procedió a decantar

la solución para recuperar el sólido formado, el cual se disolvió en 120 mL de agua destilada y se sometió a agitación. Una vez disuelto se ajustó el pH de la mezcla a 7 mediante la adición gota a gota de ácido clorhídrico 1.2 M. Como resultado de este proceso, se generó un precipitado blanco, el cual fue filtrado y lavado con agua destilada. Finalmente, se obtuvieron 1.3 g de producto con un punto de descomposición de 278-280 °C (**Tabla 1**) el cual coincide con la literatura (Horowitz, 1956).

**Tabla 1.** Propiedades físicas de diosmina (**1**)

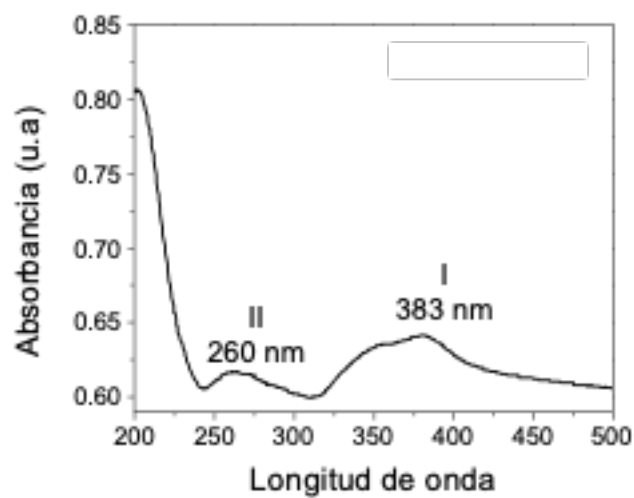
<b>Estructura</b>	Sólido
<b>Color</b>	Blanco
<b>Punto de fusión</b>	-
<b>Punto de descomposición</b>	278-280 °C
<b>Solubilidad</b>	DMSO

El análisis por espectroscopía FT-IR de la muestra **1** mostró las bandas de vibración del grupo (OH) y del carbonilo de cetona a  $3490\text{ cm}^{-1}$  y  $1659\text{ cm}^{-1}$ , respectivamente. Además, se observó una banda en  $1610\text{ cm}^{-1}$  correspondiente a la vibración de tensión C=C, lo que coincide con los valores reportados para la diosmina (**1**) (**Figura 12**).



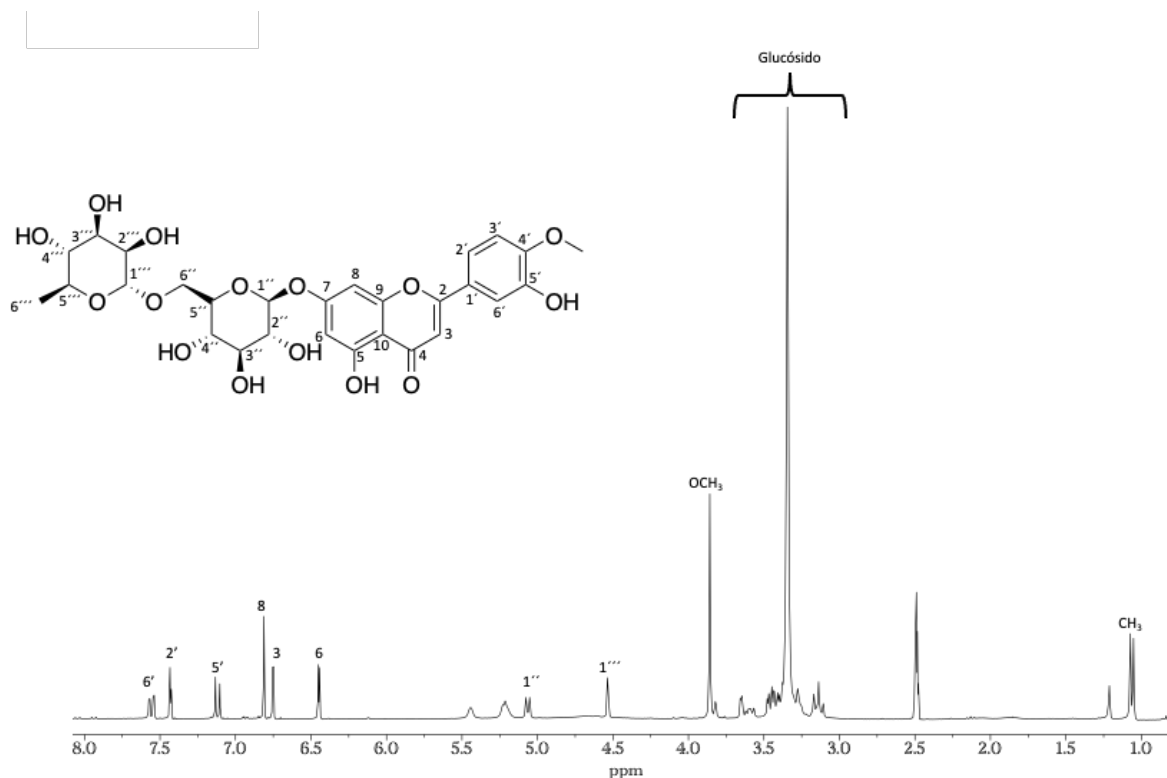
**Figura 12 .** Espectro FT-IR de diosmina (1).

El análisis mediante espectroscopía UV-vis (**Figura 13**) de la diosmina (1) muestra las bandas I y II características de este compuesto, localizadas a 383 nm y 260 nm, correspondientes al anillo B y al anillo A, respectivamente.



**Figura 13 .** Espectro UV-vis de diosmina (1).

En el espectro de RMN de  $^1\text{H}$  (400 MHz,  $\text{DMSO-}d_6$ ) se observaron las señales características de los hidrógenos aromáticos entre 7.80 y 6.60 ppm. Entre 5.40 y 3.80 ppm aparecieron las señales correspondientes al grupo azúcar, además de la señal del grupo metoxilo a 3.86 ppm. Finalmente, se registró una señal simple del grupo metilo a 1.06 ppm (Figura 14).



**Figura 14.** Espectro de RMN de  $^1\text{H}$  a 400 MHz en  $\text{DMSO-}d_6$  de diosmina (1).

En su espectro de RMN de  $^{13}\text{C}$  (100 MHz) (Figura 15) se observa la señal correspondiente al carbono del grupo carbonilo a 182.4 ppm, así como las señales de los carbonos aromáticos en el rango de 164.6 a 105.9 ppm. Además, se aprecian las señales de los carbonos de la porción glucosídica entre 100.9 y 66.5 ppm, la señal en 56.2 ppm correspondiente al carbono del metoxilo y, finalmente, la señal del carbono del grupo metilo a 18.3 ppm. Los datos físicos y espectroscópicos (Tabla 2) fueron comparados con la literatura (da Conceição, 2015), coincidiendo con las características de la diosmina (1).

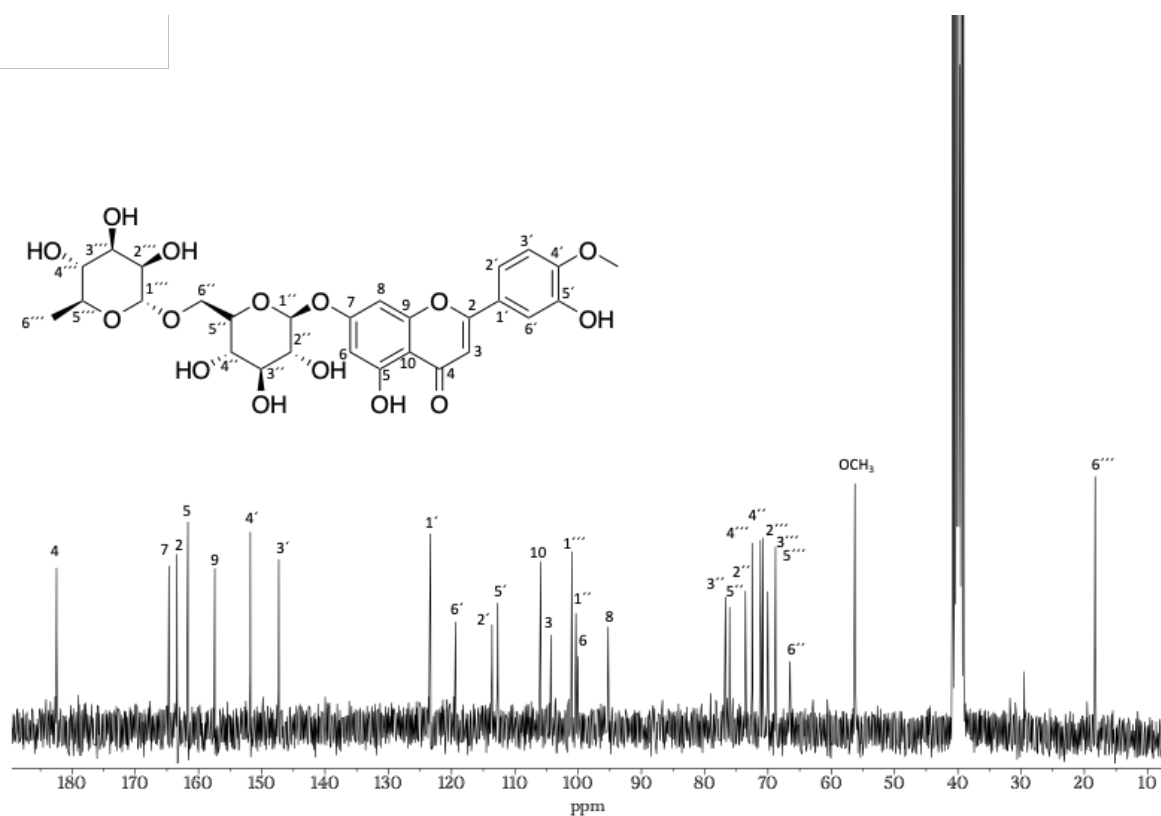
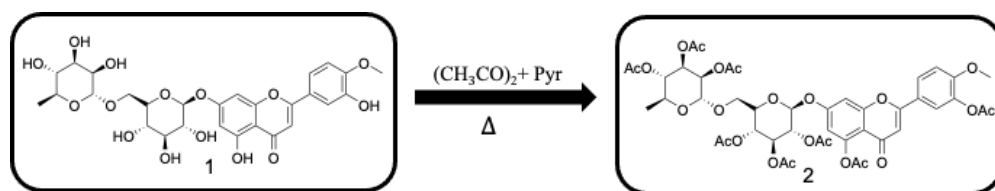


Figura 15. Espectro de RMN de  $^{13}\text{C}$  a 100 MHz en  $\text{DMSO-}d_6$  de diosmina (1).

## 7.2 OBTENCIÓN DE PERACETATO DE DIOSMINA (2)



Esquema 3. Estrategia para la formación del derivado 2 a partir de diosmina (1).

La síntesis del peracetato de diosmina se llevó a cabo pesando 0.8 g de diosmina (1), a los que se les añadieron 3 mL de piridina y 3 mL de anhídrido acético. La mezcla se sometió a un baño maría con agitación constante durante 6 horas. Al finalizar el tiempo de reacción,

se procedió a la extracción con 30 mL de diclorometano ( $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ), vertiendo el producto crudo en un embudo de separación. Se realizaron 4 lavados en el siguiente orden: 30 mL de HCl al 10% ( $4 \times 30$  mL), 30 mL de agua ( $4 \times 30$  mL), 30 mL de solución saturada de  $\text{NaHCO}_3$  ( $4 \times 30$  mL) y 30 mL de agua ( $4 \times 20$  mL). La fase orgánica obtenida se secó con  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  anhidro y luego se evaporó a presión reducida en un rotavapor.

El producto de reacción (0.5 g) fue purificado mediante cromatografía en columna tipo flash, utilizando una columna de 2 cm de diámetro y 6 pulgadas de altura de gel de sílice. La elución se realizó con un sistema de polaridad 4:1 de acetato de etilo-hexanos, aplicando una velocidad de flujo de 2 pulgadas/min. Se obtuvieron 60 fracciones de 5 mL cada una, las cuales fueron monitoreadas mediante cromatografía en capa fina. El compuesto de interés se identificó en las fracciones 26 a 60, obteniendo 0.118 g de un sólido amarillo con un punto de fusión de 135-137 °C.

El producto fue analizado y sus datos físicos (**Tabla 2**) y espectroscópicos (**Figuras 16, 18 y 19**) fueron comparados con los reportados en la literatura (da Conceição, 2015), coincidiendo con las características del peracetato de diosmina (**2**).

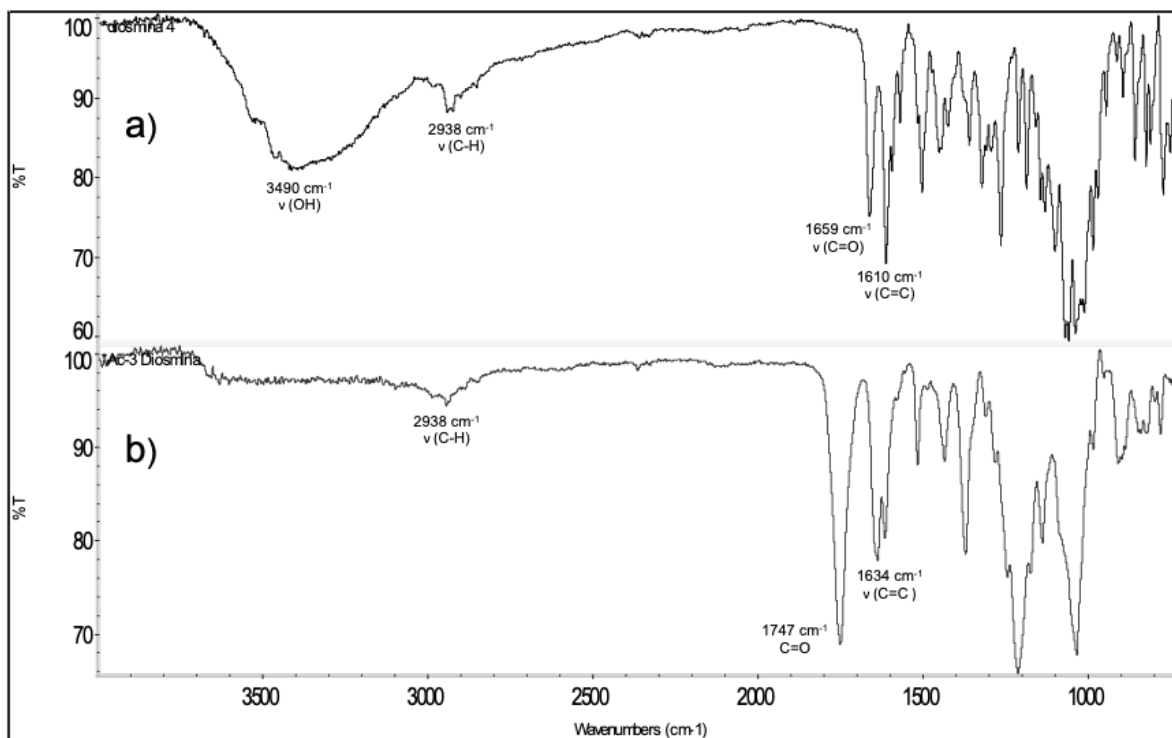
Las propiedades físicas del peracetato de diosmina (**2**) se muestran en la **tabla 2**.

**Tabla 2.** Propiedades físicas del peracetato de diosmina (**2**)

<b>Estructura</b>	Sólido
<b>Color</b>	amarillo
<b>Punto de fusión</b>	135-137 °C
<b>Solubilidad</b>	$\text{CH}_3\text{OH}$ , AcOEt, $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ , DMSO

El análisis del derivado peracetilado (**2**) se analizó por espectroscopía FT-IR (**Figura 16**) (b) y se comparó con la diosmina (**1**) (**Figura 16**) (a) donde los principales cambios fueron la presencia de una nueva banda en  $1747\text{ cm}^{-1}$  atribuida a la vibración de tensión del grupo

éster de los acetatos; así como la ausencia de la banda de vibración del grupo OH; lo que sugiere que la peracetilación se llevó a cabo.



**Figura 16.** Espectro FT-IR (a) de diosmina y (b) peracetato de diosmina.

El análisis mediante espectroscopía UV-vis del peracetato de diosmina (**2**) (**Figura 17**) muestra las bandas I y II características de los anillos B y A, localizadas a 318 nm y 258 nm, respectivamente. Al compararlas con el compuesto **1** (**Figura 13**), se observa que dichas bandas presentan un desplazamiento hipsocrómico, siendo más notorio en la banda I.

En el espectro de RMN de  $^1\text{H}$  (400 MHz,  $\text{CDCl}_3$ ) se observaron entre 7.80 y 6.60 ppm las señales típicas de los hidrógenos aromáticos presente en la molécula, entre 5.40 y 3.80 ppm aparecieron las señales correspondientes al azúcar, además se observaron las señales simples de los acetatos en 2.44 a 1.92 ppm (**Figura 18**).

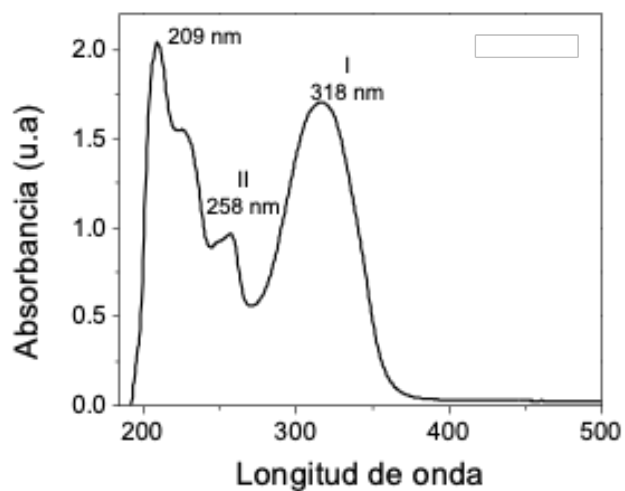


Figura 17 . Espectro UV-vis del peracetato de diosmina (2).

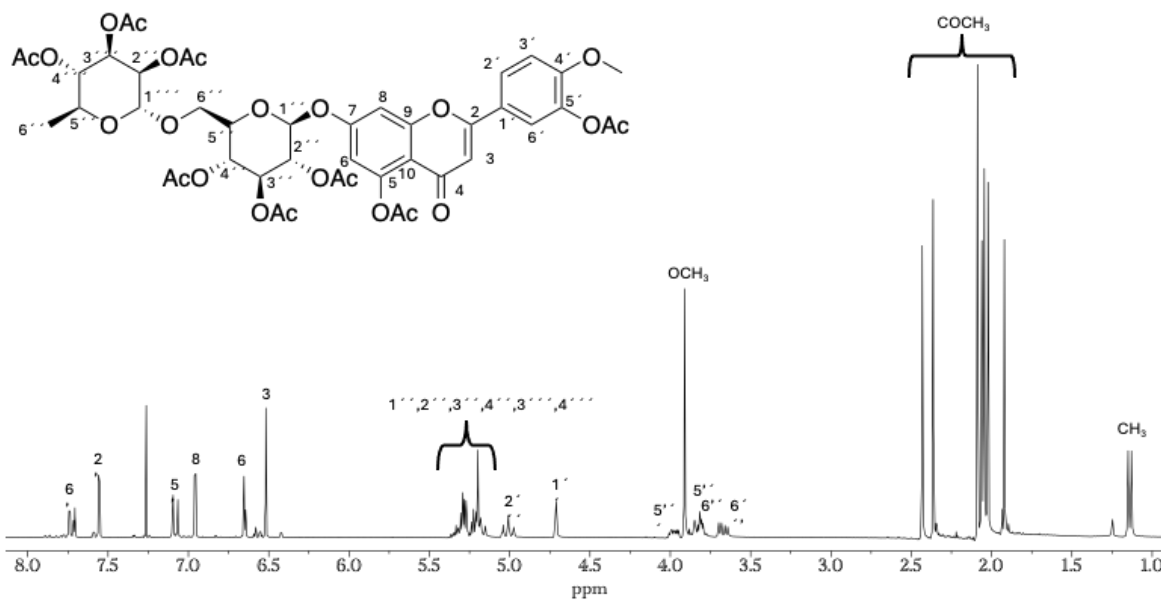
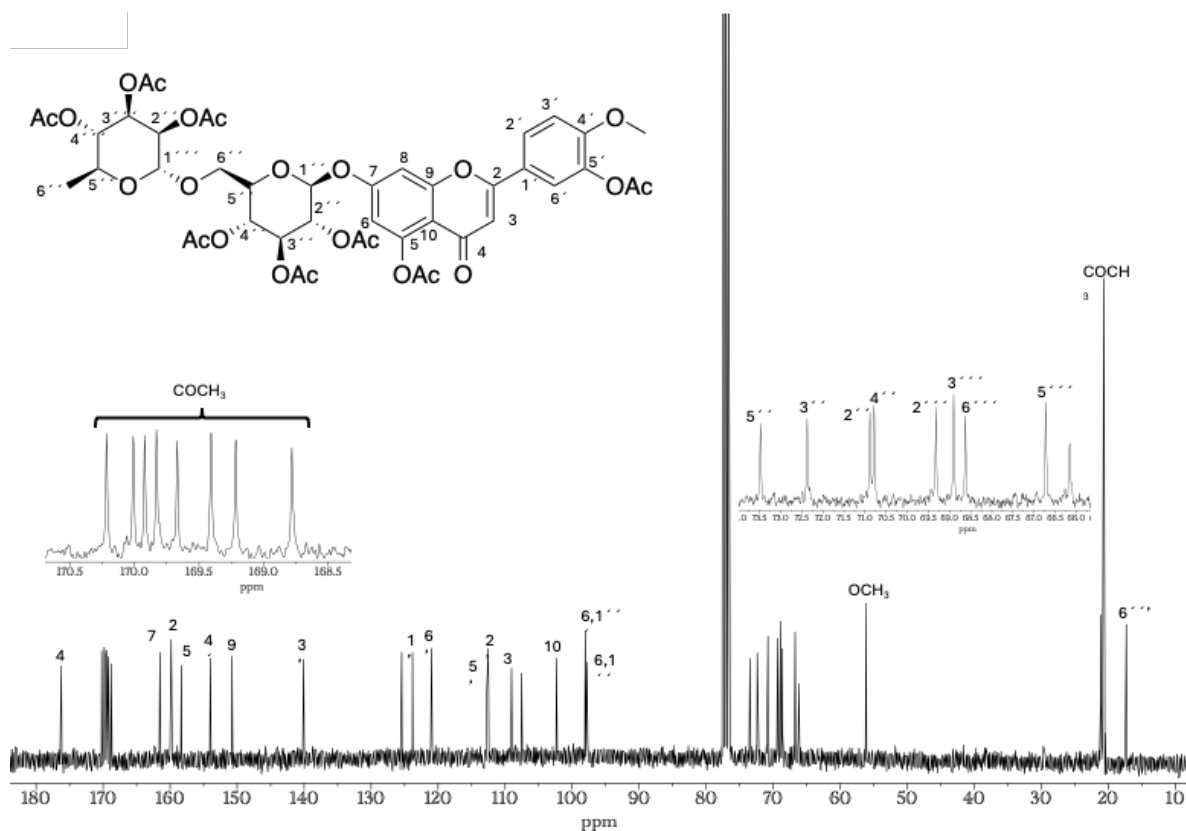


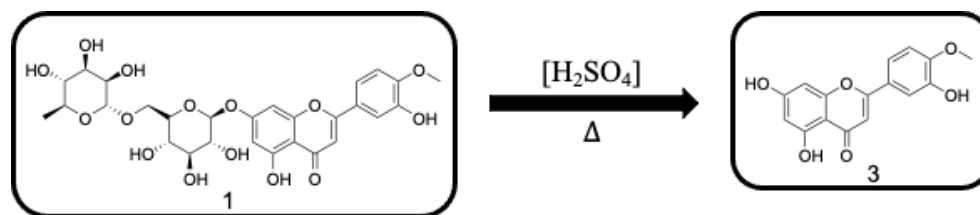
Figura 18. Espectro de RMN de  $^1\text{H}$  a 400 MHz en  $\text{CDCl}_3$  del peracetato de diosmina (2).

En su espectro de RMN de  $^{13}\text{C}$  (100 MHz) (**Figura 19**), se apreciaron además de las señales típicas del esqueleto de diosmina, las 8 señales de los carbonos carbonílicos y metilos de acetato, en 170.1 a 168.6 ppm, así como entre 56.0 y 20.6 ppm, respectivamente. Los datos físicos y espectroscópicos (**Tabla 2**) fueron comparados con la literatura (da Conceição, 2015), los cuales coincidieron con el peracetato de diosmina (**2**).



**Figura 19.** Espectro de RMN de  $^{13}\text{C}$  a 100 MHz en  $\text{CDCl}_3$  del peracetato de diosmina (**2**).

### 7.3 PROCEDIMIENTO PARA LA HIDRÓLISIS ÁCIDA DE DIOSMINA (OBTENCIÓN DE LA DIOSMETINA) (**3**)



**Esquema 4.** Estrategia para la formación del derivado **3** a partir de diosmina (**1**).

Un lote de 100 mg de diosmina (**1**) se disolvió en 10 mL de EtOH. A continuación, se adicionaron 5 gotas de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado y la mezcla de reacción se mantuvo bajo agitación constante durante 6 horas a reflujo. Una vez transcurrido el tiempo, se añadió agua destilada al medio para precipitar la diosmetina (aglicona correspondiente). El producto obtenido se filtró al vacío y se lavó con agua destilada, lo que resultó en 48 mg de un sólido de color amarillo. El punto de fusión del producto fue de 256-260 °C, coincidiendo con los valores reportados en la literatura (Sheoran, 2023).

Las propiedades físicas de la diosmetina (**3**) se muestran en la **tabla 3**.

**Tabla 3.** Propiedades físicas de la diosmetina (**3**)

<b>Estructura</b>	Sólido
<b>Color</b>	amarillo
<b>Punto de fusión</b>	256-260 °C
<b>Solubilidad</b>	DMSO, Pyr

El análisis por espectroscopía FT-IR de la muestra **3** mostró las bandas de vibración del grupo (OH) y del carbonilo de cetona a 3490 cm<sup>-1</sup> y 1659 cm<sup>-1</sup>, respectivamente. Además, se observó una banda en 1610 cm<sup>-1</sup> correspondiente a la vibración de tensión C=C, lo que coincide con los grupos funcionales presentes en el derivado **3** (**Figura 20**).

El análisis mediante espectroscopía UV-Vis (**Figura 21**) de la diosmetina (**3**) muestra las bandas I y II características de este compuesto, localizadas a 381 nm y 261 nm, correspondientes al anillo B y al anillo A, respectivamente.

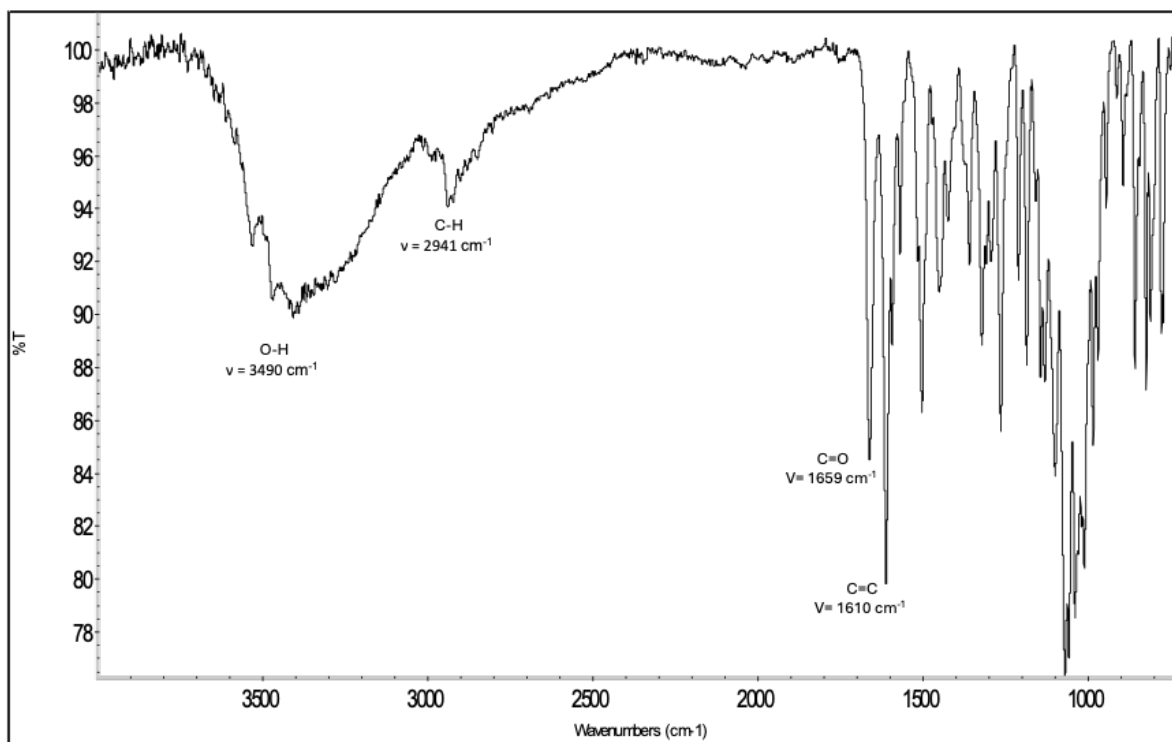


Figura 20 . Espectro FT-IR de diosmetina (3).

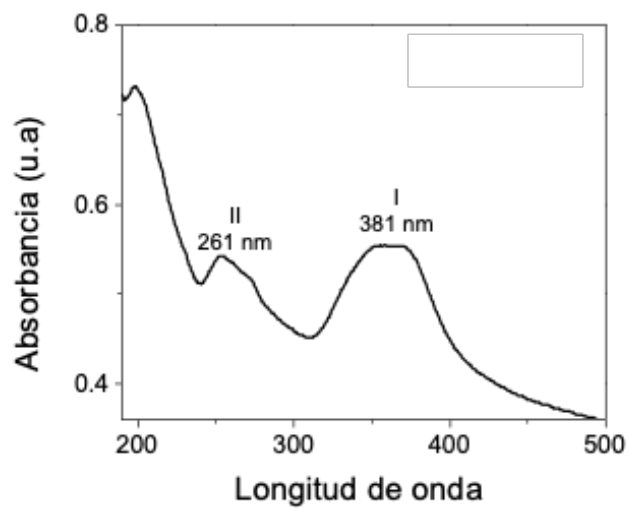


Figura 21 . Espectro UV-vis de diosmetina (3).

## **7.4 PREPARACIÓN DEL AGENTE REDUCTOR Y SOLUCIÓN PRECURSORA**

El proceso de preparación se realizó pesando los gramos correspondientes de **1**, **2** y **3** para una concentración de 3.3 mM. Se empleó agua destilada para la preparación de dichas diluciones en el caso de **1** y **3** y fueron llevadas a reflujo y agitación constante para facilitar la disolución. En el caso de **2** debido a la insolubilidad que presenta en agua se usó MeOH para su solubilidad (**Tabla 4**).

La sal precursora para sintetizar las nanopartículas metálicas fue obtenida en forma de cristales de la empresa Sigma-Aldrich. El precursor fue pesado para una concentración de 3.3 mM y disuelto en agua destilada (**Tabla 4**).

**Tabla 4.** Condiciones de reacción para la síntesis de PtNPs.

<b>Agente reductor</b> 3.3 mM	<b>Disolvente para disolución</b>	<b>Sal metálica</b> 3.3 mM	<b>Disolvente para disolución</b>
<b>Diosmina</b> 0.09736 g	25 mL H <sub>2</sub> O	<b>K<sub>2</sub>[PtCl<sub>4</sub>]</b> 0.068 g	25 mL H <sub>2</sub> O
<b>Peracetato de diosmina</b> 0.15117 g	3 mL MeOH + 22 mL H <sub>2</sub> O	<b>K<sub>2</sub>[PtCl<sub>4</sub>]</b> 0.068 g	25 mL H <sub>2</sub> O
<b>Diosmetina</b> 0.048 g	25 mL H <sub>2</sub> O	<b>K<sub>2</sub>[PtCl<sub>4</sub>]</b> 0.068 g	25 mL H <sub>2</sub> O

## **7.5 SÍNTESIS DE NANOPARTÍCULAS METÁLICAS EMPLEANDO DIOSMINA COMO AGENTE REDUCTOR.**

La síntesis se llevó a cabo mediante la disolución de diosmina (**1**) en H<sub>2</sub>O a una concentración de 3.3 mM, la cual se agitó y calentó para facilitar su disolución. Posteriormente, se adicionó al medio de reacción una disolución en agua al 3.3 mM de

$K_2[PtCl_4]$ . El pH de la reacción se monitoreó utilizando tiras indicadoras, comenzando con un valor inicial de 6, transcurridos 20 minutos de reacción, se observó un cambio de color, lo que sugirió la reducción del metal, además un cambio en el pH con un valor de 3. Después de 1 hora de reacción, no se observaron cambios adicionales, por lo que se procedió con la extracción del producto. El sólido obtenido se resuspendió en volúmenes de 50 mL de agua y se sometió a un proceso de sonicación, seguido de centrifugación a una velocidad de 12,000 rpm. Este procedimiento se repitió en 12 ciclos con el objetivo de eliminar posibles restos de sal precursora, material orgánico residual y subproductos generados durante la reacción redox.

El sólido obtenido se analizó mediante espectroscopía FT-IR (**Figura 22**) el cual fue comparado con la diosmina (**1**) donde presentaron las mismas bandas de vibración sin algún desplazamiento considerable, donde se determina la presencia de materia orgánica mostrando vibraciones en 3350, 2938, 1659, 1610 y 1055  $cm^{-1}$  que corresponden a los grupos (-OH), (C-H), (C=O), (C=C) y (C-O) respectivamente, indicando la presencia de la diosmina (**1**) en el sólido obtenido. Sin embargo, se calculó el %T y  $\Delta_T$  donde presentaron diferencias significativas, ya que para la diosmina (**1**) entre las bandas de vibración de 1055 y 1659  $cm^{-1}$  que corresponden a C-O y C=O respectivamente presenta un  $\Delta_T=15.6$  y para el sólido de síntesis las mismas bandas presentan un  $\Delta_T=8.8$  lo que implicaría que los grupos funcionales mencionados anteriormente, actúan en la reducción de la sal precursora.

Asimismo, se analizó mediante FT-IR del sobrenadante de reacción (**Figura 23**) para establecer posibles cambios en las bandas de vibración de los grupos funcionales del agente reductor. El espectro mostró un desplazamiento entre las bandas de C=O y C-O donde dichas bandas presentan un  $\Delta_T=6.4\%$  así como un incremento en la intensidad de los grupos (C=O) lo que confirma la oxidación de la materia orgánica y por lo tanto la reducción de la sal precursora. Con estos resultados se puede inferir que los grupos funcionales presentes en el material orgánico utilizado en la síntesis tienen efectos positivos como agente reductor frente a la sal de Pt.

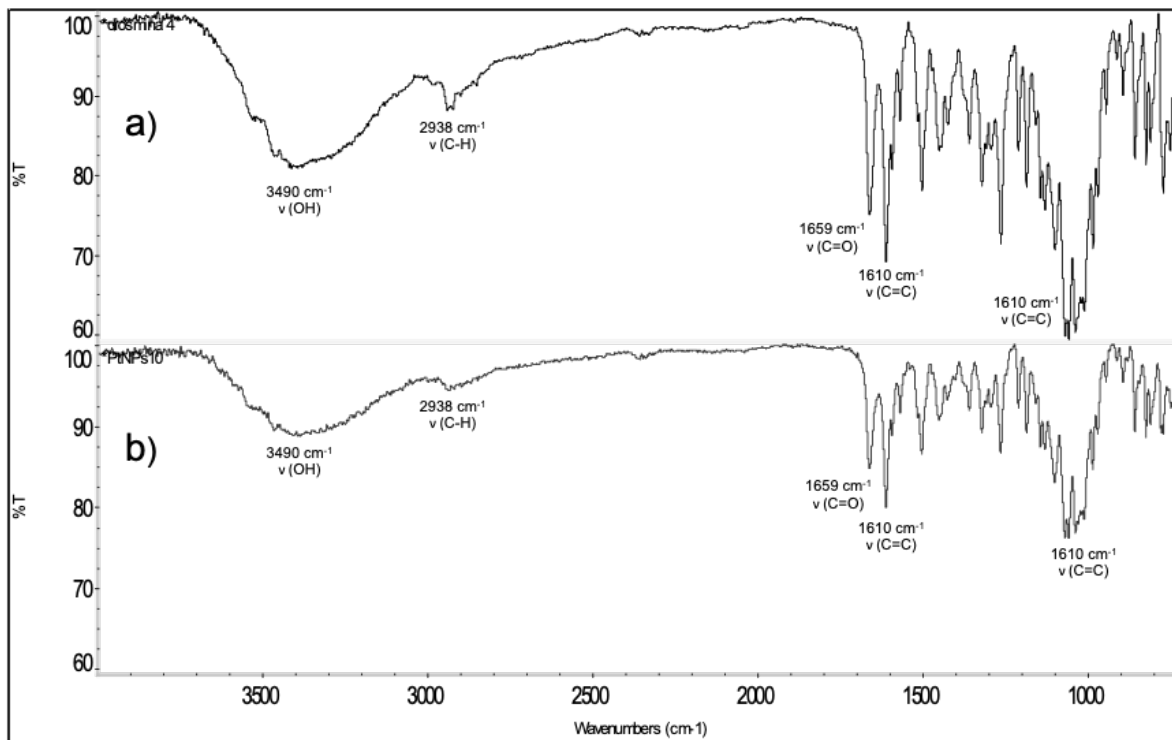


Figura 22. Espectros FT-IR (a) de diosmina y (b) PtNPs.

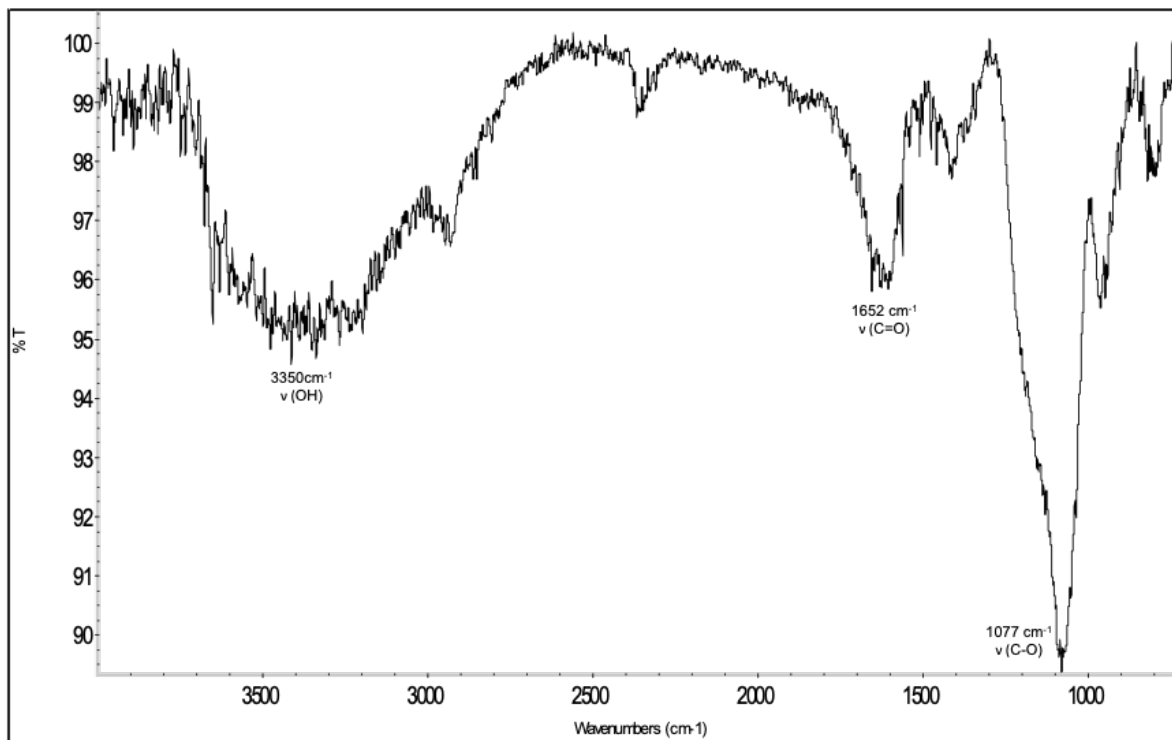
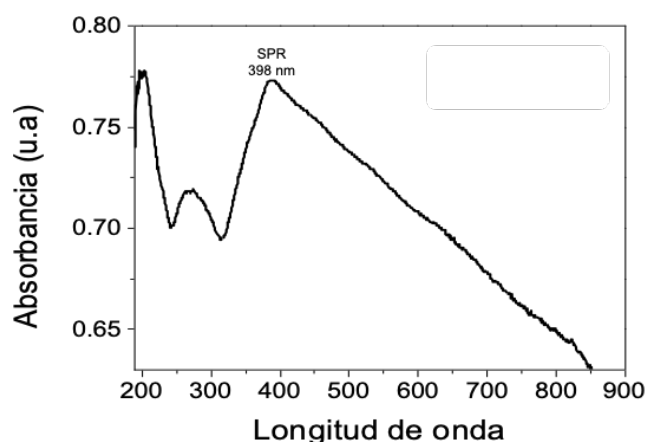


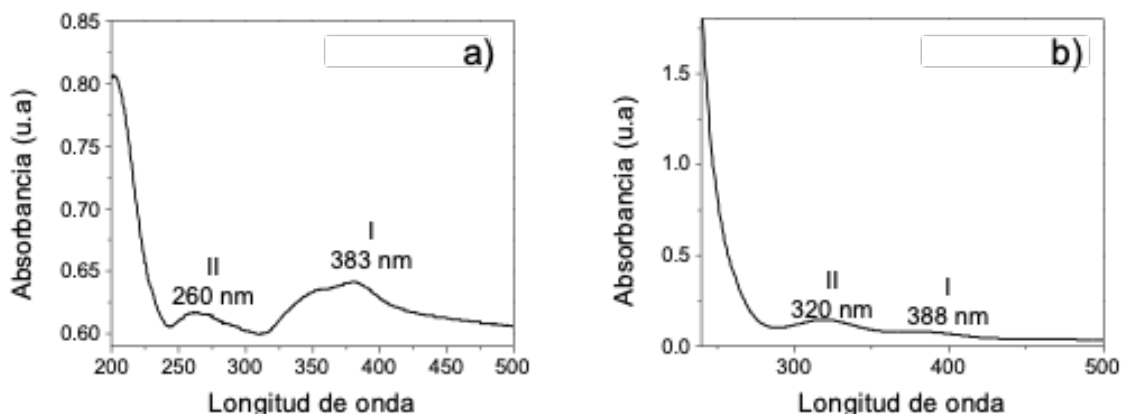
Figura 23. Espectro FT-IR del sobrenadante de reacción de las PtNPs.

Debido a que la reducción de iones de platino se puede definir mediante el cambio de coloración en la síntesis y mediante la técnica de espectroscopía de UV-vis. La **figura 24** muestra el espectro de UV-vis de la PtNPs. En donde se puede apreciar un ensanchamiento en la banda de absorción en 398 nm la cual es característica de la resonancia del plasmón superficial (SPR) correspondiente a las nanopartículas de Pt (Kim, *et al.*, 2011), indicando que las reacciones de reducción procedieron de manera positiva formando nanopartículas de platino. El ancho de banda se encuentra directamente relacionado a la concentración del extracto, tamaño y forma. Con lo anterior se puede confirmar que la diosmina (**1**) presentó buenas propiedades reductoras obteniendo material nanométrico



**Figura 24.** Espectro de UV-vis de las PtNPs.

Además se analizó el sobrenadante de reacción mediante espectroscopía UV-vis (**Figura 25**) el cual al ser comparado con el espectro de la diosmina (**1**) se observa que la banda de absorción I que corresponde al anillo B de la estructura se encuentra en 383 nm para la diosmina (**1**), mientras que para el sobrenadante se observa en 388 nm. Por otro lado, la banda de absorción II que corresponde al anillo A también presenta un desplazamiento ya que para la diosmina (**1**) se encuentra en 260 nm y para el sobrenadante en 320 nm. Por lo mencionado anteriormente se observa que las dos bandas presentan desplazamiento batocrómico en donde el cambio más significativo ocurrió en la banda II indicando una mayor conjugación en el anillo A por lo que se podría sugerir la coordinación del Pt, indicando que el OH en la posición 5 participa en el proceso redox.

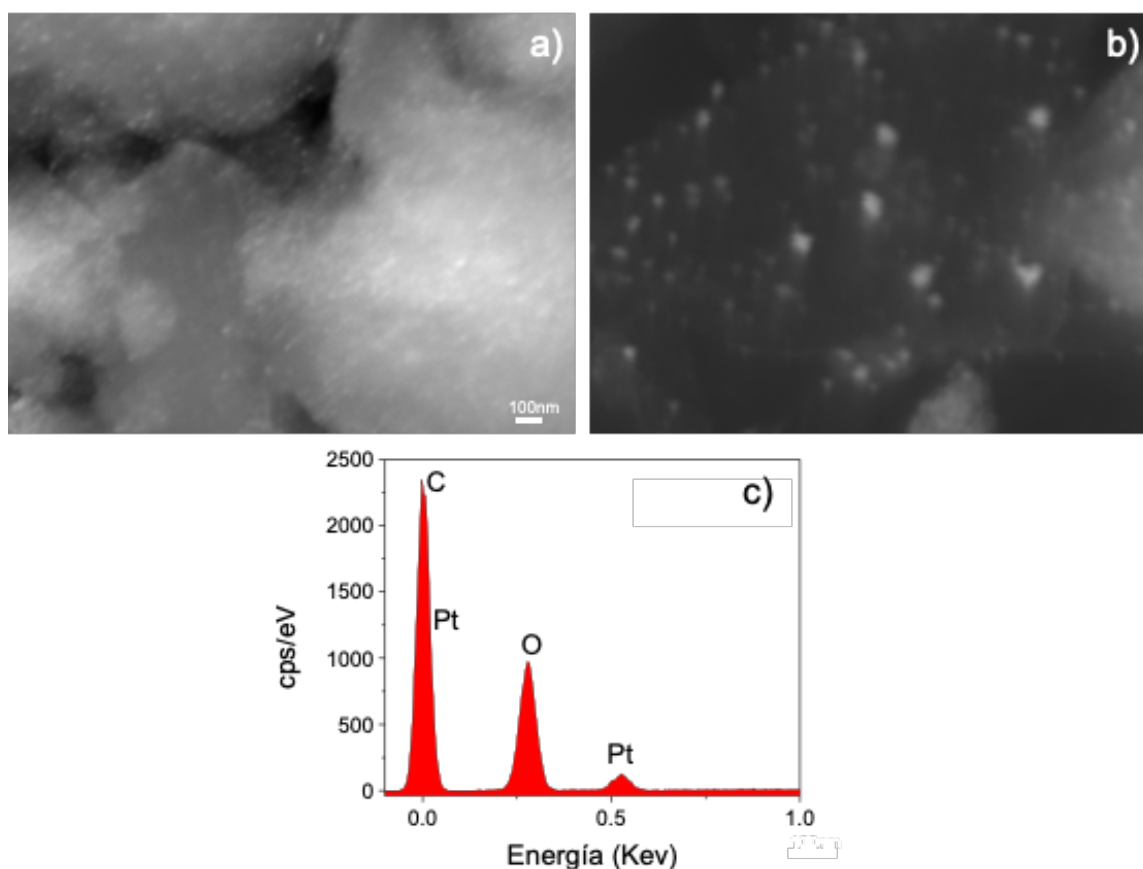


**Figura 25.** Espectros de UV-vis (a) la diosmina y (b) del sobrenadante de reacción.

Los resultados obtenidos fueron verificados mediante microscopía electrónica de barrido (MEB) utilizando la técnica LABE (Low-Angle Backscattered Electron) a diferentes magnificaciones. La **figura 26** (a) muestra la micrografía a una magnificación de 80,000X, donde se observa una cantidad considerable de puntos brillantes, lo que indica la presencia de una alta densidad de partículas sintetizadas. A simple vista, se puede apreciar que dichas partículas presentan una distribución de tamaños relativamente uniforme y una morfología esférica. No obstante, dado que la magnificación utilizada es baja, no se puede confirmar completamente esta observación.

Por otro lado, la **figura 26** (b) muestra la micrografía obtenida para la misma muestra a una magnificación de 100,000X, en la cual se midieron directamente algunas nanopartículas, encontrándose en un rango de tamaño de 16 a 48 nm, siguiendo la tendencia de la morfología cuasiesférica. Estos resultados concuerdan con el trabajo reportado por Mavukkandy *et al.*, (2016), quienes obtuvieron partículas de 35 nm utilizando extractos de hojas de *Lantana camara* para la reducción. En este contexto, se resalta la efectividad de la diosmina (**1**) como agente reductor y estabilizante, permitiendo confinar las nanopartículas metálicas dentro del rango nanométrico.

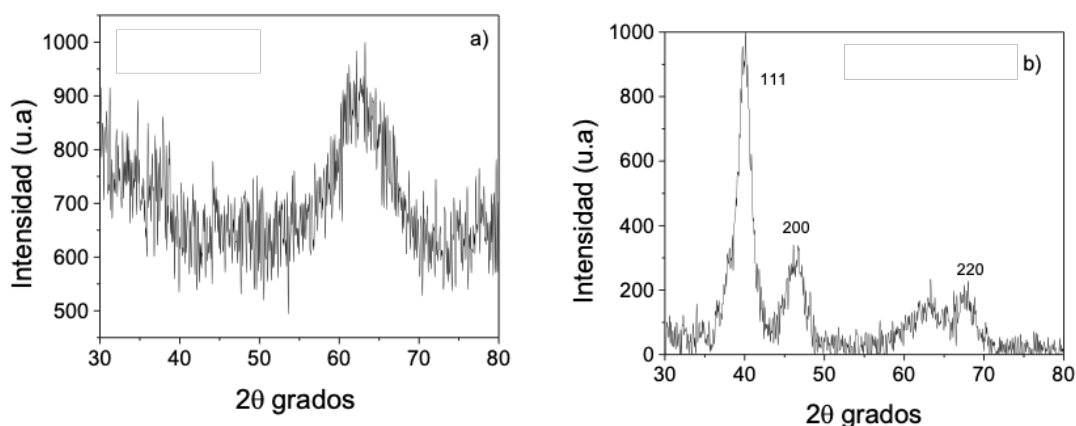
El análisis químico correspondiente de la muestra, realizado mediante espectroscopía de dispersión de energía (EDS), se muestra en la **figura 26** (c). En dicho análisis, se observan los elementos carbono y platino, lo cual concuerda con las partículas presentes en la micrografía, indicando que efectivamente están compuestas por estos elementos. La presencia significativa de oxígeno y carbono se atribuye al material orgánico, lo que permite determinar que las NPs se encuentran sobre el material orgánico utilizado para la síntesis. Además, se confirma la bioreducción de las nanopartículas de platino.



**Figura 26.** Micrografías de MEB (a) 80000 X, (b) 100000 X y (c) análisis químico EDS de PtNPs obtenidas usando diosmina como agente reductor.

Por otro lado, se realizó un análisis de difracción de rayos X de polvos (DRX) de polvos en muestras secas con el fin de determinar la estructura cristalina tanto de la diosmina (1)

como de las PtNPs. En la **figura 27** (a) se presenta el patrón de difracción de la diosmina (**1**), el cual revela una estructura amorfa. Por otro lado, la **figura 27** (b) muestra el patrón de difracción correspondiente a las PtNPs, exhibiendo picos intensos y anchos en el espectro de  $2\theta$ , que abarca desde  $20^\circ$  hasta  $80^\circ$ . Estos picos corresponden a los planos cristalinos con los índices de Miller (111), (200) y (220), los cuales se indexan de acuerdo con la tarjeta de referencia (00-001-1194). Este patrón sugiere que la mayor parte de la muestra consiste en una fase de platino puro. Sin embargo, se observa un pico adicional que no corresponde a ninguna fase identificada. Al compararlo con el patrón de difracción de la diosmina (**1**), este pico se puede atribuir a la diosmina (**1**) debido a la coincidencia en la posición del pico a  $62^\circ$ . En consecuencia, se concluye que las condiciones experimentales favorecen la formación de una fase cristalina compuesta durante la reacción.



**Figura 27.** Patrones de difracción de rayos-X de polvos (a) de diosmina y (b) PtNPs.

A través de la caracterización de la diosmina (**1**), se determinó en su composición estructural la presencia de grupos funcionales con propiedades antioxidantes, los cuales son capaces de actuar en bioprocesos como agentes reductores y estabilizantes. En este contexto, se logró la síntesis de nanopartículas metálicas mediante una ruta verde, utilizando una solución de la sal precursora  $K_2[PtCl_4]$  y, como agente reductor y estabilizante, el polifenol diosmina (**1**).

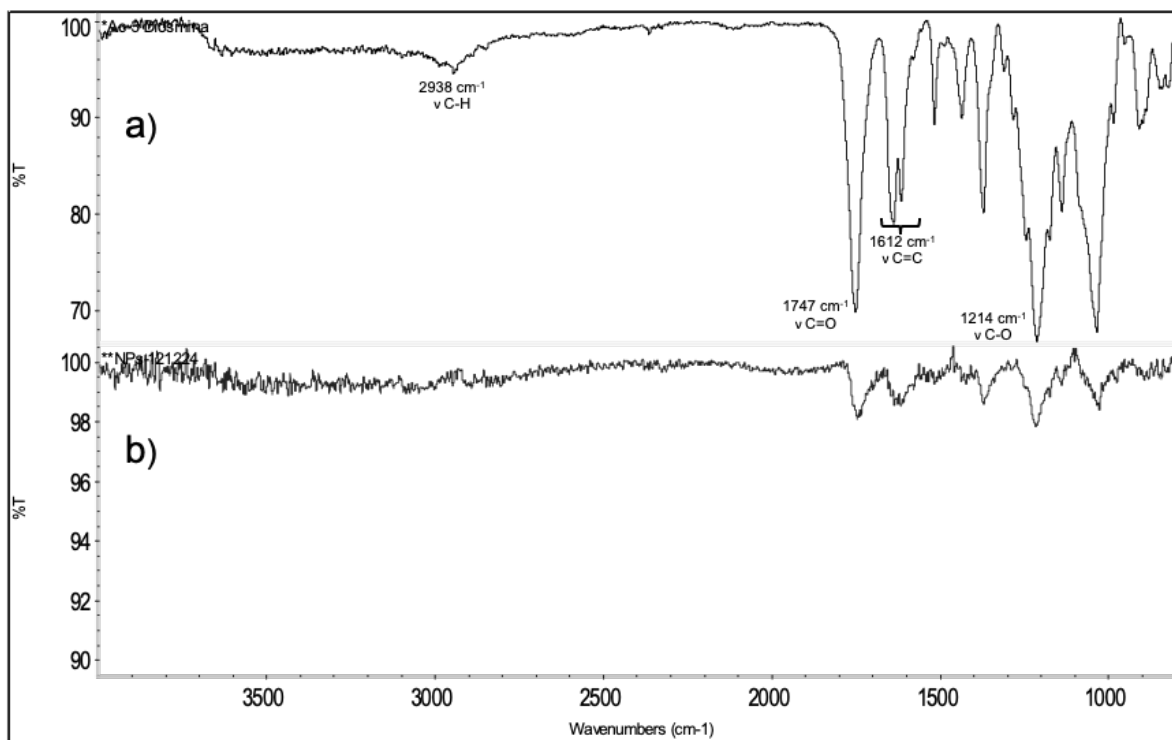
## 7.6 SÍNTESIS DE NANOPARTÍCULAS METÁLICAS EMPLEANDO EL DERIVADO PERACETILADO COMO AGENTE REDUCTOR.

Una vez establecidas las condiciones para la generación de las PtNPs con la diosmina (**1**), y con la finalidad de realizar el estudio de la reactividad de derivados de la diosmina (**1**), se utilizó la misma metodología, pero ahora usando el derivado peracetilado (**2**).

La síntesis se realizó diluyendo el peracetato de diosmina (**2**) a una concentración de 3.3 mM en 3 mL de MeOH, a los cuales se les añadió 22 mL de H<sub>2</sub>O. Posteriormente, se incorporó la sal precursora K<sub>2</sub>[PtCl<sub>4</sub>] a una concentración de 3 mM, disuelta en 25 mL de agua, alcanzando un volumen total de reacción de 50 mL. El pH de la mezcla se monitoreó, comenzando con un valor de 6. La mezcla se sometió a reflujo con agitación magnética. Transcurridos 15 minutos de reacción, se observó un cambio de color, lo que sugirió la reducción del metal, y el pH descendió a 2, lo cual indicó la hidrólisis de la materia orgánica.

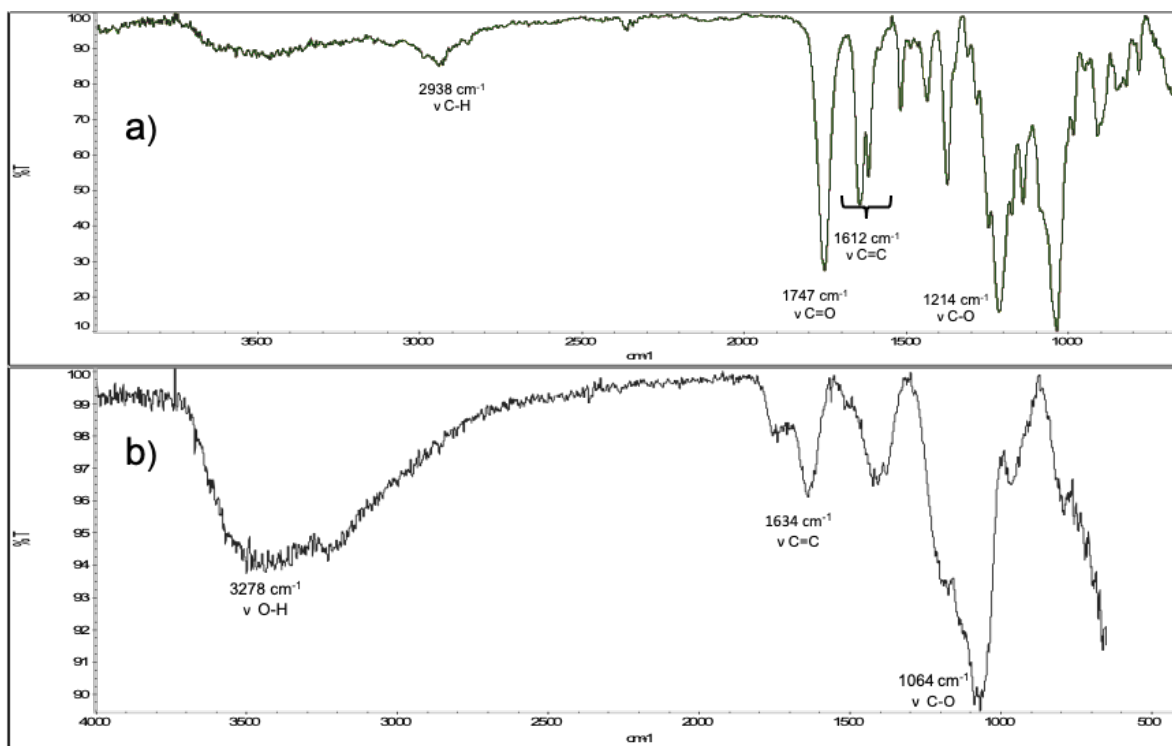
Después de 1 hora de reacción, se procedió a la extracción. El sólido obtenido se resuspendió en volúmenes de 50 mL de metanol y se sometió a sonicación. Posteriormente, se centrifugó a una velocidad de 12,000 rpm. Este procedimiento se repitió en 12 ciclos con el fin de eliminar posibles restos de sal precursora, material orgánico y subproductos generados durante la reacción redox.

El precipitado obtenido se analizó mediante espectroscopía de FT-IR (**Figura 28**) (b), y los resultados se compararon con los del derivado peracetilado (**2**) (**Figura 28**) (a). Se observó una disminución en la transmitancia de las bandas correspondientes a la materia orgánica, lo que indica que aún se conservan remanentes del compuesto orgánico. Además, los grupos funcionales presentes en el derivado **2** actuaron como agentes reductores frente al Pt(II) durante la síntesis.



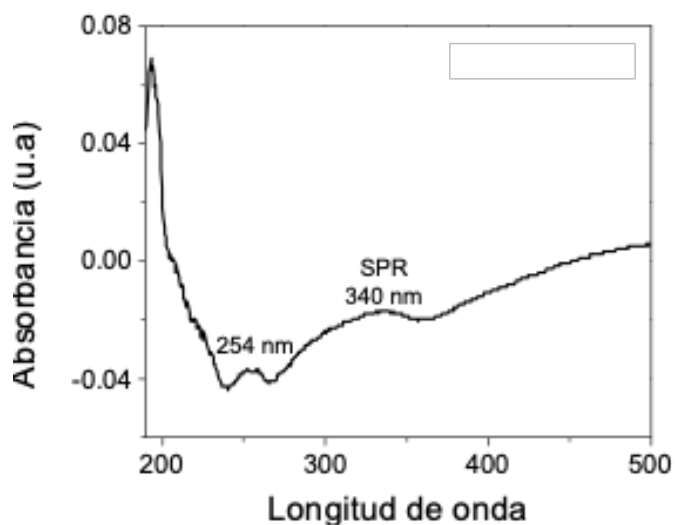
**Figura 28.** Espectros FT-IR (a) peracetato de diosmina y (b) PtNPs.

Asimismo, se analizó por espectroscopía FT-IR el sobrenadante de reacción (**Figura 29**) (b) para identificar posibles cambios en las bandas de vibración de los grupos funcionales de **2** (**Figura 29**) (a). El espectro mostró una banda de estiramiento a  $3278\text{ cm}^{-1}$  correspondiente a grupos (OH), a  $1634$  y  $1419\text{ cm}^{-1}$  para los enlaces C=O y C=C, respectivamente, y a  $1064\text{ cm}^{-1}$  para el grupo C-O. Estos resultados indican que la sal de platino actuó como ácido de Lewis, hidrolizando al peracetato de diosmina (**2**) para posteriormente, confirmar la oxidación de dicho compuesto al reducir el metal. Con base en lo anterior, se puede inferir que los grupos funcionales presentes en el material orgánico utilizado en la síntesis ejercen un efecto positivo como agentes reductores frente a la sal de Pt.



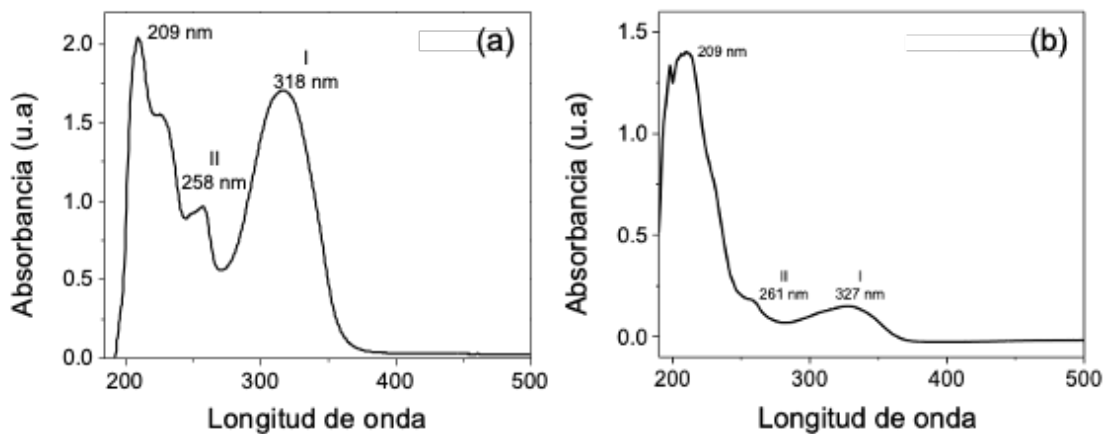
**Figura 29.** Espectro de FT-IR (a) del peracetato de diosmina (**2**) y (b) sobrenadante de reacción de las PtNPs.

Debido a que el cambio de color observado durante la síntesis indica la reducción del metal, el sólido obtenido se analizó mediante espectroscopía UV-vis. La **figura 30** muestra el espectro en el cual se aprecia una banda de absorción a 340 nm, característica de la resonancia del plasmón superficial (SPR) asociada a las PtNPs (Kim *et al.*, 2011). Este resultado sugiere que las reacciones de reducción procedieron de manera exitosa, formando nanopartículas. Con base en estos hallazgos, se puede confirmar que el derivado **2** presentó buenas propiedades reductoras frente al Pt(II).



**Figura 30.** Espectro de UV-vis de las PtNPs.

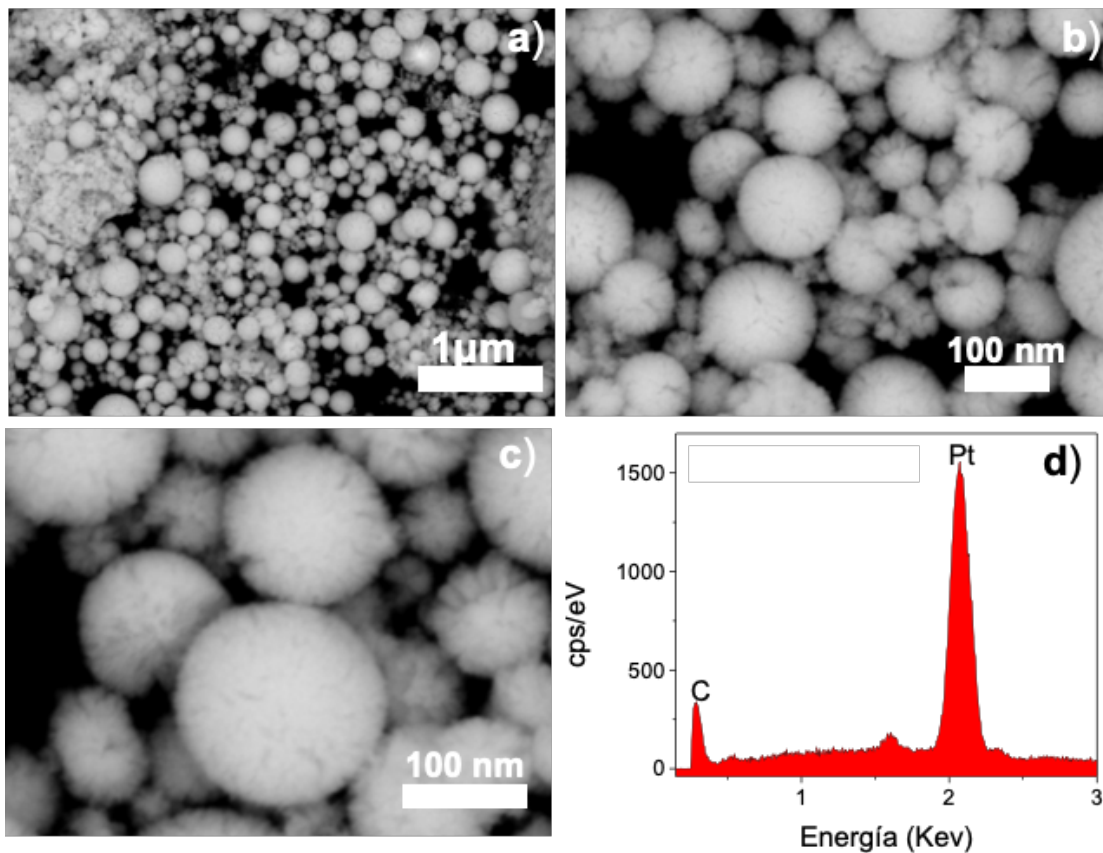
Asimismo, se analizó el sobrenadante de reacción mediante espectroscopía UV-vis (**Figura 31**) (a), el cual, al compararse con el espectro del derivado **2** (**Figura 31**) (b), mostró que la banda de absorción I, correspondiente al anillo B de la estructura, se encuentra a 318 nm, mientras que la banda II se observa en 258 nm para el peracetato de diosmina (**2**). En el caso del sobrenadante, se observa una absorción a 327 nm, la banda II se observa en 261 nm. Estos cambios sugieren un desplazamiento batocrómico en ambas bandas, lo cual podría deberse a una interacción con el platino.



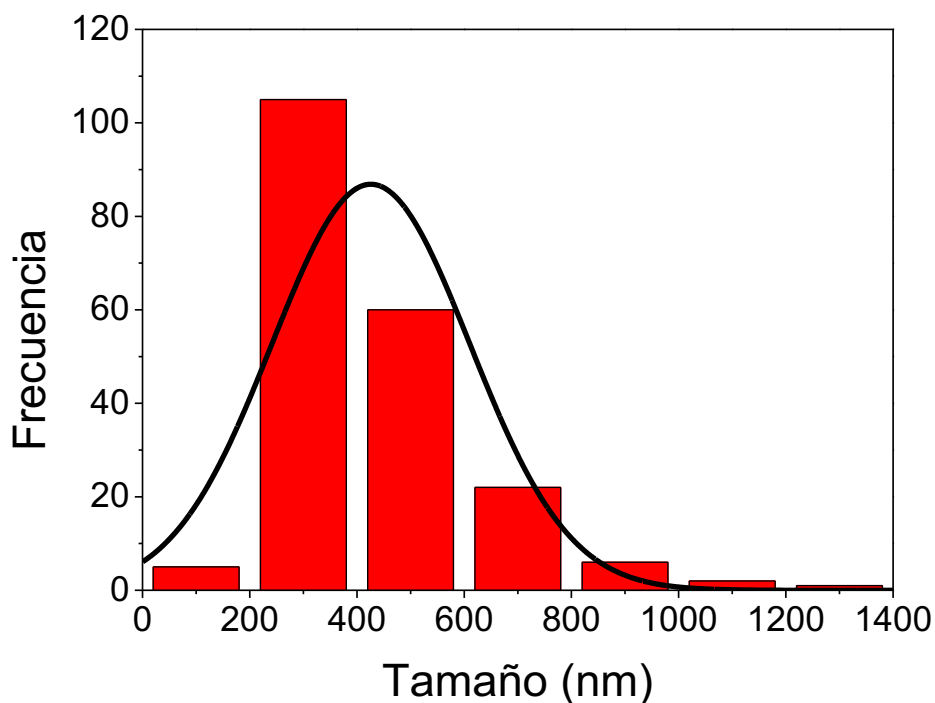
**Figura 31.** Espectros de UV-Vis (a) del peracetato de diosmina y (b) del sobrenadante de reacción.

Estos resultados fueron verificados mediante MEB donde la **figura 32** (a) muestra una imagen representativa de las nanopartículas de platino obtenidas a una magnificación de 10,000X, la cual presentó buenas características al ser analizada mediante UV-Vis. En la micrografía se observa una cantidad considerable de partículas con una distribución de tamaños variada y una morfología esférica. Por otro lado, la ampliación a 40,000X (**Figura 32**) (b) sugiere que la mayoría del material supera los 100 nm. La ampliación a 80,000X (**Figura 32**) (c) permite observar que las micropartículas están formadas por material nanométrico, el cual, mediante un proceso de autoensamblaje, logró un ordenamiento esférico. Este fenómeno podría haberse producido debido a la falta de equilibrio entre las cantidades de agente reductor-estabilizador y sal precursora (Chávez, 2021). En este contexto, se confirma la efectividad del peracetato de diosmina (**2**) como agente reductor frente a la sal de Pt(II); sin embargo, se destaca su limitada capacidad como agente estabilizante, dado que se obtuvieron tamaños superiores a los 100 nm. En la **figura 32** (d) se presenta un análisis químico por espectroscopía de dispersión de energía (EDS), en el cual se observa una alta intensidad en la señal correspondiente al platino (Pt), lo que concuerda con las partículas presentes en la micrografía, indicando que efectivamente están compuestas por este elemento. La presencia de carbono se atribuye al material orgánico utilizado en la síntesis. Además, este análisis confirma la bio-reducción de las partículas de platino.

La **figura 33** presenta el histograma de distribución del tamaño de partícula de Pt determinado a partir de las imágenes MEB, se muestra una variación del tamaño, encontrándose en el rango de 100 a 700 nm con un diámetro promedio de 400 nm.



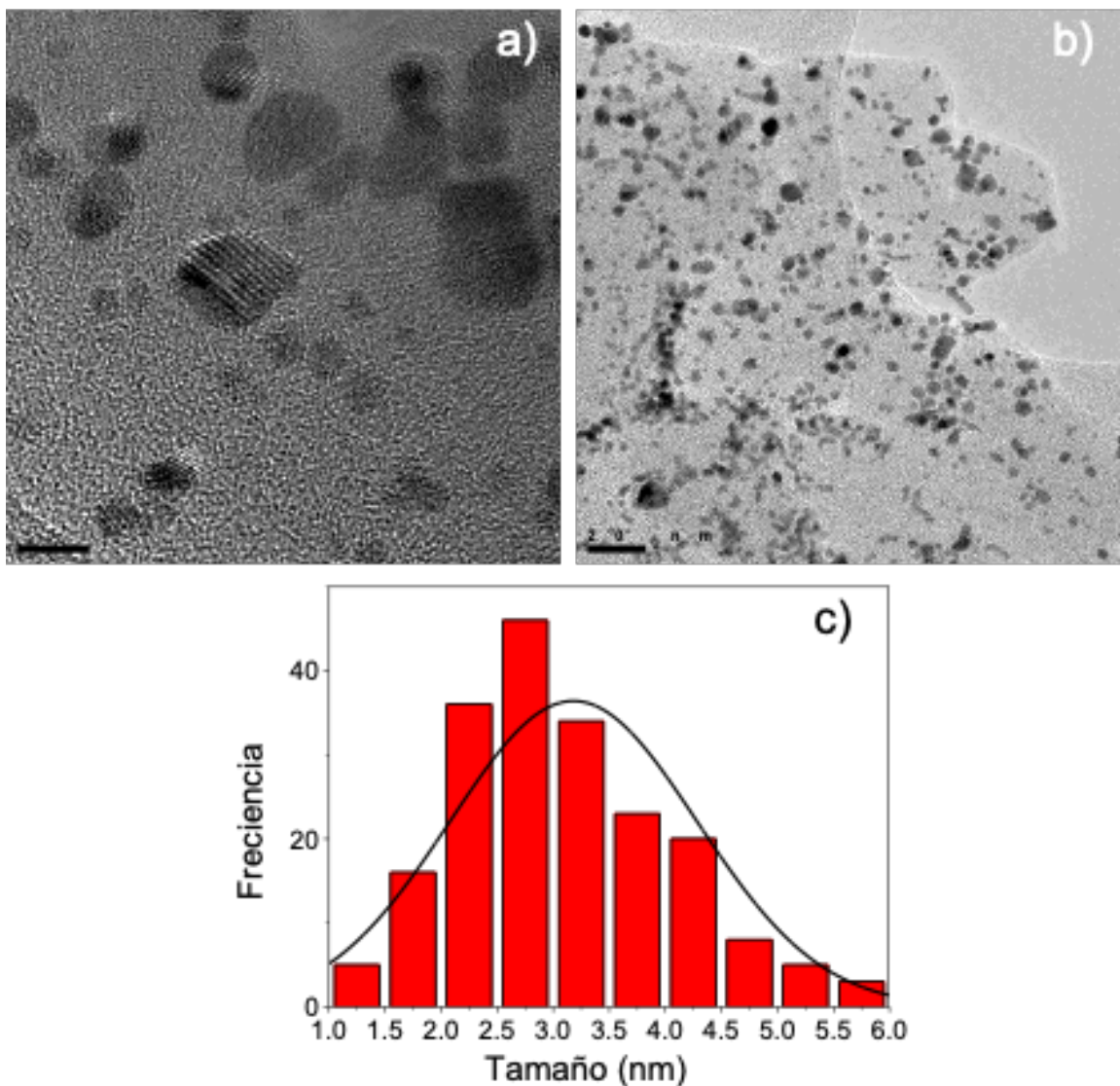
**Figura 32.** Micrografías de MEB (a) 10,000 X, (b) 40,000 X, (c) 80,000 X, y (d) análisis químico EDS de partículas de Pt obtenidas usando peracetato de diosmina como agente reductor.



**Figura 33.** Distribución de tamaño de las micropartículas de Pt<sup>0</sup>.

A través de la microscopía electrónica de transmisión (MET) se analizó la muestra, lo que permitió confirmar la presencia de material nanométrico con una morfología esférica (**Figura 34**) (a) y (b). Además, se presenta el histograma de distribución del tamaño de PtNPs (**Figura 34**) (c), determinado a partir de las imágenes obtenidas por MET. El análisis muestra una variación en el tamaño de las nanopartículas, encontrándose en el rango de 1.5 a 6 nm, con un diámetro promedio de 3 nm.

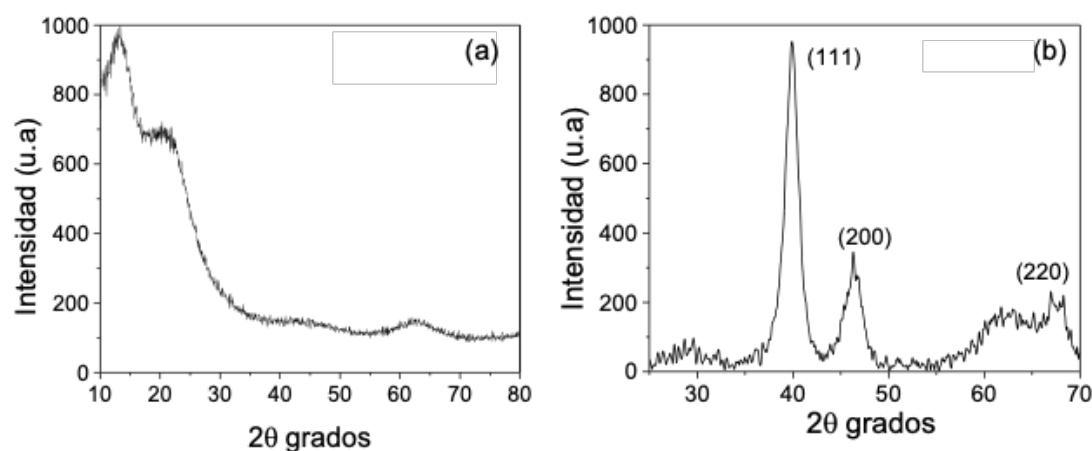
Con esta información, podemos determinar que, efectivamente, las micropartículas observadas mediante MEB están formadas por autoensamblaje de material nanométrico. Además que según el tamaño observado, el material se encuentra dentro del rango de los puntos cuánticos.



**Figura 34.** Micrografías de MET (a) y (b) de las PtNPs, y (c) su respectivo histograma de distribución de tamaño.

Por otro lado, se realizó un análisis de difracción de rayos X de polvos (DRX) en muestras secas con el objetivo de determinar la estructura cristalina tanto del peracetato de diosmina (2) como de las micropartículas de platino. En la **figura 35** (a) se presenta el patrón de difracción del peracetato de diosmina (2), el cual muestra una estructura predominantemente amorfa. En contraste, la **figura 35** (b) muestra una ampliación del patrón de difracción correspondiente a las micropartículas de platino, que exhibe picos intensos y anchos en el espectro de  $2\theta$ , que abarca desde  $20^\circ$  hasta  $80^\circ$ . Estos picos

corresponden a los planos cristalinos con los índices de Miller (111), (200) y (220), los cuales se indexan de acuerdo con la tarjeta de referencia (99-102-61-86). Este patrón sugiere que la mayor parte de la muestra está compuesta por platino en su fase pura. En consecuencia, se concluye que las condiciones experimentales favorecen la formación de una fase cristalina durante la reacción.



**Figura 35.** Patrones de difracción de rayos-X de polvos (a) del peracetato y (b) PtNPs.

Los resultados antes descritos sugieren que los grupos funcionales -OH, ausentes en el derivado peracetilado **2**, no juegan un papel fundamental en la estabilización de las partículas, lo que impide el confinamiento del material por debajo de los 100 nm, pero favorece la formación de micropartículas.

## **7.7 SÍNTESIS DE NANOPARTÍCULAS METÁLICAS EMPLEANDO DIOSMETINA (3) COMO AGENTE REDUCTOR.**

Las mismas condiciones de reacción fueron empleadas ahora con el derivado **3**. Por lo que la síntesis se llevó a cabo diluyendo la diosmetina (**3**) a 3.3 mM en 25 mL de H<sub>2</sub>O, y se sometió a calentamiento y agitación constante para favorecer su solubilidad. Posteriormente, se adicionó al medio de reacción la sal precursora K<sub>2</sub>[PtCl<sub>4</sub>], también a 3.3 mM, disuelta en 25 mL de H<sub>2</sub>O, obteniendo un volumen total de 50 mL.

Durante la reacción, se monitoreó el pH, que comenzó en 6. Al cabo de 30 minutos, se observó un cambio de color, lo que sugirió la reducción del metal, y el pH descendió a 5, indicando la ausencia de la porción glucósido. Una vez concluida la reacción, se aplicó el proceso de extracción empleado en los casos anteriores. El sólido obtenido se resuspendió en volúmenes de 50 mL de H<sub>2</sub>O y se sometió a sonicación. Posteriormente, se centrifugó a 12,000 rpm. Este proceso se repitió 12 veces con el fin de eliminar posibles remanentes de la sal precursora, material orgánico y subproductos generados durante la reacción redox.

El sólido obtenido fue analizado mediante espectroscopía FT-IR (**Figura 36**), y los resultados se compararon con los de la diosmetina (**3**). Se observó que ambas presentaron las mismas bandas de vibración sin desplazamientos considerables, lo que permitió determinar la presencia de materia orgánica, mostrando vibraciones a 3050, 2938, 1659, 1610 y 1055 cm<sup>-1</sup>, correspondientes a los grupos (-OH), (C-H), (C=O), (C=C) y (C-O), respectivamente, los cuales son característicos del agente reductor. A partir de estos datos, se calculó el %T y ΔT, encontrando diferencias significativas. En el caso de la diosmetina, entre las bandas de vibración de 1055 y 1659 cm<sup>-1</sup>, correspondientes a C-O y C=O respectivamente, se obtuvo un ΔT de 8.5, mientras que para el sólido de síntesis, las mismas bandas mostraron un ΔT de 12.66. Estos resultados sugieren un cambio en la materia orgánica, lo que indicaría la participación de los grupos funcionales mencionados en la reducción de la sal precursora, así como en la oxidación de la materia orgánica.

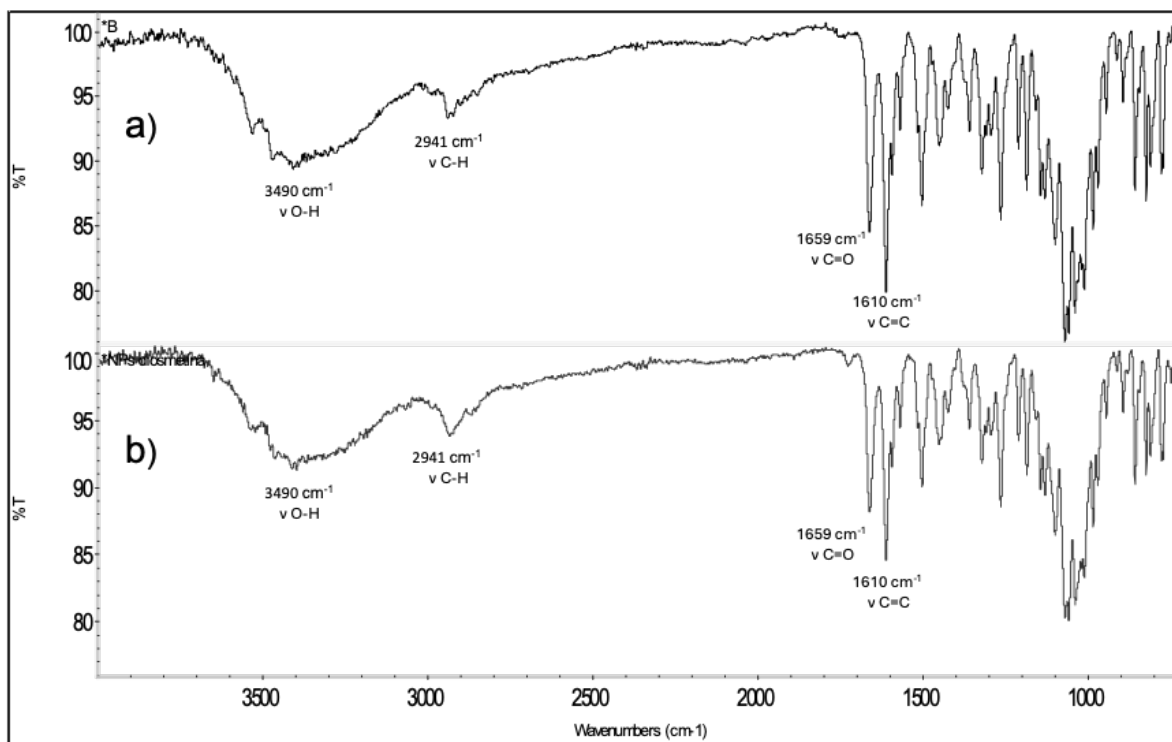


Figura 36. Espectros FT-IR (a) de diosmetina y (b) PtNPs.

De igual manera, se analizó por espectroscopía FT-IR el sobrenadante de reacción (**Figura 37**) para detectar posibles cambios en las bandas de vibración de los grupos funcionales de **3**. El espectro mostró un estiramiento a  $3372\text{ cm}^{-1}$ , correspondiente a los grupos (OH), y a  $1593$  y  $1057\text{ cm}^{-1}$  para C=O y C-O, respectivamente. Estas bandas presentaron un  $\Delta T$  de 4.1%, lo que confirmaría la oxidación de la materia orgánica y, por lo tanto, la reducción de la sal precursora. Con estos resultados, se puede inferir que los grupos funcionales presentes en el material orgánico utilizado en la síntesis tienen efectos positivos como agente reductor frente a la sal de Pt.

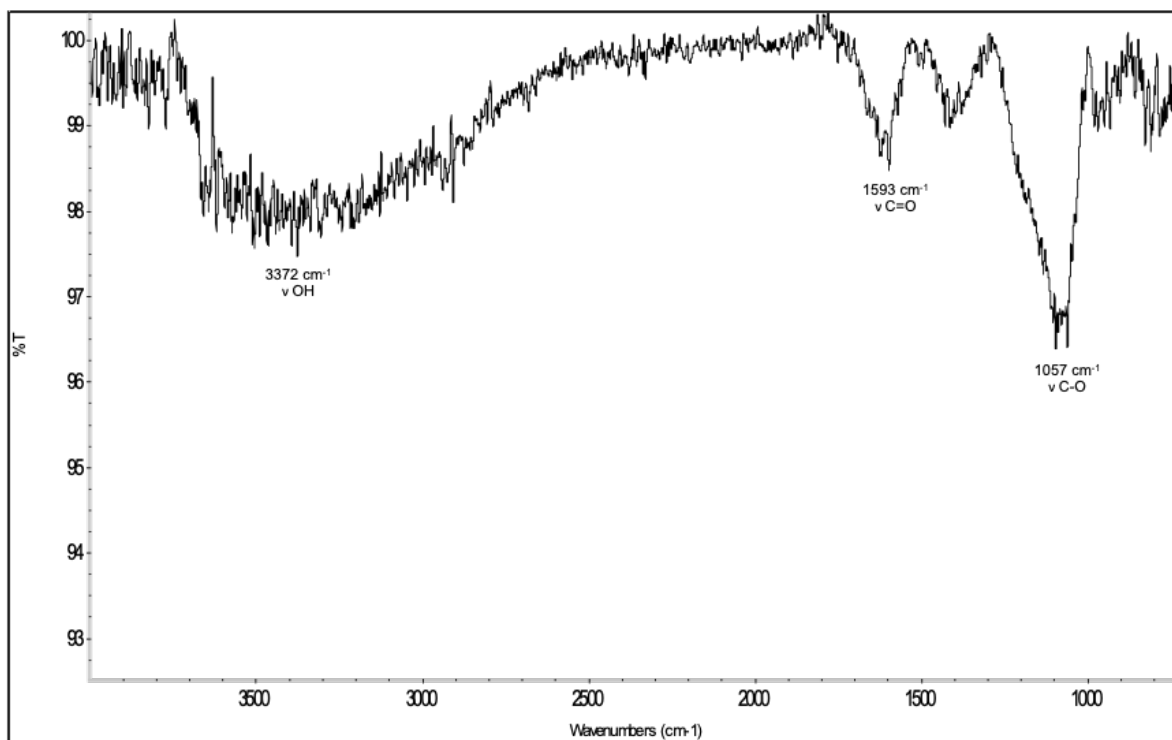
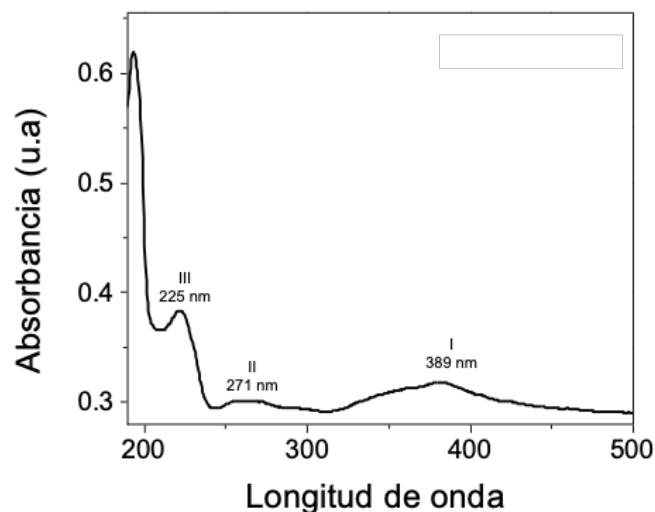


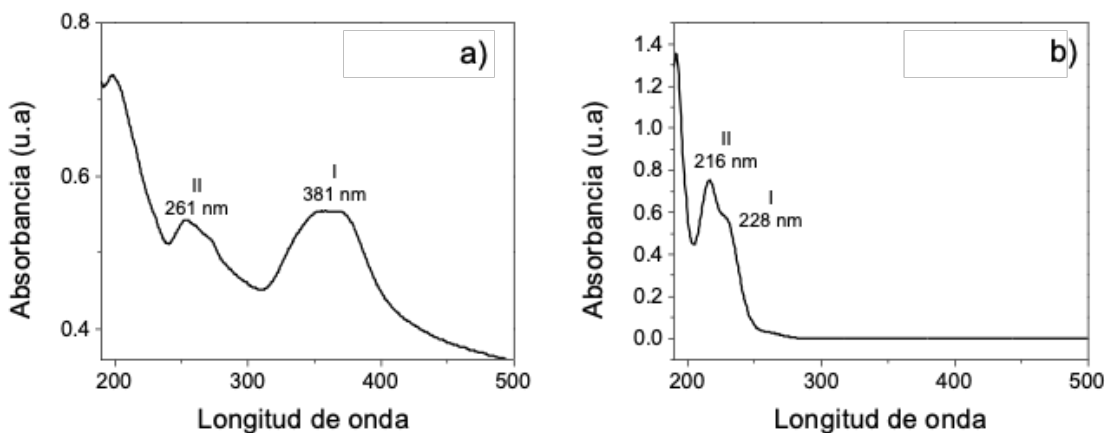
Figura 37. Espectros FT-IR del sobrenadante de reacción de las PtNPs.

Debido a que el cambio de color observado durante la síntesis indica la reducción del metal, se analizó el sólido obtenido mediante espectroscopía UV-Vis. La **figura 38** muestra el espectro, en el cual se aprecian diferentes bandas de absorción, algunas de ellas correspondientes a la diosmetina. Sin embargo, también se presenta una banda de absorción a 225 nm, característica de la resonancia del plasón superficial (SPR) de las nanopartículas de Pt (Kim et al., 2011), lo que indica que la síntesis procedió de manera positiva, confirmada por la presencia de material nanométrico. Con estos resultados, se puede confirmar que la diosmetina (**3**) presentó buenas propiedades reductoras frente al Pt(II).



**Figura 38.** Espectro de UV-Vis de las PtNPs.

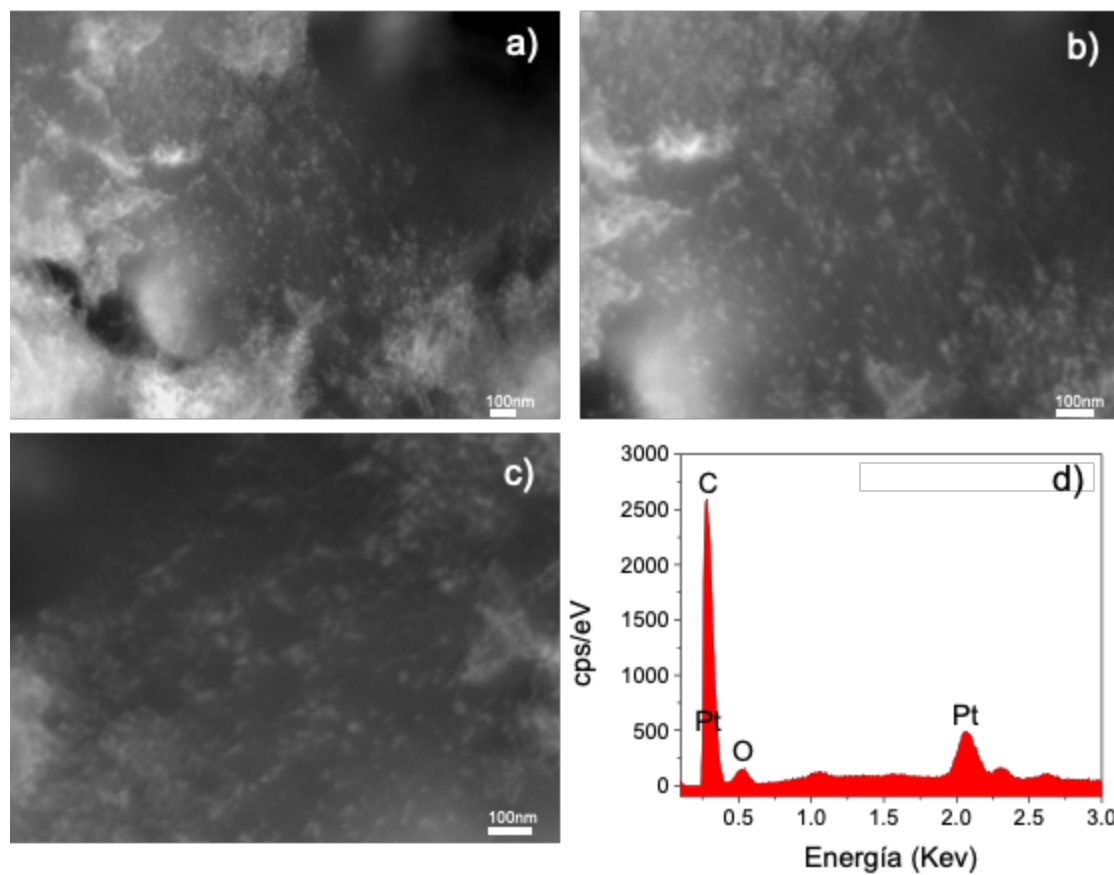
Además, se analizó el sobrenadante de la reacción por espectroscopía UV-vis (**Figura 39**) (b), y al compararlo con la diosmetina (**3**) (**Figura 39**) (a), se observó un desplazamiento hipsocrómico en las bandas de absorción. Específicamente, las bandas presentes a 381 y 261 nm desaparecieron y fueron desplazadas en el sobrenadante (**Figura 35**) (b) a 228 y 216 nm. Este fenómeno podría estar relacionado con la interacción del metal, lo que sugiere una posible coordinación de la materia orgánica con el Pt.



**Figura 39.** Espectros de UV-Vis de la diosmetina (a) y del sobrenadante de reacción (b).

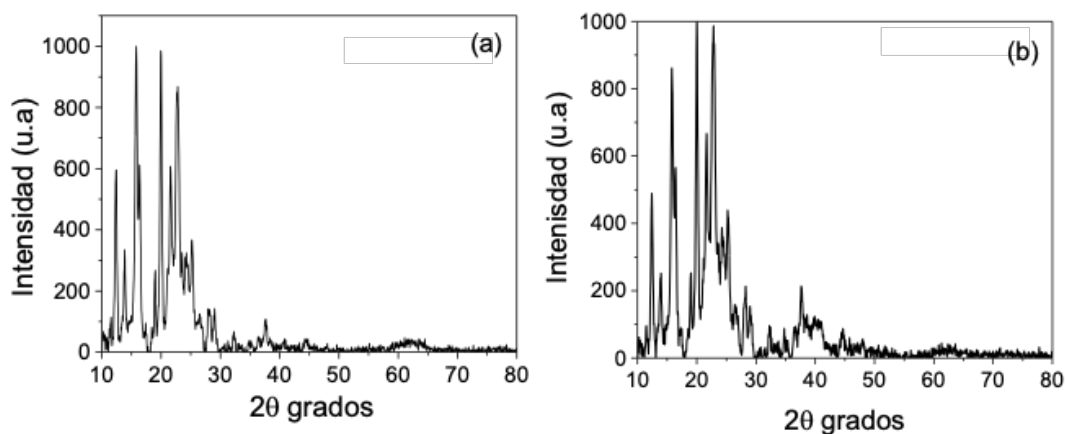
Estos resultados se verificaron mediante microscopía electrónica de barrido utilizando la técnica LABE (Low-Angle Backscattered Electron) a diferentes magnificaciones. La **figura 40** (a) muestra la micrografía a 50,000X, donde se observa una alta densidad de puntos brillantes correspondientes a las PtNPs sintetizadas. En las micrografías con ampliaciones de 80,000X (**Figura 40**) (b) y 100,000X (**Figura 40**) (c), se observa una distribución homogénea de partículas; sin embargo, es difícil determinar su morfología y el tamaño de las mismas. De acuerdo con los resultados obtenidos mediante UV-Vis, la presencia de la banda de resonancia de plasmón superficial (SPR) a 225 nm sugiere un tamaño de partícula de aproximadamente 25 nm, según lo reportado por Kim et al. en 2011.

El análisis químico de la muestra, realizado mediante espectroscopía de dispersión de energía (EDS), se presenta en la **figura 40** (d). En este análisis, se observa la presencia de carbono y platino, lo que coincide con las partículas observadas en la micrografía, indicando que están compuestas por estos elementos. Además, se detecta una alta concentración de carbono, lo que sugiere que el material orgánico está adherido a las PtNPs. Esto se debe a la baja solubilidad de la diosmetina, lo que hace complejo su eliminación. Con estos resultados, se confirma la reducción del Pt(II), lo que da lugar a la formación de PtNPs.



**Figura 40.** Micrografías de MEB a (a) 50000 X, (b) 80000 X, (c) 100000 X y (d) su análisis EDC de nanopartículas de Pt obtenidas usando diosmetina como agente reductor.

Además, se realizó un análisis de difracción de rayos X de polvos (DRX) en muestras secas para determinar la estructura cristalina tanto de la diosmetina (**3**) como de las PtNPs. En la **figura 41** (a) se presenta el patrón de difracción de la diosmetina, que revela una estructura cristalina bien definida. Por otro lado, la **figura 41** (b) muestra el patrón de difracción correspondiente a las PtNPs, el cual exhibe los mismos picos intensos que el patrón de la materia de partida. Este resultado sugiere que la mayor parte de la muestra está compuesta por materia orgánica, y que las condiciones en las que se midió la muestra podrían haber dificultado la identificación de la fase del Pt.



**Figura 41.** Patrones de difracción de rayos-X (a) de la diosmetina y (b) PtNPs.

Estos resultados sugieren que, aunque la porción glucosídica ausente en el derivado **3** no es esencial para la reducción del metal ni para la estabilización de las partículas, sí desempeña un papel importante, ya que el derivado **3** presenta baja solubilidad, lo que dificulta tanto la síntesis como los lavados adecuados de las PtNPs y el posterior análisis de la misma.

## 8. CONCLUSIONES

En este estudio, se comprobó que la diosmina (**1**) posee grupos funcionales con propiedades antioxidantes que favorecen su acción como agente reductor y estabilizante durante la síntesis de nanopartículas de platino (PtNPs) mediante una ruta verde. Al emplear la sal precursora  $K_2[PtCl_4]$  junto con la diosmina (**1**) como agente redox se logró una reducción eficiente de Pt(II), lo cual se verificó mediante espectroscopía UV-Vis, al observarse el patrón característico de resonancia plasónica superficial (SPR) que confirma la formación de PtNPs. Este resultado fue respaldado por los análisis realizados con microscopía electrónica de barrido (MEB) y microscopía electrónica de transmisión (MET), los cuales revelaron la presencia de nanopartículas de platino con tamaños en el rango de los 100 nm, lo que demuestra la eficacia de la diosmina como agente redox.

La derivatización de la diosmina mediante esterificación (derivado **2**) permitió estudiar su capacidad reductora y estabilizante en el proceso de síntesis de PtNPs. Aunque los grupos

funcionales -OH no resultaron indispensables para la estabilización de las nanopartículas, sí influyeron en la formación de micropartículas de aproximadamente 400 nm, sugiriendo que la ausencia de esta porción glucosídica (como en el derivado **2**) favorece la formación de partículas más grandes, lo que limita la obtención de nanopartículas con tamaños inferiores a 100 nm. Estos resultados destacan la importancia de los grupos funcionales en la estabilización y el control del tamaño de las partículas.

Por otro lado, la hidrólisis ácida de la diosmina (derivado **3**) permitió la formación de nanopartículas de platino con tamaños inferiores a 100 nm, como se evidenció en los análisis de MEB. Sin embargo, la baja solubilidad del derivado **3** dificultó el proceso de lavado de las nanopartículas y complicó su posterior análisis. A pesar de esto, la reducción de Pt(II) fue igualmente exitosa, lo que sugiere que la porción glucosídica no es esencial para la reducción y estabilización, pero sí facilita la solubilidad y la posterior manipulación de las PtNPs. Esto resalta la importancia de optimizar la solubilidad de los derivados en futuras investigaciones para mejorar tanto la síntesis como el análisis de los productos nanométricos.

En conjunto, estos resultados no solo demuestran que la diosmina y sus derivados pueden ser utilizados como agentes reductores y estabilizantes en la síntesis de nanopartículas de platino, sino que también proporcionan información sobre cómo las modificaciones estructurales de la diosmina afectan el tamaño, la distribución y la estabilidad de las nanopartículas formadas. Estos hallazgos abren nuevas perspectivas para el diseño de procesos más eficientes en la síntesis de nanopartículas mediante rutas verdes, con aplicaciones potenciales en campos como la biomedicina, la catálisis y la remediación ambiental. La optimización de las condiciones de síntesis, incluyendo la manipulación de la solubilidad de los precursores, será clave para mejorar el rendimiento de estos materiales en aplicaciones prácticas.

## **9. PARTE EXPERIMENTAL**

## **9.1. Generalidades**

Caracterización de los productos de reacción por técnicas de espectroscopía y microscopía:

Los espectros de FT-IR fueron obtenidos en un espectrofotómetro Thermo Scientific modelo Nicolet iS10 empleando la técnica de ATR. Los datos se expresan en números de onda ( $\nu \text{ cm}^{-1}$ ) para los máximos principales de absorción.

Los espectros de Resonancia Magnética Nuclear de  $^1\text{H}$  y de  $^{13}\text{C}$  se midieron en un equipo Varian Mercury plus 400, a 400 MHz y 100 MHz, respectivamente, usando  $\text{DMSO-}d_6$  y  $\text{CDCl}_3$  como disolventes y tetrametilsilano (TMS) como referencia interna. Los espectros fueron procesados en el software MestReNova.

Los espectros UV-Vis que se midieron en un equipo Thermo Scientific 10S UV-Vis usando  $\text{H}_2\text{O}$  y  $\text{MeOH}$  como disolvente y como referencia interna.

La microscopía electrónica de barrido (MEB) se realizó en un equipo JEOL modelo JSM-7600F FEG-SEM usando la técnica LBE (low-angle backscatter electron) a diferentes magnificaciones

Por último DRX donde las muestras fueron colocadas en un portamuestras y corridas en un rango angular  $2\theta$  de 20 hasta  $80^\circ$ .

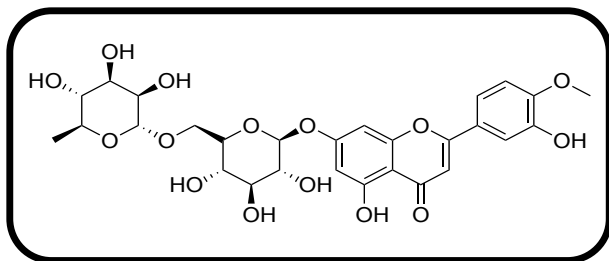
Los puntos de fusión se determinaron en un aparato Fisher-Scientific y no están corregidos.

## **9.2. Reactivos y disolventes**

La sal de  $\text{K}_2[\text{PtCl}_4]$  fue adquirida de manera comercial.

Los disolventes utilizados durante el proceso fueron destilados en el laboratorio.

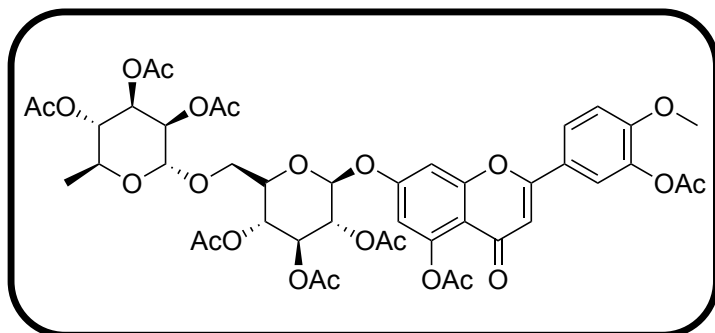
### 9.3. Diosmina



La diosmina (**1**) se obtuvo a partir de tabletas de 600 mg. Lotes de 3 tabletas se pulverizaron y se les agregó 56 mL de solución de hidróxido de sodio 0.5 M, se agitó durante 2 horas a

temperatura ambiente, una vez transcurrido el tiempo se dejó en reposo durante 12 horas. La solución se decantó para recuperar el sólido que fue llevado a agitación y diluído con 120 mL de agua destilada donde se llevó a un pH de 7 añadiendo gota a gota ácido clorhídrico 1.2 M. De este proceso, se obtuvo 1.3 g de un sólido color blanco que fue filtrado y lavado con agua destilada, con peso molecular 608.55 g/mol y punto de descomposición de 278-280 °C. RMN de  $^1\text{H}$  (300 MHz,  $\text{DMSO-}d_6$ )  $\delta$  en ppm: 7.56 (1H, *dd*,  $J_o = 2.3$  Hz,  $J_o = 9.0$  Hz, H-6'), 7.43 (1H, *d*,  $J_o = 2.3$  Hz, H-2'), 7.12 (1H, *d*,  $J = 8.7$  Hz, H-5'), 6.75 (1H, *d*,  $J = 2.1$  Hz, H-8), 6.45 (1H, *d*,  $J = 2.1$  Hz H-6), 5.06 (1H, *d*,  $J = 7.2$  Hz H-1''), 4.53 (1H, *d*,  $J = 1.2$  Hz H-1'''), 3.86 (3H, *s*,  $\text{OCH}_3$ ), 3.82 (1H, *s*, H-6''), 3.65-3.10 (7H, *m*, H-2'', H-3'', H-6'', H-3''', H-5''', H-5'', H-2'''), 1.06 (3H, *d*,  $J = 6.2$  Hz,  $\text{CH}_3$ ); RMN de  $^{13}\text{C}$  (100 MHz,  $\text{DMSO-}d_6$ )  $\delta$  en ppm: 182.42 (C-4), 164.61 (C-7), 163.38 (C-2), 161.69 (C-5), 157.40 (C-9), 151.83 (C-4'), 147.27 (C-3'), 123.36 (C-1'), 119.28 (C-6'), 113.63 (C-2'), 112.68 (C-5'), 105.95 (C-10), 104.32 (C-3), 100.93 (C-1'''), 100.31 (C-1''), 100.04 (C-6), 95.23 (C-8), 76.72 (C-3''), 76.03 (C-5''), 73.56 (C-2''), 72.48 (C-4''), 71.21 (C-4''), 70.78 (C-2'''), 70.04 (C-3'''), 68.78 (C-5'''), 66.53 (C-6''), 56.27 ( $\text{OCH}_3$ ), 18.31 ( $\text{CH}_3$ ); IR ( $\nu$ ,  $\text{cm}^{-1}$ ): (O-H) 3490, (C-H) 2938, (C=O) 1659, (C=C) 1610 y (O-H) 1055.

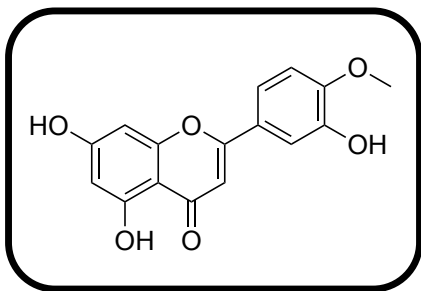
#### 9.4. Peracetato de diosmina (2)



El peracetato de diosmina (2) se obtuvo pesando 0.8 g de diosmina a los que se les agregó 3 mL de piridina y 3 mL de anhídrido acético, se llevó a baño maría y agitación

constante durante 6 horas. Transcurrido el tiempo de reacción se realizó la extracción con 30 mL de  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  vertiendo el crudo de reacción a un embudo de separación realizando 4 lavados en el siguiente orden: 30 mL de HCl 10% (4 × 30 mL), 30 mL de  $\text{H}_2\text{O}$  (4 × 30 mL), 30 mL de solución saturada de  $\text{NaHCO}_3$  (4 × 30 mL), y 30 mL de  $\text{H}_2\text{O}$  (4 × 20 mL). La fase orgánica se secó con  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  anhidro y se evaporó a presión reducida en rotavapor. El crudo de reacción (0.5 g) se purificó en cromatografía en columna, obteniendo 0.118 mg de un sólido color amarillo con peso molecular de 944.85 g/mol y un punto de fusión de 135-137 °C, RMN de  $^1\text{H}$  (300 MHz,  $\text{CDCl}_3$ )  $\delta$  en ppm: 7.72 (1H, *dd*,  $J_o = 2.3$  Hz,  $J_o = 9.0$  Hz, H-6'), 7.56 (1H, *d*,  $J_o = 2.3$  Hz, H-2'), 7.08 (1H, *d*,  $J = 8.8$  Hz, H-5'), 6.96 (1H, *d*,  $J = 2.4$  Hz, H-8), 6.65 (1H, *d*,  $J = 2.4$  Hz H-6), 6.51 (1H, *s*, H-3) 5.37-5.15 (6H, *m*, H-1'' H-2'', H-3'', H-4'', H-3''', H-4''') 5.05-4.97 (1H, *m*, H-6'') 3.91(3H,*s*, 4'-OCH<sub>3</sub>) 3.85-3.80 (2H, *m*, H-5'',H-6'á), 3.70-3.65 (1H, *m*, H-6''b), 2.43 (3H, *s*, COCH<sub>3</sub>), 2.36 (3H, *s*, COCH<sub>3</sub>), 2.17 (3H, *s*, COCH<sub>3</sub>), 2.09-2.02 (16H, *m*, COCH<sub>3</sub>), 1.92 (3H, *s*, COCH<sub>3</sub>), 1.15 (3H,*d*,  $J = 6.2$  Hz, CH<sub>3</sub>) RMN de  $^{13}\text{C}$  (100 MHz,  $\text{CDCl}_3$ )  $\delta$  en ppm: 176.29 (C-4), 170.21 (CO, Ac), 170.01 (CO, Ac), 169.92 (CO, Ac), 169.83 (CO, Ac), 169.67 (CO, Ac), 169.41 (CO, Ac), 169.21 (CO, Ac), 168.79 (CO, Ac), 161.52 (C-7), 159.83 (C-5), 158.31 (C-2), 154 (C-4), 150.76 (C-9), 140.08 (C-3') 125.43 (C-1'), 123.83 (C-6'), 120.98, 112.77 (C-5'), 112.52 (C-2'), 109.05 (C-3), 107.53, 102.33 (C-10), 98.06 (C-6, C-1'''), 97.80 (C-8, C-1''), 73.45 (C-5''), 72.37 (C-3''), 70.90 (C-2''), 70.89 (C-4''), 70.79 (C-4'''), 69.32 (C-2'''), 68.90 (C-3'''), 68.63 (C-6'''), 66.72 (C-5'''), 56.14 (OCH<sub>3</sub>), 21.10 (CH<sub>3</sub>, Ac), 20.79 (CH<sub>3</sub>, Ac), 20.73 (CH<sub>3</sub>, Ac), 20.64 21.10 (3, CH<sub>3</sub>, Ac), 17.30 (CH<sub>3</sub>); IR ( $\nu$ ,  $\text{cm}^{-1}$ ): (O-C=O) 1634, (C=O) y 1612, (C=C).

### 9.5. Diosmetina (3)



Un lote de 100 mg de flavona glicosilada diosmina, se disolvió en 10 mL de EtOH, seguidamente se agregó ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) concentrado (5 gotas) y la mezcla de reacción se mantuvo en agitación constante por 6 horas a temperatura de reflujo. Transcurrido el tiempo se agregó agua destilada al medio de reacción para precipitar la aglicona correspondiente. El producto se filtró al vacío y fue lavado con agua destilada, obteniendo 48 mg de un sólido de color amarillo con peso molecular de 300.27 g/mol que presentó un punto de fusión de 256-260 °C. IR ( $\nu$ ,  $cm^{-1}$ ): (O-H) 3490, (C-H) 2938, (C=O) 1659, (C=C) 1610 y (O-H) 1055.

### 9.6. NPs con diosmina

La síntesis se realizó disolviendo diosmina (1) a una concentración de 3.3 mM en 25 mL de agua, la cual se agitó y calentó para facilitar su disolución. A continuación, se añadió la sal precursora  $K_2[PtCl_4]$ , también a 3.3 mM, disuelta en 25 mL de agua, alcanzando un volumen total de 50 mL. El pH de la reacción se monitoreó, comenzando en un valor de 6. Transcurridos 20 minutos, se observó un cambio de color y una disminución del pH a 3, lo que indicó la reducción del metal. Después de 1 hora, no se produjeron más cambios, por lo que se procedió con la extracción del producto. El sólido obtenido se resuspendió en agua y se sometió a ultrasonido, seguido de centrifugación a 12,000 rpm. Este proceso se repitió 12 veces con el fin de eliminar posibles restos de sal, material orgánico residual y subproductos. Finalmente, el producto de reacción fue analizado mediante técnicas físicas, espectroscópicas, microscópicas y de rayos X de polvo para su caracterización.

### **9.7. NPs con peracetato de diosmina**

La síntesis se realizó disolviendo peracetato de diosmina (2) a una concentración de 3 mM en 3 mL de metanol, al que se añadieron 22 mL de agua. Posteriormente, se incorporó la sal precursora  $K_2[PtCl_4]$  a 3 mM, disuelta en 25 mL de agua, alcanzando un volumen total de 50 mL. El pH de la mezcla se monitoreó, comenzando en un valor de 6, y la mezcla se sometió a reflujo con agitación magnética. Después de 15 minutos de reacción, se observó un cambio de color, lo que indicó la reducción del metal, y el pH descendió a 2, señalando la hidrólisis de la materia orgánica. Al cabo de 1 hora de reacción, se procedió a la extracción del producto. El sólido obtenido se resuspendió en 50 mL de metanol y se sometió a ultrasonido, seguido de centrifugación a 12,000 rpm. Este proceso se repitió 12 veces para eliminar posibles restos de sal precursora, material orgánico residual y subproductos generados durante la reacción redox. Finalmente, el producto de reacción fue analizado mediante técnicas físicas, espectroscópicas, microscópicas y de rayos X de polvo para su caracterización.

### **9.8. NPs con diosmetina**

La síntesis se realizó disolviendo diosmetina (3) a 3.3 mM en 25 mL de agua, la cual se calentó y agitó constantemente para mejorar su solubilidad. A continuación, se añadió la sal precursora  $K_2[PtCl_4]$ , también a 3.3 mM y disuelta en 25 mL de agua, alcanzando un volumen total de 50 mL. Durante la reacción, se monitoreó el pH, que comenzó en 6. Después de 30 minutos, se observó un cambio de color que sugirió la reducción del metal, y el pH descendió a 5, lo que indicó la ausencia de la porción glucósido. Al concluir la reacción, se llevó a cabo el proceso de extracción. El sólido obtenido se resuspendió en 50 mL de agua y se sometió a ultrasonido, seguido de centrifugación a 12,000 rpm. Este proceso se repitió 12 veces para eliminar posibles restos de sal precursora, material orgánico residual y subproductos de la reacción redox. Finalmente, el producto de reacción fue analizado mediante técnicas físicas, espectroscópicas, microscópicas y de rayos X de polvo para su caracterización.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

- Adegboyega, N. F., et al. "Interactions of Aqueous Ag<sup>+</sup> with Fulvic Acids: Mechanisms of Silver Nanoparticle Formation and Investigation of Stability." *Environmental Science and Technology*, vol. 47, 2013, pp. 757–764.
- Ahmed, S., Ahmad, M., Swami, B. L., & Ikram, S. "A Review on Plants Extract Mediated Synthesis of Silver Nanoparticles for Antimicrobial Applications: A Green Expertise." *Journal of Advanced Research*, vol. 7, 2016, pp. 17–28.
- Ahmadi, T. S., Wang, Z. L., Green, T. C., Henglein, A., & El-Sayed, M. A. "Science." *Science*, vol. 272, 1996, pp. 1924-1925.
- Ahmed, S., et al. "Nanotechnology: Current Applications and Future Scope in Food." *Food Frontiers*, vol. 2, 2021, pp. 3-22.
- Banne, S.V., Patil, M.S., Kulkarni, R.M., and Patil, S.J. "Synthesis and Characterization of Silver Nanoparticles for EDM Applications." *Materials Today*, vol. 4, 2017, pp. 12054-12060.
- Barreca, D., Laganà, G., Bruno, G., Magazù, S., & Bellocco, E. Diosmin binding to human serum albumin and its preventive action against degradation due to oxidative injuries. *Biochimie*, 95(11), 2013, 2042-2049.
- Bolade, Oladotun P., Akan B. Williams, and Nsikak U. Benson. "Green Synthesis of Iron-Based Nanomaterials for Environmental Remediation: A Review." *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 2020, Article 100279.
- Brewer, M. S. "Natural Antioxidants: Sources, Compounds, Mechanisms of Action, and Potential Applications." *Comprehensive Reviews in Food Science and Technology*, vol. 10, 2011, pp. 221-247.
- Burlacu, Ema, et al. "A Review of Bark-Extract-Mediated Green Synthesis of Metallic Nanoparticles and Their Applications." *Molecules*, vol. 24, no. 23, 2019, Article 4354.
- Casal-Beiroa, P. "Síntesis de Nanopartículas con Propiedades Adsorbentes Mediante Métodos de Química Sostenible." 2015.
- Cheong, S., Watt, J. D., & Tilley, R. D. "Nanoscale." *Nanoscale*, vol. 2, 2010, pp. 2045-2053.

- Cuvelier, M. E., Richard, H., & Berset, C. "Comparison of the Antioxidative Activity of Some Acid-Phenols: Structure–Activity Relationship." *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, vol. 56, 1992, pp. 324-325.
- Das, R.K., Pachapur, V.L., Lonappan, L., Naghdi, M., Pulicharla, R., Maiti, S., Cledon, M., Dalila, L.M.A., Sarma, S.J., and Brar, S.K. "Biological Synthesis of Metallic Nanoparticles: Plants, Animals and Microbial Aspects." *Nanotechnology and Environmental Engineering*, vol. 2, 2017, pp. 1-21.
- Eluri, R., and Paul, B. "Synthesis of Nickel Nanoparticles by Hydrazine Reduction: Mechanistic Study and Continuous Flow Synthesis." *Journal of Nanoparticle Research*, vol. 14, 2012, pp. 1-14.
- Fahmy, Heba Mohamed, et al. "Review of Green Methods of Iron Nanoparticles Synthesis and Applications." *BioNanoScience*, vol. 8, no. 2, 2018, pp. 491-503.
- Feldo, M., Woźniak, M., Wójciak-Kosior, M., Sowa, I., Kot-Waśik, A., Aszyk, J., & Bogucka-Kocka, A. Influence of diosmin treatment on the level of oxidative stress markers in patients with chronic venous insufficiency. *Oxidative medicine and cellular longevity*, (2018).
- Gardea-TorresdeY, J. L., et al. "XAS Investigations into the Mechanism(s) of Au(III) Binding and Reduction by Alfalfa Biomass." *Microchemical Journal*, vol. 71, no. 2, 2002, pp. 193-204.
- Greenwood, N. N., and Earnshaw, A. *Chemistry of the Elements*. 2nd ed., Elsevier, 2012, pp. 1201-1208.
- Gupta, R., and Xie, H. "Nanoparticles in Daily Life: Applications, Toxicity and Regulations." *Journal of Environmental Pathology, Toxicology and Oncology*, vol. 37, 2018, pp. 209-230.
- Horowitz, R. "Flavonoids of Citrus. I. Isolation of Diosmin from Lemons (Citrus limon)." *The Journal of Organic Chemistry*, vol. 21, no. 10, 1956, pp. 1184-1185.
- Hong, J. W., Kim, Y., Kwon, Y., Han, S. W. "Chem. Asian J." *Chem. Asian J.*, vol. 11, 2016, pp. 2224-2239.
- Hua, S., De Matos, M.B., Metselaar, J.M., and Storm, G. "Current Trends and Challenges in the Clinical Translation of Nanoparticulate Nanomedicines: Pathways for Translational Development and Commercialization." *Frontiers in Pharmacology*, vol. 9, 2018, p. 790.


- Huang, Jiale, et al. "Nanotechnology." *Nanotechnology*, vol. 18, 2007, Article 105104.
- Huwait, E., and Mobashir, M. "Papeles Potenciales y Terapéuticos de Diosmin en las Enfermedades Humanas." *Biomedicina*, vol. 10, no. 5, 2022, Article 1076.
- Kim, Kwan, et al. "Surface-Enhanced Raman Scattering of 4-Aminobenzenethiol in Nanogaps Between a Planar Ag Substrate and Pt Nanoparticles." *The Journal of Physical Chemistry C*, vol. 115, no. 27, 2011, pp. 13223–13231.
- Kalaiarasi, R., et al. "Phytosynthesis of Nanoparticles and Its Applications." *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology*, vol. 11, 2010, pp. 1-16.
- Khan, M. A. R., Al Mamun, M. S., & Ara, M. H. "Review on Platinum Nanoparticles: Synthesis, Characterization, and Applications." *Microchemical Journal*, vol. 171, 2021, Article 106840.
- Liguori, P. F., et al. "Non-Classical Anticancer Agents: Synthesis and Biological Evaluation of Zinc(II) Heteroleptic Complexes." *The Royal Society of Chemistry*, vol. 39, 2010, pp. 4205-4212.
- Maurer-Jones, M.A., Gunsolus, I.L., Murphy, C.J., and Haynes, C.L. "Toxicity of Engineered Nanoparticles in the Environment." *Analytical Chemistry*, vol. 85, 2013, pp. 3036-3049.
- Monge, M. "Nanopartículas de Plata: Métodos de Síntesis en Disolución y Propiedades Bactericidas." *Investigación Química*, vol. 33-41, 2009.
- Moraes Teixeira, L. C. D. "Nanopartículas de Oro y Platino Estabilizadas por Thionas N-Heterocíclicas y Aplicaciones Catalíticas." 2018.
- Ndiaye, Edouard Mbarick, et al. "Secondary Metabolites and Antioxidant Activity of Different Parts of the Baobab Fruit (*Adansonia Digitata* L.)." *Food and Nutrition Sciences*, vol. 12, no. 7, 2021, pp. 732-741.
- Pandey, G., Singh, S., and Hitkari, G. "Synthesis and Characterization of Polyvinyl Pyrrolidone (PVP)-Coated Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Nanoparticles by Chemical Co-Precipitation Method and Removal of Congo Red Dye by Adsorption Process." *International Nano Letters*, vol. 8, 2018, pp. 111-121.
- Pandey, R.K., and Prajapati, V.K. "Molecular and Immunological Toxic Effects of Nanoparticles." *International Journal of Biological Macromolecules*, vol. 107, 2018, pp. 1278-1293.

- Prakash, Dhan, and Neeraj Kumar. "Cost Effective Natural Antioxidants." *Nutrients, Dietary Supplements, and Nutraceuticals*, edited by Joe K. Gerald, Ronald Ross Watson, and Victor R. Preedy, Humana Press, 2011, pp. 163-187.
- Sahu, N., et al. "Synthesis of Silver Nanoparticles Using Flavonoids: Hesperidin, Naringin, and Diosmin, and Their Antibacterial Effects and Cytotoxicity." *International Nano Letters*, vol. 6, 2016, pp. 173-181.
- Sajid, M., & Płotka-Wasyłka, J. "Nanoparticles: Synthesis, Characteristics, and Applications in Analytical and Other Sciences." *Microchemical Journal*, vol. 154, 2020, Article 104623.
- Shalkami, A. S., Hassan, M., & Bakr, A. G. "Actividad Antiinflamatoria, Antioxidante y Antiapoptótica de la Diosmina en la Colitis Ulcerosa Inducida por el Ácido Acético." *Human and Experimental Toxicology*, vol. 37, 2017, pp. 78-86.
- Shamaila, Sajjad, et al. "Advancements in Nanoparticle Fabrication by Hazard Free Eco-Friendly Green Routes." *Applied Materials Today*, vol. 5, 2016, pp. 150-159.
- Sheoran, S., Arora, S., Singh, H., Kumar, A., Vuree, S., Vancha, H., & Pawar, S. C. Characterisation, development and validation of UV Spectrophotometric technique for determining Diosmetin in bulk and nanoformulations. *Results in Chemistry*, 5, (2023).
- Sun, C., Shu, K., Wang, W., Ye, Z., Liu, T., Gao, Y., Zheng, H., He, G., & Yin, Y. "Encapsulation and Controlled Release of Hydrophilic Pesticide in Shell Cross-Linked Nanocapsules Containing Aqueous Core." *International Journal of Pharmaceutics*, vol. 463, no. 1, 2014, pp. 108-114.
- Tan, Y., Dai, X., Li, Y., and Zhu, D. "Preparation of Gold, Platinum, Palladium and Silver Nanoparticles by the Reduction of Their Salts with a Weak Reductant—Potassium Bitartrate." *Journal of Materials Chemistry*, vol. 13, 2003, pp. 1069-1075.
- Thakkar, K.N., Mhatre, S.S., and Parikh, R.Y. "Biological Synthesis of Metallic Nanoparticles." *Nanomedicine*, vol. 6, 2010, pp. 257-262.
- Tiwari, J. N., Tiwari, R. N., & Kim, K. S. "Zero-Dimensional, One-Dimensional, Two-Dimensional and Three-Dimensional Nanostructured Materials for Advanced Electrochemical Energy Devices." *Progress in Materials Science*, vol. 57, 2012, pp. 724-803.
- Vance, M.E., Kuiken, T., Vejerano, E.P., McGinnis, S.P., Hochella, M.F., Jr., Rejeski, D., and Hull, M.S. "Nanotechnology in the Real World: Redeveloping the Nanomaterial

Consumer Products Inventory." *Beilstein Journal of Nanotechnology*, vol. 6, 2015, pp. 176.

# Jacob Esaú González Hernández

## Estudio de la Reactividad de Derivados de Diomina para la Obtención de Nanopartículas de Platino

 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

### Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::3117:459188826

Fecha de entrega

14 may 2025, 10:16 a.m. GMT-6

Fecha de descarga

14 may 2025, 11:59 a.m. GMT-6

Nombre de archivo

Componentes de la competitividad de las exportaciones de zarzamora al mercado estadounidense....docx

Tamaño de archivo

4.1 MB

71 Páginas




13.610 Palabras

72.946 Caracteres

# 32% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

## Top Sources

- 30%  Internet sources
- 15%  Publications
- 0%  Submitted works (Student Papers)

## Integrity Flags

### 0 Integrity Flags for Review

No suspicious text manipulations found.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

# Formato de Declaración de Originalidad y Uso de Inteligencia Artificial

Coordinación General de Estudios de Posgrado  
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo



A quien corresponda,

Por este medio, quien abajo firma, bajo protesta de decir verdad, declara lo siguiente:

- Que presenta para revisión de originalidad el manuscrito cuyos detalles se especifican abajo.
- Que todas las fuentes consultadas para la elaboración del manuscrito están debidamente identificadas dentro del cuerpo del texto, e incluidas en la lista de referencias.
- Que, en caso de haber usado un sistema de inteligencia artificial, en cualquier etapa del desarrollo de su trabajo, lo ha especificado en la tabla que se encuentra en este documento.
- Que conoce la normativa de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, en particular los Incisos IX y XII del artículo 85, y los artículos 88 y 101 del Estatuto Universitario de la UMSNH, además del transitorio tercero del Reglamento General para los Estudios de Posgrado de la UMSNH.

<b>Datos del manuscrito que se presenta a revisión</b>		
<b>Programa educativo</b>	<b>MAESTRIA EN CIENCIAS QUÍMICAS</b>	
<b>Título del trabajo</b>	<b>ESTUDIO DE LA REACTIVIDAD DE DERIVADOS DE DIOSMINA PARA LA OBTENCIÓN DE NANOPARTÍCULAS DE PLATINO</b>	
	<b>Nombre</b>	<b>Correo electrónico</b>
<b>Autor/es</b>	<b>JACOB ESAU GONZALEZ HERNANDEZ</b>	<b>1169661c@umich.mx</b>
<b>Director</b>	<b>GABRIELA RODRÍGUEZ GARCÍA</b>	<b>gabriela.rodriguez@umich.mx</b>
<b>Codirector</b>	<b>GERARDO ANTONIO ROSAS TREJO</b>	<b>grtrejo@umich.mx</b>
<b>Coordinador del programa</b>	<b>JANETT BETZABE GONZÁLEZ CAMPOS</b>	<b>betzabe.gonzalez@umich.mx</b>

<b>Uso de Inteligencia Artificial</b>		
<b>Rubro</b>	<b>Uso (sí/no)</b>	<b>Descripción</b>

Asistencia en la redacción	NO	
----------------------------	----	--

## Formato de Declaración de Originalidad y Uso de Inteligencia Artificial

Coordinación General de Estudios de Posgrado  
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo



Uso de Inteligencia Artificial		
Rubro	Uso (sí/no)	Descripción
Traducción al español	NO	
Traducción a otra lengua	NO	
Revisión y corrección de estilo	NO	
Análisis de datos	NO	
Búsqueda y organización de información	NO	
Formateo de las referencias bibliográficas	NO	
Generación de contenido multimedia	NO	
Otro	NO	

Datos del solicitante	
Nombre y firma	JACOB ESAU GONZÁLEZ HERNÁNDEZ
Lugar y fecha	14 de mayo del 2025