

Síntesis verde de nanopartículas de oro a partir de extracto de damiana (*Turnera diffusa*)

Fernando Ruvalcaba, Verónica Sánchez, Martha Reyes-Becerril, Luis Hernández-Adame, Carlos Angulo*

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR), Grupo de Inmunología y Vacunología. eangulo@cibnor.mx

Resumen: El objetivo del trabajo fue describir el proceso de obtención de nanopartículas de oro a partir de un extracto de damiana y sus aplicaciones en la nanotecnología verde. Para esto, se preparó un extracto de damiana a una concentración de 100 miligramos por mililitro. La síntesis de nanopartículas de oro, se realizó con ácido cloráurico (HAuCl₄) y el extracto de damiana. Se obtuvieron cuatro suspensiones de nanopartículas (AuNPs) con concentraciones finales de 10, 5, 1 y 0.5 miligramos de extracto de damiana por cada mililitro. La forma y/o tamaño de las nanopartículas sintetizadas y sus efectos biológicos son dependientes del tipo de extracto utilizado (en este caso de damiana) y de su concentración. Las AuNPs sintetizadas, por química verde, pueden ser útiles en el campo de la biotecnología, como antimicrobianos e inmunostimulantes; en la industria de alimentos para fabricar envases con propiedades antimicrobianas o con mayor resistencia a la abrasión; en la medicina, pueden ser utilizadas

Introducción: Las nanopartículas son aquellas estructuras que presentan un diámetro menor a los cien nanómetros, es decir, partículas mil veces menores al diámetro de un cabello humano (Cornejo 2015). Las nanopartículas pueden ser clasificadas por su naturaleza química en orgánicas e inorgánicas. Dentro de estas últimas se encuentran las nanopartículas de oro que son sintetizadas principalmente mediante métodos químicos donde se utiliza una sal metálica de oro como precursor y un agente reductor/estabilizador, por lo general citrato (Cornejo 2015). Una alternativa para disminuir los residuos químicos y el impacto ambiental de la síntesis de nanopartículas es la síntesis verde, la cual utiliza extractos de plantas o flores como agentes reductores/estabilizadores (Cardeno y Londoño 2014). La propuesta del estudio fue utilizar extracto de damiana (*Turnera diffusa*) para generar NPs mediante una ruta de química verde. La damiana es un arbusto silvestre que se encuentra en zonas áridas y semiáridas del estado de Baja California Sur. Esta planta presenta gran diversidad de aceites esenciales por lo que es utilizada para el tratamiento del resfriado común, dolor de cabeza, diabetes, infección, dolencias hepáticas y de estómago, entre otras patologías (Alcaraz et al 2004). La problemática que atiende esa falta de conocimiento sobre los beneficios de utilizar una



Figura 1. Representación del proceso de síntesis de nanopartículas de oro a partir de extracto de damiana.

para tratar selectivamente células cancerígenas y como acarreadores de biofármacos y vacunas, entre otros. **Palabras clave:** nanopartículas, oro, damiana, química verde, nanotecnología verde..

Abstract: The objective of the work was to describe the process of obtaining gold nanoparticles from a damiana extract and its applications in green nanotechnology. For this, a damiana extract was prepared at a concentration of 100 milligrams per milliliter. The synthesis of gold nanoparticles was carried out with chlorauric acid (HAuCl₄) and the damiana extract. Four nanoparticle suspensions (AuNPs) were obtained with final concentrations of 10, 5, 1 and 0.5 milligrams of damiana extract for each milliliter. The shape and / or size of the synthesized nanoparticles and their biological effects are dependent on the type of extract used (in this case, damiana) and its concentration. The synthesized AuNPs, by green chemistry, can be useful in the field of biotechnology, as antimicrobials and immunostimulants; in food industry to manufacture packaging with antimicrobial properties or with greater resistance to abrasion; in medicine, can be used to selectively treat cancer cells and as carriers of biopharmaceuticals and vaccines, among others. **Key Words:** nanoparticles, gold, damiana, green chemistry, green nanotechnology.

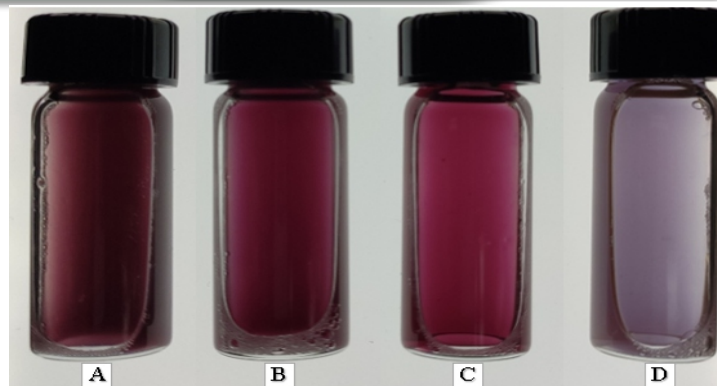
Area 2: Biología y Química.

Objetivos. Describir el proceso de obtención (síntesis) de nanopartículas de oro a partir de un extracto de damiana (cómo método de química verde) y sus aplicaciones como la nanotecnología verde.

Materiales y Métodos. La metodología se basó en el diseño de una alternativa ecológica de síntesis, que tiene dos principales actividades y enfoques: la preparación del extracto de damiana y la síntesis de nanopartículas de oro.

1) Preparación del extracto: Se recolectaron hojas de damiana (*Turnera diffusa*) que fueron secadas, trituradas y tamizadas hasta obtener fragmentos menores a 500 micrómetros. En seguida, en un matraz Erlenmeyer se agregó 1 litro de agua destilada, se hirvió (100 °C) y se añadió 1 g de las hojas procesadas (microparticuladas). La reacción de extracción se mantuvo con agitación constante

Figura 2. Suspensiones de nanopartículas de oro a partir de diferentes concentraciones de extracto de damiana. A) 10 mg/ml, B) 5 mg/ml, C) 1 mg/ml y D) 0.5 mg/ml.



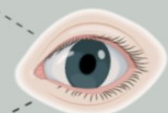
(120 rpm) durante 10 minutos. Posteriormente, la mezcla se filtró (filtro de papel Whatman No. 1) para retirar los residuos sólidos, y se realizó un proceso de liofilización (deshidratación a baja temperatura (-50 oC) que permite conservar las propiedades funcionales del extracto de la planta) para obtener materia seca. A partir de esta materia deshidratada se preparó una solución de extracto de damiana, a una concentración de 100 mg/mL.

2) Síntesis de nanopartículas de oro (Fig. 1): Para obtener nanopartículas de oro mediante química verde se pesaron 84.95 mg de sal de oro (HAuCl₄) y se mezclaron con 50 mL de agua destilada. Se colocaron alícuotas de 1.8 mL en 4 frascos y se llevaron a un volumen de 9 mL con agua destilada, finalmente se les agregó 1 mL del extracto de damiana, a diferentes concentraciones para cada frasco, para obtener suspensiones con concentraciones finales de 10, 5, 1 y 0.5 mg de extracto por cada mL. La reacción se llevó a cabo con agitación constante (120 rpm) a temperatura ambiente (25°C), durante 2 horas.

que absorben se desplaza hacia la región amarillo-verde, por lo que reflejan un color púrpura (Cornejo 2015, Ruiz 2016) (Fig. 3). En la actualidad, las nanopartículas de oro tienen diversas aplicaciones. En el campo de la medicina son utilizadas para tratar selectivamente células tumorales, transportar fármacos y macromoléculas terapéuticas y en terapia génica (Mateo et al 2013). Los métodos ecológicos de síntesis de nanopartículas han aumentado en los últimos años, no solo por tratarse de un método que genera un menor impacto ambiental en comparación a la síntesis tradicional, sino también, por obtener grandes cantidades de nanopartículas libres de contaminación y de tamaño y forma definida (Mittal et al 2013). En este tipo de síntesis se aprovechan las propiedades del agente reductor (extracto de damiana, por ejemplo), para su uso como un agente antioxidante, inmunostimulante, antimicrobiano, entre otros (Hamelian et al 2018). En conclusión, mediante la química verde se logró obtener suspensiones de nanopartículas de oro, que pueden ser útiles en el

Longitud de onda (nm)	Color absorbido	Color complementario (observado)	Tamaño de nanopartícula (nm)
780 - 650	Rojo	Verde azulado	-
650 - 595	Naranja	Azul verdoso	-
595 - 560	Amarillo / Verde	Púrpura	85 - 100
560 - 500	Verde	Rojo / Púrpura	15 - 85
500 - 490	Verde azulado	Rojo	10 - 15
490 - 480	Azul verdoso	Naranja	-
480 - 435	Azul	Amarillo	-
435 - 380	Violeta	Amarillo / Verde	-

Figura 3. Relación entre el tamaño de las nanopartículas de oro y su color observado. Generalmente suelen tener un pico máximo de absorbancia desde los 500 a los 600 nm y un tamaño entre 10 y 100 nm.



Resultados y Discusión: Se obtuvieron cuatro suspensiones de nanopartículas de oro a diferentes concentraciones de extracto de damiana (10, 5, 1 y 0.5 mg/mL) (Fig. 2). Lo anterior fue posible mediante una reacción de oxidación-reducción donde la sal de oro en suspensión acuosa (HAuCl₄) interactúa con el extracto de damiana, que reduce y estabiliza los iones de oro; lo que da como resultado la formación de nanopartículas. Un cambio de color (amarillo a guinda) de la solución indica la formación de nanopartículas. De manera similar a la síntesis química, las nanopartículas de oro se formaron en cuestión de minutos, siguiendo la secuencia de color: amarillo-transparente-guinda (Salazar et al 2015). La intensidad en el color al final de la reacción fue dependiente de la concentración del extracto de damiana. Cualquier solución que interaccione con la luz (radiación electromagnética) de longitud de onda dentro del espectro visible, genera la sensación de visión de color cuando estimula el ojo humano. En este caso las nanopartículas absorben luz en la región verde (500-560 nanómetros) reflejando una luz rojo púrpura (Fontal et al 2005). A medida que las nanopartículas de oro aumentan su tamaño, la luz

campo de la biotecnología, medicina, producción de alimentos, entre otros. La forma y/o tamaño de la nanopartícula sintetizada y sus efectos biológicos son dependientes del tipo de extracto utilizado y de su concentración.

Impacto socioeconómico: El mayor impacto de la aplicación de la química y nanotecnología verde es en el ambiente debido a que se trata de métodos ecológicos, y por consiguiente impacta en la mejora de la calidad de vida de los habitantes de la región. De igual manera, se presenta un impacto económico, debido a que en la reducción de sales de oro para la síntesis tradicional de nanopartículas de oro se requieren compuestos como citrato de sodio, borohidruro de sodio, ácido ascórbico, formaldehído, o hidracina, los cuales por lo general son costosos, por lo que un método verde (el cual no requiere de reductores químicos) presenta una alternativa de síntesis económica, además de obtener grandes rendimientos a partir de extracto de planta, lo que le puede dar un valor agregado a los productos o subproductos (residuos) agrícolas.