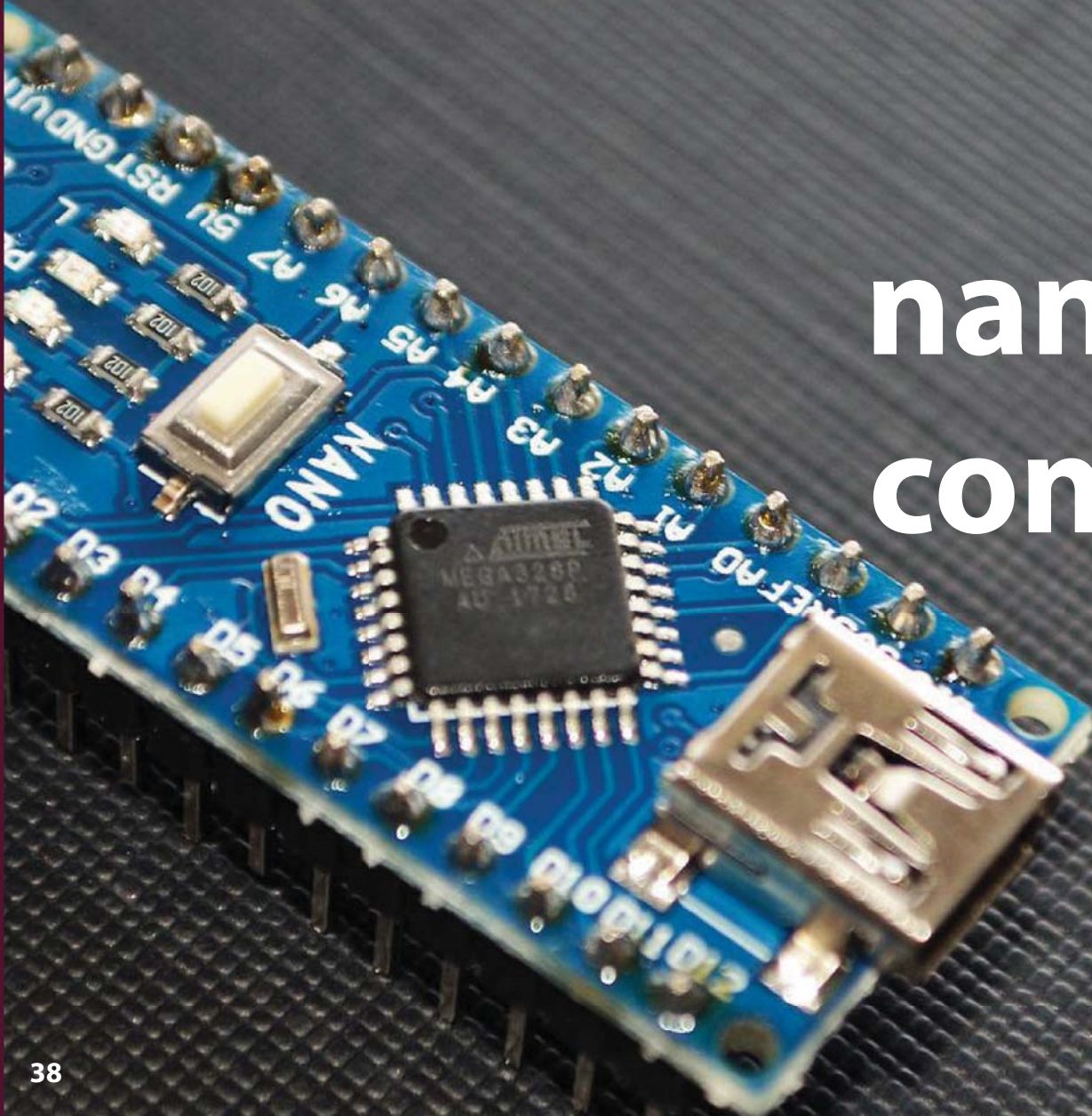


¿Cómo se relaciona la nanotecnología con las plantas?



Perla Guadalupe Vázquez Ortega^{1*}, Hiram Martín Valenzuela Amaro¹,
David Enrique Zazueta Álvarez², Héctor Alonso Fileto Pérez¹

¹ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Durango.
Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica

² Universidad Politécnica de Durango. Departamento de
Ingeniería en Tecnología Ambiental

*pvazquez@itdurango.edu.mx

La nanotecnología es una ciencia multidisciplinaria que aglomera tanto a la física, como a la química y a la biología, involucra una amplia gama de materiales, procesos de fabricación, tecnologías y productos con los que la gente está familiarizada diariamente. Su finalidad es crear y construir materiales por medio de la manipulación y comprensión de la materia a nivel nanoescala, a estos materiales se les conoce como nanopartículas (NPs), es difícil imaginar cuan pequeñas son, no las podemos visualizar a simple vista, ni siquiera usando un microscopio, se comprenden en un rango de dimensión de 1-100 nanómetros (nm); un nanómetro es lo que resulta de dividir un milímetro un millón de veces, usando una escala ilustrativa si una canica fuera un nanómetro, entonces un metro sería el tamaño de la Tierra. Sus aplicaciones son sumamente variadas en múltiples campos industriales y de investigación, Por ejemplo, en el ámbito farmacéutico se utilizan para transportar fármacos, lo que implica que en sólo segundos se administra directamente en el sitio de acción donde se debe liberar el medicamento (Figura 1), de igual manera debido a sus propiedades como tamaño, forma, distribución y a sus características físicas y químicas pueden utilizarse en tratamientos contra el cáncer (Figura 2), de manera que las NPs alcanzan únicamente a las células malignas, lo que da como resultado una quimioterapia más efectiva y con menos efectos adversos.

Las NPs pueden ser clasificadas de acuerdo con la base del material o sustancia que se utiliza para su preparación y aplicación (Tabla 1). Actualmente existen diferentes técnicas de preparación de NPs y su selección depende de la aplicación de las NPs obtenidas, las técnicas se clasifican en: físicas, químicas, biológicas e híbridas.

Éstas se agrupan en dos categorías (Tabla 2), las llamadas Top-down (de arriba hacia abajo) y Bottom-up (de abajo hacia arriba);. Las rutas Top-down o destructivas se basan en la reducción de un material hasta escala nanométrica, es como tomar un gran trozo de material y explotarlo, taladrarlo y procesarlo en diminutas piezas de tamaño nanométrico. Las rutas Bottom-up o constructivas se basan en la acumulación de material desde el átomo hasta su creación (1) esta última es la ruta más aplicada para síntesis de NPs, además es un método muy poderoso para crear estructuras idénticas con precisión atómica. ¿Por qué es importante sintetizar nanopartículas por rutas más ecológicas? En primera instancia, hay que considerar factores importantes al usar técnicas físicas como que son demasiado caras y de las técnicas químicas se puede resaltar que resultan ser perjudiciales para el medio ambiente y los organismos vivos. Debido a esto, el desarrollo de la producción de NPs a gran escala se encuentra estancado, ya que los altos costos de producción son resultantes de un gran consumo de energía y además se crean subproductos nocivos, que causan contaminación ambiental y numerosos peligros biológicos.

Una de las desventajas de las rutas físicas, químicas, biológicas e híbridas también es que las NPs suelen sufrir aglomeración o agregación, debido a la aparición de fuerzas de atracción entre ellas, lo que trae como consecuencia la disminución de sus propiedades y características únicas para su aplicación. Debido a la importancia de controlar el tamaño y la forma de las nanopartículas, es necesario agregar algún agente que ayude a estabilizar y que impida la agregación de las NPs, y así aprovechar sus múltiples posibles aplicaciones y beneficios (2). Por todas estas desventajas, diversos grupos científicos e industriales han optado por la búsqueda de rutas menos contaminantes y más económicas que faciliten la producción de las NPs a mayor escala inclinándose por la biosíntesis o también llamada síntesis verde.

La biosíntesis o síntesis verde constata 5 pilares fundamentales: el uso de bacterias, algas, levaduras, hongos y extractos de plantas. Estas rutas resultan ser innovadoras por su capacidad para la producción de una gran diversidad de NPs como de: Hierro (Fe), Cobalto (Co), Oro (Au), Plata (Ag), Platino (Pt) y también son usadas para la síntesis de óxidos de metal (Metal-Oxígeno). Las NPs sintetizadas utilizando extractos de plantas presentan ciertas ventajas en su producción, como que resultan ser mucho más variadas en tamaños y formas, incluso la velocidad de formación es mucho mayor que

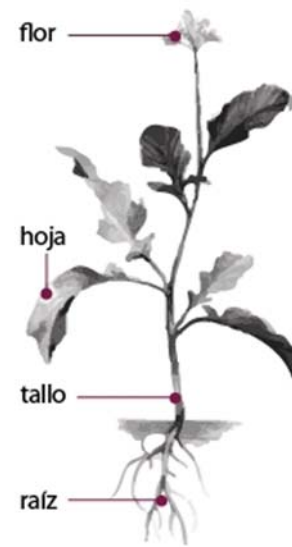


Figura 3. Partes de la planta donde se pueden encontrar los metabolitos secundarios

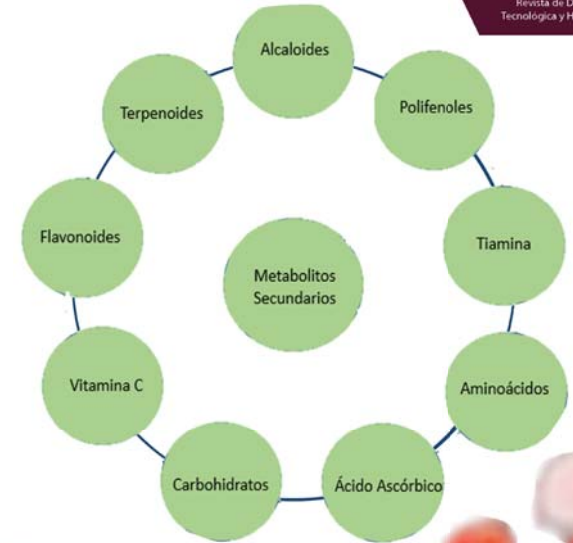


Figura 4. Algunos metabolitos secundarios presentes en extractos de plantas

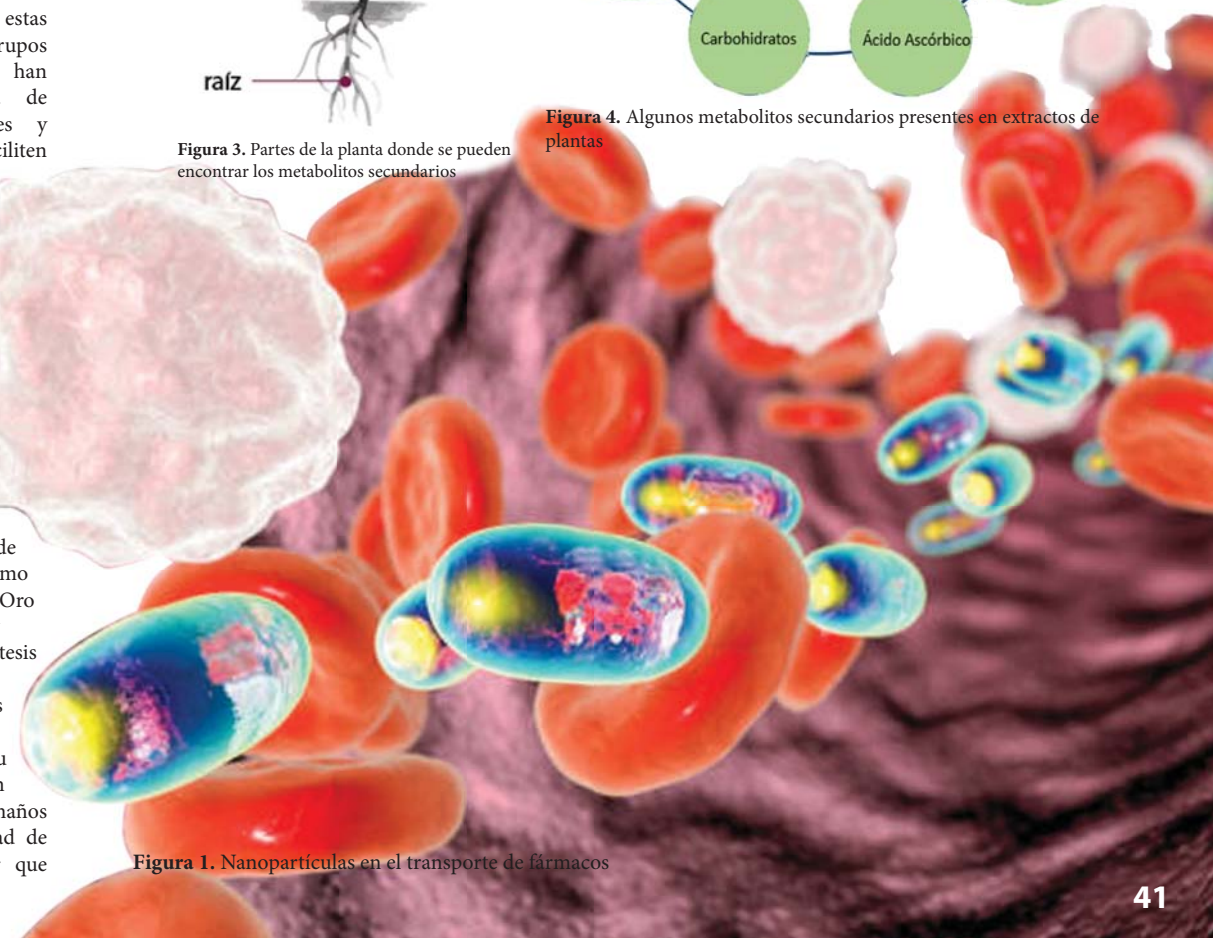


Figura 1. Nanopartículas en el transporte de fármacos

Tabla 1. Clasificación y aplicación de las NPs

Base de las NPs	Aplicación
Carbón	Adsorbentes de Gases y soporte para catalizadores
Metal (Ag, Au, Fe y Cu)	Adsorbentes de metales pesados en medio acuoso, catalizadores
Semiconductoras	Electrónicas, optoelectrónicas, termoeléctricas y sensores
Poliméricas	Medicina, microbiología, catalizadores e inhibidores
Cerámicos	Catálisis y fotocatálisis
Lípidos	Portadores y administradores de fármacos

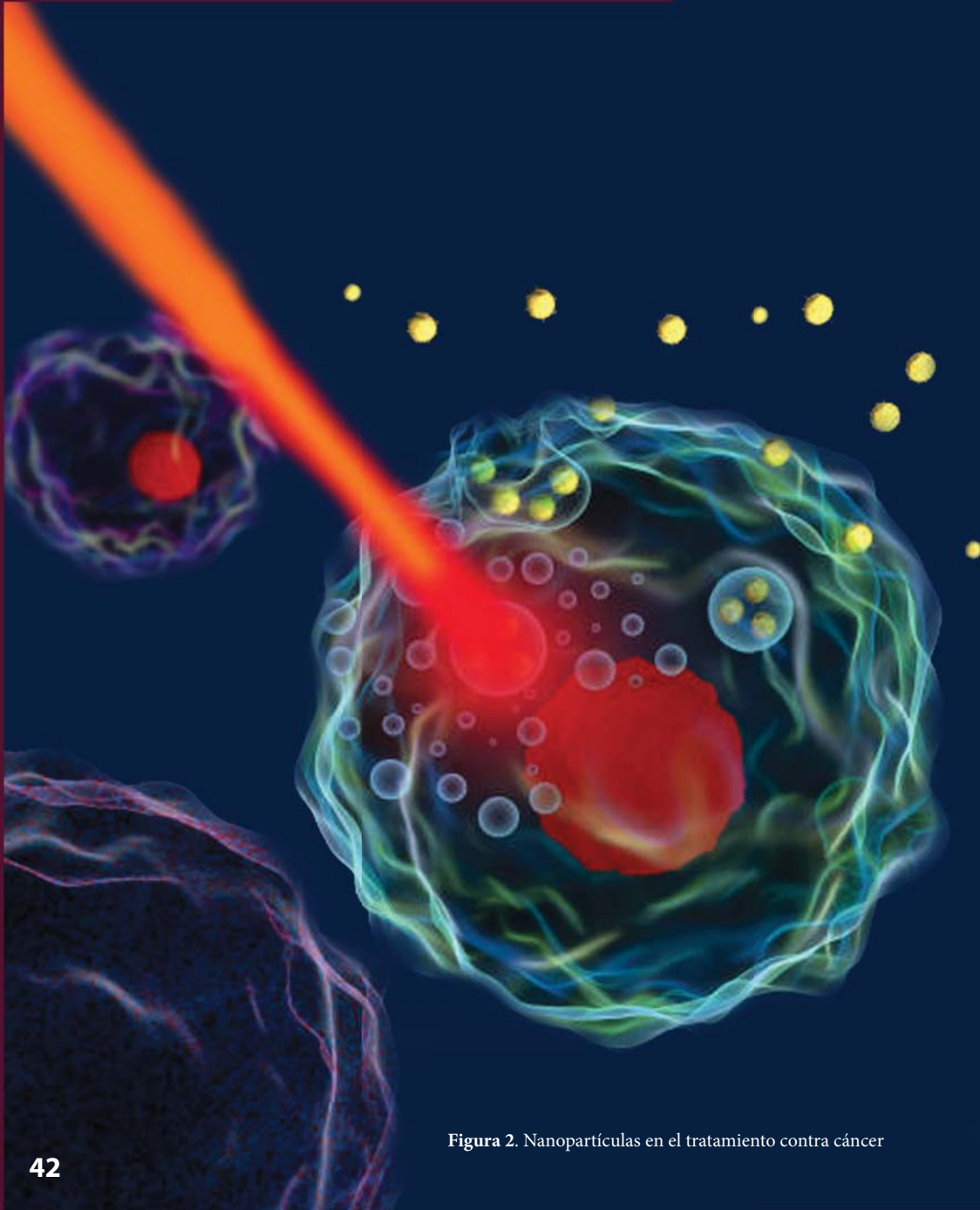


Figura 2. Nanopartículas en el tratamiento contra cáncer

que la de las NPs sintetizadas por los otros tipos de rutas verdes (3). En la actualidad se enfrenta día a día el reto de utilizar estrategias sustentables con el medio ambiente para producir NPs, por lo que la síntesis verde ha ganado mayor interés, en la cual se utilizan extractos de plantas como agentes estabilizadores, ya que existen algunas plantas que tienen la capacidad de acumular ciertas cantidades de metales en diversas partes de su estructura, lo que da como resultado un método simple, eficiente y de bajo costo, con el que se han obtenido NPs para aplicaciones ambientales. La investigación sobre el uso de extractos de hojas de plantas para obtener nanopartículas de metal u óxido de metal es prometedora, debido a que los carbohidratos, las proteínas y las coenzimas tienen el potencial de reducir la

sal metálica en nanopartículas, estos compuestos son conocidos como metabolitos secundarios y se pueden encontrar en varias partes de la planta (Figura 3 y 4).

Los metabolitos secundarios presentes (Figura 4) en la planta juegan un papel importante tanto en la reducción de los iones metálicos (átomos o grupos de átomos que tienen una carga eléctrica positiva o negativa) como en la estabilidad de las NPs (es la capacidad de retener la composición física y química por un periodo de tiempo), impidiendo su aglomeración. En nuestro grupo de trabajo estamos sintetizando NPs de magnetita utilizando hojas de *Agave durangensis* y corteza de *Pinus durangensis*, los resultados indican que el *Agave durangensis* es una materia prima atractiva para sintetizar NPs de magnetita,

debido a que cuenta con altas concentraciones de compuestos que permiten llevar a cabo la síntesis.

La preparación de NPs por síntesis verde utilizando extractos de plantas se divide en tres etapas: fase de activación, fase de crecimiento y fase de terminación. En la fase de activación, los iones metálicos son reducidos mediante los metabolitos secundarios presentes en los extractos de la planta.

En la fase de crecimiento, los átomos del metal ya reducidos se aglomeran para formar un sinfín de NPs en tamaños y formas, finalmente las NPs obtenidas son cubiertas por los metabolitos secundarios, logrando así una estabilización y obteniendo una morfología estable. En la Figura 5 se puede apreciar de manera esquematizada el proceso de síntesis (5).

Tabla 2. Técnicas de síntesis de NPs

Ruta	Método	NPs sintetizadas
Bottom-up	Sol-gel	Carbón, metal y óxidos de metal
	Spinning	Polímeros orgánicos
	Deposito químico de vapor	Carbón y metal
	Pirólisis	Carbón y óxidos de metal
	Biosíntesis	Metal y óxidos de metal
Top-Down	Sputtering	Base de metal
	Ablación Laser	Carbón y óxidos de metal
	Descomposición Térmica	Carbón y base de metal
	Nano litografía	Base de metal
	Molienda mecánica	Óxidos de metal y base de polímeros

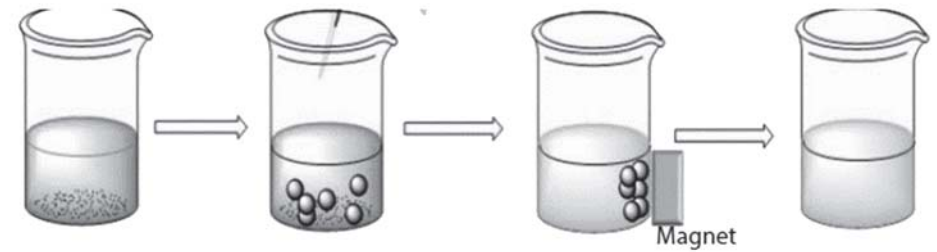


Figura 6. Proceso de remoción de metales pesado mediante NPs magnéticas

Es por ello por lo que es importante seguir en la búsqueda de plantas o partes de ellas que no tienen un uso definido para obtener extractos que permitan la preparación de nanopartículas, ya que la síntesis verde representa una variante prometedora debido a la simplicidad, bajo costo y uso de técnicas sustentables, abriendo nuevas líneas de investigación que impacten la generación de conocimiento y de productos innovadores a la sociedad.

Las nanopartículas obtenidas por extractos de plantas presentan características físicas, químicas, mecánicas, térmicas y magnéticas únicas que las hacen aptas para diversas aplicaciones en el campo científico e industrial. ¿Dónde podemos aplicar las NPs obtenidas por síntesis verde? Se han aplicado para la eliminación de metales pesados, esto indica que su (metales cuya densidad es 5 veces

superior a la del agua) como: Hg (mercurio), As (arsénico), Cd (cadmio), Cr (cromo) y Pb (plomo) del agua natural utilizada para el consumo humano. Específicamente las NPs de óxido de hierro cuentan con una eficiente capacidad de adsorción para la eliminación de estos metales pesados y altamente cancerígenos y dañinos para la salud. Entre las mejores NPs adsorbentes para metales pesados

se encuentran las de magnetita (Fe_3O_4), que es utilizada por su afinidad hacia dichos metales y por sus características ferromagnéticas, es decir que pueden ser altamente atraídas mediante la aplicación de un campo magnético que permiten que dichas NPs puedan ser removidas fácilmente del medio contaminado sin que estas afecten o reaccionen con otros componentes (Figura 6).

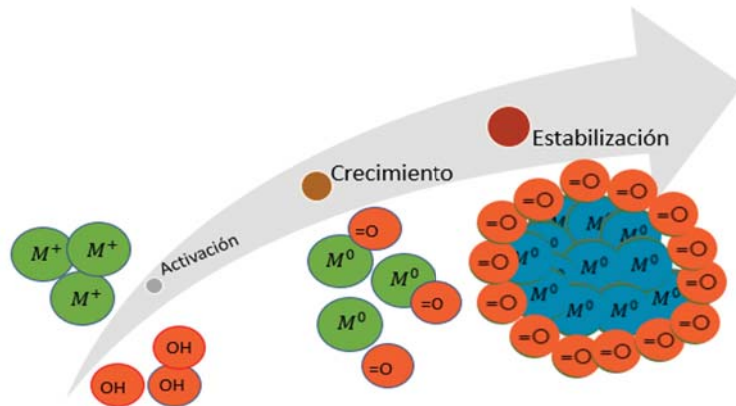


Figura 5. Proceso de síntesis verde de NPs

Bibliografía

- Khan, I., Saeed, K., & Khan, I. (2019). Nanoparticles: Properties, applications and toxicities. *Arabian Journal of Chemistry* 12(7), 908–931.
- Kanichi., & Ahmed. (2018). Green Metal Nanoparticles, Characterization and Applications of Nanoparticles. In *Green Synthesis, Characterization and Applications of Nanoparticles*.
- Jadoun, S., Arif, R., Jangid, N. K., & Meena, R. K. (2020). Green synthesis of nanoparticles using plant extracts: a review. *Environmental Chemistry Letters*, November.
- Iravani, S. (2011). Green synthesis of metal nanoparticles using plants. *Green Chemistry*, 13(10), 2638–2650.
- Shamaila, S., Sajjad, A. K. L., Ryma, N. ul A., Farooqi, S. A., Jabeen, N., Majeed, S., & Farooq, I. (2016). Advancements in nanoparticle fabrication by hazard free eco-friendly green routes. *Applied Materials Today*, 5, 150–199.