



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“Metaanálisis sobre la eficacia de nanopartículas de hierro sintetizadas con extractos vegetales en la remoción de metales pesados en medios acuosos”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Ambiental

AUTORAS:

Amaro Castrejón, Nathalie Jazmin (ORCID:0000-0002-8274-0314)

Ccoyori Pocco, Jackelyn Paola (ORCID: 0000-0002-0334-5341)

ASESOR:

Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzales (ORCID: 0000-0003-1504-2089)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y gestión de los recursos naturales

LIMA – PERÚ

2020

Dedicatoria

Este logro lo dedicamos a Dios.

A las familias Amaro Castrejón y Ccoyori Pocco por darnos ese soporte incondicional durante todo el ciclo de vida universitaria, además por ser fuentes de inspiración y sabiduría.

Agradecimiento

Agradecemos a la Universidad César Vallejo por acobijarnos durante nuestra vida universitaria.

A los profesores por brindarnos durante la carrera sus conocimientos y experiencias, principalmente al Dr. Elmer Benites, Alfaro por su apoyo emocional y académico.

A nuestros padres y familiares por ser soporte emocional durante nuestra vida universitaria.

A Dios por darnos salud, fortaleza y sabiduría a lo largo de nuestra carrera universitaria.

Índice de contenido

Dedicatoria	ii
Agradecimiento.....	iii
Resumen	vii
Abstract	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA	33
3.1. Tipo y diseño de investigación	33
3.2. Variables y operacionalización	33
3.3. Población, muestra y muestreo	33
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	35
3.5. Procedimiento	35
3.6. Métodos de análisis de datos	37
3.7. Aspectos éticos	37
IV. RESULTADOS.....	38
V. DISCUSIÓN	46
VI. CONCLUSIÓN	50
VII. RECOMENDACIONES	51
REFERENCIA	52
ANEXO.....	71

Índice de tablas

Tabla 1: Variables de investigación	33
Tabla 2: Bases de datos con respecto a Nanopartículas de hierro sintetizadas con extractos vegetales en la remoción de metales pesados en medios acuosos	36
Tabla 3: Características del estudio	40
Tabla 4: Riesgo de sesgo mediante ROBINS I	41

Índice de gráficos y figuras

Figura 1: Esquema de distintos métodos para la síntesis de nanopartículas ...	23
Figura 2: Método Botton up para obtener las nanopartículas.....	24
Figura 3: Método Top-down para obtener las nanopartículas	25
Figura 4: Síntesis verde para obtener nanopartículas.....	26
Figura 5: Partículas en la interacción de Van der Waals.....	26
Figura 6: Modelo Core-shell (núcleo - revestimiento) de nanopartículas de hierro	27
Figura 7: Componentes de espectroscopía infrarroja por transformación de Fourier.....	29
Figura 8: Selección de artículos basados en el protocolo PRISMA.....	39
Figura 9: Forest Plot de la comparación de NPs Fe producidas por diferentes extractos para la remoción de Cr (VI) frente al As y Pb	42
Figura 10: Forest Plot de la comparación de NPs Fe producidas por diferentes extractos para la remoción de Cr (VI) y otros metales	43
Figura 11: Porcentaje de remoción del metal Cr (VI) a partir del uso de extractos vegetales.....	43
Figura 12: Porcentaje de remoción del metal plomo a partir del uso de extractos vegetales.....	44
Figura 13: Porcentaje de remoción del metal As a partir del uso de extractos vegetales.....	45

Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo realizar un análisis comparativo de la remoción de metales pesados en medios acuosos mediante nanopartículas de hierro sintetizadas con extractos vegetales, siendo la metodología de tipo aplicada y diseño no experimental.

Para ello, utilizó el protocolo PRISMA en la selección de artículos siendo 12 que cumplieron los criterios de selección, la evaluación de calidad se realizó con la herramienta Robins I obteniendo un riesgo de sesgo bajo. El análisis comparativo se realizó mediante los softwares Revman 5.4 y SPSS, brindado información mediante dos diagramas de bosque y 4 gráficos estadísticos, indicando que el cromo (VI) fue el metal más removido, los extractos más eficientes en la formación de NPs fueron granada, cáscara de mandarina y hojas de eucalipto con una eficacia en la remoción metales Cr, Pb y As, asimismo la dosis optima fue 2 g en Cr (VI), 10 g en As y 6 g en Pb.

Concluyendo, en la revisión y análisis comparativo de investigaciones sobre la de absorción de metales pesados en medios acuosos mediante NPs Fe sintetizadas con extractos vegetales, se encontró que el cromo (VI) resultó ser el metal pesado con mayor facilidad de absorción frente a otros contaminantes.

Palabras claves: Nanopartículas de hierro, síntesis verde, metales pesados

Abstract

The present work aims to perform a comparative analysis of heavy metal removal in aqueous media by means of iron nanoparticles synthesized with plant extracts, being the methodology of applied type and non-experimental design.

For this purpose, the PRISMA protocol was used in the selection of articles, 12 of which met the selection criteria. The quality assessment was carried out with the Robins I tool, obtaining a low risk of bias. The comparative analysis was carried out using Revman 5.4 and SPSS software, providing information through two forest diagrams and 4 statistical graphs, indicating that chromium (VI) was the most removed metal, the most efficient extracts in the formation of PNs were pomegranate, mandarin peel and eucalyptus leaves with an efficacy in the removal of Cr, Pb and As metals, likewise the optimal dose was 2 g in Cr (VI), 10 g in As and 6 g in Pb.

In conclusion, in the review and comparative analysis of research on the absorption of heavy metals in aqueous media by NPs Fe synthesized with plant extracts, it was found that chromium (VI) was the heavy metal with greater ease of absorption against other contaminants.

Keywords: Iron nanoparticles, green synthesis, heavy metals

I. INTRODUCCIÓN

La contaminación por metales pesados se ha convertido en un grave problema ambiental y sanitario que afecta directamente a la calidad del ambiente. Los iones metálicos producto de la contaminación generan daños en la cadena trófica afectando así el equilibrio ecológico. Ello se debe principalmente por la tendencia que poseen los metales en bioacumularse en organismos vivos donde las células contaminadas se unen con proteínas, ácidos nucleicos y metabolitos (SONG, KONG y JANG, 2011). Sin embargo, la eliminación total de estos metales es sumamente difícil ya que forma parte del ciclo de vida de numerosos procesos industriales fundamentales para el desarrollo de cada país (HUAMANÍ y HUAMOLLE, 2017).

Los cuerpos receptores de la contaminación por metales son generalmente fuentes de agua y suelo que sirvieron como descarga en la extracción de minerales o por el crecimiento de la industrialización e incremento poblacional. En las fuentes de agua, los iones metálicos pueden ser rápidamente absorbido por organismos acuáticos, es decir, existe una alta capacidad de interacción entre contaminantes y sistemas biológicos (HUAMANÍ y HUAMOLLE, 2017). Asimismo, existen aguas residuales provenientes de industrias y municipalidades con metales pesados que son usadas para el riego de suelos agrícolas provocando contaminación del suelo y perjudicando la seguridad de los alimentos (AHMAD y GONI, 2010). El impacto que provoca la concentración masiva de metales en el suelo ya sean en áreas urbanas o agrícolas, representan un sumidero de iones metálicos que transfieren su potencial a través del perfil del suelo llegando a acuíferos, subterráneos o a las raíces de las plantas (SHERENE, 2010).

Por tal razón, es necesario eliminar o reducir la concentración de metales que pueden ser liberados al ambiente. Para ello se han usado diversas técnicas, como intercambio catiónico, precipitaciones químicas, procesos de membrana, electrólisis y adsorción, que han sido desarrollados en medios acuosos

(JOOYOUNG, KONG y JANG, 2011). No obstante, las nanopartículas ofrece ser una técnica de remoción rentable, en comparación a otros métodos de remediación, porque es un proceso natural y no produce subproductos químicos (EL-KASSAS, ALY-ELDEEN y GHARIB, 2016). Además de ser una técnica innovadora que gracias a sus propiedades poseen una gran capacidad de adsorción de metales en medios acuosos.

Las nanopartículas de hierro (NPs Fe) son las más estudiadas para la remediación ambiental, puesto que poseen propiedades catalíticas favorables. Estudios anteriores concluyen que el proceso de absorción fue eficiente para tratar contaminantes ambientales como colorantes azoicos, pesticidas y gran variedad de metales pesados. Además, que su comportamiento magnético permite una atracción con los demás metales generando su reducción de estos en el medio aplicado. Para su fabricación existen diversos métodos, pero, la síntesis verde supone la mejor alternativa debido a que no se usan muchos químicos y se sintetizan con polifenoles, mediante el extracto de plantas, aparte de ser poco complicada y más económica (EBRAHIMINEZHAD [et al.], 2017). Ante la problemática de los metales pesados en el ambiente y debido a las diversas propiedades que poseen las nanopartículas de hierro para ser usado como un tratamiento ambiental, el presente estudio se justifica por su contribución en la recopilación de la basta literatura respecto a la aplicación de nanopartículas de hierro para la remoción de metales pesados en medios acuosos. Asimismo, dado que el metaanálisis se utiliza como una técnica que puede sintetizar una amplia gama de resultados de investigación, es posible integrar los hallazgos de diversos autores, lo que hace que el trabajo de investigación sea más factible para posteriores estudios.

El presente informe de investigación tiene como problema general: ¿Sera posible realizar un análisis comparativo a partir de una revisión sistemática con respecto a la remoción de metales pesados en medios acuosos mediante nanopartículas de hierro sintetizados con extractos vegetales? Además, se plantean problemas específicos; el primero es ¿Sera posible determinar los extractos vegetales más eficientes para la síntesis de nanopartículas con respecto a la remoción de los

metales Cr (VI), Pb y As? Y el segundo problema ¿Será posible determinar la dosis requerido de nanopartículas de hierro para la mayor eficacia en la remoción Cr (VI), Pb y As?

Además, lleva como objetivo general: Realizar un análisis comparativo de la remoción de metales pesados en medios acuosos mediante nanopartículas de hierro sintetizadas con extractos vegetales, con los objetivos específicos: Determinar los extractos vegetales más eficientes para la síntesis de nanopartículas con respecto a la remoción de los metales Cr (VI), Pb y As; Asimismo se planteó el objetivo específico de determinar la dosis requerido de nanopartículas de hierro para la mayor eficacia en la remoción Cr (VI), Pb y As. De esta manera se verifica la hipótesis: La aplicación de nanopartículas de hierro con extractos vegetales influye de manera significativa en la remoción de metales pesados en medios acuosos.

II. MARCO TEÓRICO:

Existen investigaciones que presentan la formación de nanopartículas a través de diferentes métodos resaltando el biológico (síntesis verde), su uso ambiental y la recuperación de estas. Entre las investigaciones que más resaltan son:

KAMATH, CHANDRA y JEPPU (2020), en su artículo que lleva por título Estudio comparativo del uso de cinco extractos de hojas diferentes en la síntesis verde de nanopartículas de hierro para la eliminación de arsénico en el agua, tuvo como finalidad la elección de cinco especies vegetales basado en sus propiedades reductoras para sintetizarlas con el hierro y probar su capacidad de absorción con el arsénico. A partir de la recolección de información de estudios previos, se eligió para la investigación las hojas de té negro (*camelia sinensis*), hojas de roble (*Quercus virginiana*), hojas de té verde (*C. sinensis*), hojas de granada (*púnica granatum*) y hojas de eucalipto (*Eucalipto globulus*). Para la formación de nanopartículas de Fe se generó un extracto de cada una de las hojas y se tituló con $\text{FeSO}_4/\text{FeCl}_3$ formando un precipitado negro que indicaría la presencia de las NpsFe. Las nanopartículas de Fe formadas fueron caracterizadas usando SEM, EDS, XRD, BET y espectroscopía UV que mostraron un tamaño de partículas alrededor de 10-100 nm con estructura amorfa. Finalmente, luego de ser aplicadas en la solución con arsénico en una dosis de 0.25g / 250 ml, se tuvo una remoción de 96.14%, 99.67%, 72.84%, 47.67% y 98.18% usando las FeNps sintetizadas con las hojas de té negro, hojas de roble, hojas de té verde, hojas de granada y hojas de eucalipto respectivamente.

PAN [et al.] (2020), en el artículo de investigación Química verde aplicado a la producción de nanopartículas de hierro, tuvo como objetivo sintetizar y caracterizar nanopartículas de hierro a partir de cáscaras de maní. El método experimental se basó en calentar 60 g de piel de maní a una temperatura de 70°C; el extracto obtenido se llevó a filtración al vacío, para titularlo con $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ hasta obtener un color negro, que evidenciaría la presencia de nanopartículas en estado sólido. Posteriormente, se filtró al vacío y se lavó con

agua desionizada y etanol; para luego secarlos. Los resultados, muestran una eficiencia del 100% en la remoción del Cr (VI) esto es debido al secado al vacío con una temperatura de 60°C; la eficiencia mínima fue del 90% debido a que las nanopartículas se secaron a temperatura ambiente; la desorción de NP Fe se dio con 59.9% con ácido clorhídrico y 48.4% agua. La conclusión obtenida fue la síntesis de nanopartículas con un diámetro promedio de 10.6 nm, asimismo la preparación en condiciones de secado al vacío a 60°C tiene el menor tamaño y una eficiencia de remoción de 100%.

PILLAI [et al.] (2020), en el trabajo de investigación Eliminación de arsénico con Nanopartículas de óxido de hierro. Con el objetivo de sintetizar nanopartículas a partir de cascaras de arroz para eliminación de arsénico en medio acuoso. La metodología se basó en el lavado de las cascaras de arroz con ácido clorhídrico, se secó a una temperatura de 90°C, se estrujó para ser llevado a la mufla hasta obtener un color blanco, luego fue tamizada y lavada con agua desmineralizada. La síntesis fue por la técnica co-precipitación a partir de las sales cloruro de hierro heptahidratado y cloruro de hierro tetrahidratado, asimismo se añadió el extracto hasta obtener un cambio de color, posteriormente las nanopartículas obtenidas fueron separadas, lavadas y secadas a una temperatura de 80°C. Los resultados muestran la eliminación del arsénico a un 95% con una dosis de 2.5 g/L. Llegaron a la conclusión que el uso de cáscaras de arroz logró la formación de nanopartículas, además eliminó el arsénico en un 95% con una capacidad de 82mg/g en 60 minutos.

RONG [et al.] (2020), en su artículo Nanopartículas de Fe a partir de cáscara de pera para eliminar Cr (VI), tuvo como objetivo reutilizar las cáscaras de pera y usarlas en la producción de nanopartículas de Fe. El procedimiento experimental se basó en la obtención del extracto, en el cual cortaron, lavaron y mezclaron 27 g de cáscara con agua y etanol; la solución obtenida se filtró al vacío hasta generar un extracto de cáscara. Para la titulación se usó FeSO (0,1M) con el extracto obtenido, luego las NPs se centrifugaron y secaron a una temperatura de 60°C durante 6 horas. Con respecto a la experimentación con cromo VI, se realizó pruebas con 150 ml de Cr con 0.02 g de FeNPs. Los resultados arrojados

por el SEM dieron un tamaño que oscila entre 10 y 90 nm; por otro lado, la eliminación del cromo VI tiene relación con la temperatura de reacción ya que al aumentar la temperatura de 5°C a 55°C, aumentó la eficiencia de 55,1% a 99.1%. Llegando a la conclusión que el uso de cáscara de pera permite ser utilizado como agente reductor ya que contienen polifenoles, flavonoides y otros compuestos que permitieron la formación de nanopartículas.

LIN [et al.] (2019), en su artículo Eliminación simultánea de Pb (II) y rifampicina del agua residual mediante nanopartículas de hierro sintetizadas por extracto de té, tuvo como propósito el uso de nanopartículas de hierro para la remediación in situ de contaminantes mixtos. La fase experimental se centró básicamente en la generación del extracto y la síntesis de Nps. Para la preparación del extracto de té verde se tomó 60gr y se hirvió en 1000ml de agua a 80°C por una hora para luego ser filtrado. Una vez obtenido el extracto de té se mezcló con CH₃COONa (16.046 g) y FeCl₃·6H₂O (5.4 g) para la síntesis. Se tuvo como resultado nanopartículas de 30 - 100nm que en contacto con soluciones con Pb y en una dosis de 0.3g/L y 1g/L reducen el contaminante en un 82.6 % y 99.6% respectivamente. Se tuvo como conclusión que la síntesis verde es una alternativa eficaz y económica para la producción de Fe NPs y a la vez están son eficientes en la remoción de Pb (II).

LIN [et al.] (2019), en el artículo de investigación Eliminación eficaz de contaminantes de triclosán y cobre por nanopartículas de hierro/níquel. Con el objetivo sintetizar nanopartículas de Fe/Ni y aplicarlo en la eliminación de Cu (II) y triclosán. El procedimiento experimental se basó en la obtención del extracto para el cual pesaron 30 g, cortaron y mezclaron con agua desionizada para calentarlo a temperatura de 80°C. Luego se filtró obteniendo un extracto que fue mezclado con FeCl₃·6H₂O y NiCl, el cual fue secado durante 48 horas. Los resultados mostraron que el tamaño de la nanopartícula oscila entre 60 - 85 nm, asimismo la eficiencia promedio de remoción fue 70-75% y 50-60% de triclosán y Cu (II) respectivamente; por otro lado, se realizó experimentos cuando el TCS y Cu (II) se encontraban separados obteniendo un resultado de 85.8% y 52.4%. Concluyendo que las nanopartículas de Fe/Ni sintetizadas por

extractos verdes remueven Cu (II) y TCS.

LINGAMDINNE, KODURU y KARRI (2019), en su artículo uso de nanopartículas de óxido de hierro mediante síntesis verde para la eliminación de plomo en soluciones acuosas. Se usó un diseño experimental basado en soluciones de cáscara de mandarina, cloruro de hierro (II) y (III). El método práctico utilizado fue coprecipitación donde la solución del extracto de mandarina (50 ml) será titulada por 50 ml de las soluciones de FeCl_3 y FeCl_2 en relaciones de (2:1). Luego de la mezcla se añadió 25% de NH_4OH para ajustar el pH a 10 y seguidamente pasar por un proceso de secado mediante el calor de un horno a $200\text{ }^\circ\text{C}$ por 3 horas. Las nanopartículas obtenidas fueron usadas para investigar la eficiencia de eliminación de Pb (II) en soluciones acuosas a nivel laboratorio, para ello experimentaron con 0.6 g/L de T- Fe_3O_4 en una solución de 50 ml de Pb (II) de concentración inicial a 10 ppm y una temperatura ambiente de $25\text{ }^\circ\text{C}$. Los resultados arrojaron que el metal fue removido en un 99% con nanopartículas de Fe_3O_4 y tamaño de 200 - 300 nm. Además, se descubrió que propiedades fisicoquímicas como la temperatura están directamente relacionadas con la absorbancia mientras más elevada sea ésta, mayor será la absorción de metales iónicos; lo mismo ocurre en el caso del pH cuando este aumenta, mayor es la eliminación de Pb. Se concluyó que los T- Fe_3O_4 poseen gran capacidad de absorción de metales que pueden ser aplicados para la purificación de agua potable contaminada por presencia de metales.

MAJUMDER [et al.] (2019), en el trabajo de investigación que lleva por título Remediación de arsénico en agua por química verde, con el objetivo de disminuir la concentración de As (V) a partir de nanopartículas. Tuvo como procedimiento experimental la recolección de cáscaras de plátano que fueron lavadas y secadas a una temperatura de 100°C . Luego se trituraron, molieron e hirvieron con agua destilada durante 30 minutos hasta obtener el extracto; este se mezcló con FeCl_3 , para luego llevarlos a un agitador y filtrar las nanopartículas con agua destilada y etanol hasta obtener las Nps de Fe en estado sólido. Los resultados de la

morfología de la nanopartícula mostraron un tamaño 60 nm con una forma esférica, asimismo la remoción fue del 96%. La conclusión que obtuvieron fue la biosíntesis a partir de cáscaras de plátano con un tamaño de 60 nm tuvo una capacidad de absorción máxima que fue de 2.715 mg/g a una temperatura de 60°C.

VENKATESWARLU [et al.] (2019), en su artículo de investigación Una novedosa síntesis verde de nanorods magnéticos de Fe₃O₄ utilizando extracto de *Punica Granatum* y su aplicación para la eliminación Pb (II) del ambiente acuoso. Tuvo como objetivo eliminar plomo mediante nanorods a partir de nanopartículas de Fe₃O₄. La parte experimental consistió en recoger cortezas de la planta de granada, secarlas por 14 días, cortarlas en pedazos pequeños y calentar 10 gramos de estos trozos con 100ml de agua destilada para luego ser filtrado y quedar en extracto. Posteriormente este 40 ml extracto será mezclado con 2.16 FeCl₃.6H₂O y 6.56 gramos de acetato de sodio. La reacción de formación de NPs se evidenciará cuando la solución tome un color negro homogéneo. Las nanopartículas serán procesadas en forma de nanomaterial y anclados con ácido dimercaptosuccínico. Los resultados mostraron una alta eficiencia en la eliminación de Pb (II) en medios acuosos con una capacidad de absorción de 46,18 mg / g a 301K. Se concluyó que la nanotecnología verde mediante nanopartículas de hierro son un enfoque novedoso y ecológico para eliminar metales pesados tóxicos.

WANG [et al.] (2019), en el artículo titulado Disminución del Cr (VI) a partir de uso de polifenoles en síntesis de NPs Fe. Con el objetivo de proponer un método ecológico que reduzca el Cr (VI). el procedimiento se basó en extraer 2 g de té verde en forma de polvo, estos se calentaron con agua ultra pura a 80°C, se enfriaron, se filtraron, almacenaron a una temperatura de 4°C. Los resultados mostraron una remoción del 93% de Cr (VI) en un tiempo de 180 minutos. Llegando a la conclusión que la cantidad de los polifenoles influye en la síntesis de nanopartículas de hierro, asimismo la remoción se encuentra relacionada con la disminución del pH.

WU [et al.] (2019), en el artículo Aplicación de la química verde en la producción de nanopartículas de hierro para eliminar Arsénico, con el objetivo estudiar el porcentaje de absorción de As. El procedimiento experimental se basó en la recolección de las hojas de eucalipto, las cuales se lavaron, secaron a temperatura ambiente, trituraron y mezclaron con agua destilada a 80°C para luego dejarlo reposando hasta obtener el extracto vegetal. Para la producción de nanopartículas se tituló el extracto vegetal con $\text{FeNO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ (0.1M), el residuo se lavó con etanol anhidrido y se centrifugo hasta obtener un residuo negro que fue lavado 3 veces con etanol y llevado al refrigerador. Los resultados que se obtuvieron fue un tamaño de 51.14 nm, asimismo la remoción As (V) fue 27.7% debido a que las aguas residuales contienen otras sustancias que interfieren con la eliminación de As (V). Llegaron a la conclusión que las nanopartículas de hierro tuvieron una absorción de pseudo modelo de segundo orden. Asimismo, se mostró un nuevo método para obtener nanopartículas de hierro.

XIAO [et al.] (2019), en el artículo de investigación Nanopartículas de hierro por química verde para remover Pb (II), tuvo como propósito utilizar biomoléculas de extractos de eucalipto para la producción de NPs. La metodología se basó en la extracción de 30 gramos de hojas para posteriormente hervirlo con agua desionizada y filtrarlo; para la titulación se utilizó cloruro férrico con el extracto obtenido hasta observar el cambio de color que significa la producción de nanopartículas de hierro. Los resultados mostraron un tamaño de 20 – 40 nm con una forma irregular; asimismo logro remover Pb (II) con una eficiencia de 82,40% en un tiempo de 60 segundos. Llegando a la conclusión que la bio-reducción de Pb (II) utilizando extractos de eucalipto es eficiente debido a la cantidad de polifenoles presentes que actúan como agente reductor.

YI [et al.] (2019), en su trabajo de investigación Síntesis eco amigable de nanopartículas de hierro para eliminar Cr (VI). Con el objetivo de utilizar extractos vegetales de *Nephrolepis auriculata* para producir nanopartículas a base de hierro. La metodología experimental se basó en obtener el extracto, el cual calentaron con agua ultra pura con un tiempo de 80 minutos, para su síntesis

utilizaron la solución de FeCl_3 (0.1 M), agitaron hasta observar un cambio de color. Los resultados mostraron que el diámetro de la nanopartícula fue de 40 a 70 nm con una forma amorfa y esférica, asimismo el nivel de remoción de cromo fue de 90.33%. La conclusión que la *Nephrolepis auriculata* fueron capaces de sintetizar NPs de Fe con una forma esférica y con un diámetro de 40 – 70nm. Asimismo, se logró la remoción de cromo lo que demostró la viabilidad de las nanopartículas para la remediación ambiental.

AHAMED [et al.] (2018), en su investigación Uso de Nanotecnologías de Hierro Zero Valente para remediación del lago Puliyanthangal contaminado por Cromo VI. Tiene como objetivo llevar a cabo una prueba de remediación y evaluación de la toxicidad en uno de los lagos más contaminados de la India para ello se usarán hierro a nano escala. Se usó una metodología eco amigable ya que para la formación de las nanopartículas de hierro se usó $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ y extracto vegetal (*Parthenium hysterophorus*) para la síntesis. Para la prueba de remediación se recogieron muestras de suelo y agua del área de estudio; para su caracterización inicial y final, en la cual fueron aplicadas las NPS. Los resultados obtenidos revelaron una absorción significativa de los metales pesados en las muestras y una reducción de Cromo hexavalente de 0.6 ± 0.0 mg/L a una cantidad por debajo del límite de detección. Por otro lado, se observaron cambios en las propiedades fisicoquímicas con respecto al pH que pasó de 7.3 ± 0.5 a 7.8 ± 0.5 ; oxígeno disuelto 8 ± 0.05 a 7 ± 0.05 ; temperatura 21 ± 1 a 21 ± 0.5 y conductividad eléctrica de 50 ± 1 a 45 ± 1 . Concluyeron que el uso de nanopartículas de hierro es un método rentable para la remediación de Cr (VI).

ESSIEN; KAVAZ y SOLOMON (2018), en su trabajo de investigación Aplicación de nanopartículas hierro a partir de hojas de olivo para remediar iones de níquel (II). Con el objetivo de emplear un agente natural para la reducción de nanopartículas de hierro. El experimento se basó en la recolección de las hojas, las cuales fueron lavadas, secadas en un horno a una temperatura de 40°C por 24 horas, posteriormente se molió y tamizo para que pueda titularse con cloruro de hierro hasta que la reacción vire a un color negro. Los resultados mostraron un tamaño de 30 - 60 nm, y un nivel de remoción al 97% con una dosis de 0,05g.

Se llegó a la conclusión que las hojas de olivo es un excelente agente reductor para sintetizar las nanopartículas de hierro y a la vez son efectivas en la cuanto a la remoción níquel (II).

GOMAA (2018), en su artículo que tuvo como tema de estudio el Uso de Nanocompuestos con nanopartículas de hierro α -quitina para mejorar su capacidad microbiana y degradación de colorantes causadas por la extracción de metales pesados. Con el objetivo de crear FeNP sintetizado con *Corchorus olitorius*. Para la creación de FeNP se recogió 20 gr de *Corchorus olitorius* que se lavaron, cortaron en pequeños pedazos y calentaron a 80°C en 100 ml de agua destilada durante 20 minutos; la solución será filtrada y servirá como agente reductor. Para la síntesis se mezcla 27 g/L de FeCl₃ (0.1 M) con 20 g/L del extracto vegetal, esta se centrifuga a 10.000 x g y se seca a 60°C en el horno durante la noche dando nacimiento a las FeNP. El resultado fue que eliminación de metales gracias a las FeNP, el cual fue Cr³⁺ (97,4%), seguido por el Cd²⁺ (94,3%) luego de Ni²⁺ (92,2%) a una dosis de 2 g/L en un aproximado de 60 minutos. En conclusión, los FeNP demostró una excelente eficiencia en la eliminación de metales pesados mayor al 90%.

JIN [et al.] (2018), en el artículo Nanopartículas de hierro para la reducción y absorción del metal Cr (VI). Con el objetivo investigar los parámetros de eliminación del Cr (VI) a partir de las nanopartículas de hierro. La metodología se fundamenta en la síntesis de FeNPs, para el cual lavaron las hojas de eucalipto, secaron a una temperatura de 60°C, calentaron a una temperatura de 80°C con agua destilada, filtraron, mezclaron y agitaron con FeSO₄ hasta obtener las nanopartículas; se filtraron por segunda vez para obtener el sólido que fue lavado con agua destilada y etanol. Finalmente fue secado al vacío por 8 horas. Los resultados mostraron el tamaño fue 70 nm; asimismo la remoción del Cr (VI) y Cr total fue 98.6% y 84.6% respectivamente a condiciones óptimas con una dosis de 2g/L. Llegando a la conclusión que las nanopartículas de hierro sintetizadas con extracto vegetal lograron remover Cr (VI) además se demostró que la temperatura de reacción de las nanopartículas afecta directamente en la

eficacia de la reducción del contaminante.

LIU; JIN y CHEN (2018), en su trabajo de investigación Producción de nanopartículas por química verde y su uso en la eliminación de Cr (VI). Con el objetivo de analizar la molécula de eucalipto como agente reductor. El experimento se basó en la síntesis de Fe NPs con hojas de eucalipto, estos fueron lavados, secados a temperatura ambiente durante dos días, luego secado a 80°C para extraer 60 g de hojas secas. Posteriormente se calentó con agua destilada a 80°C durante 1 hora, fue filtrado y sintetizado con FeCl₃ llevando a un agitador magnético durante 30 min y finalmente fue filtrado y lavado con agua destilada para su posterior uso. Los resultados de caracterización de las nanopartículas fueron de forma esférica con un diámetro promedio de 95 nm; la remoción del cromo (VI) fue casi el 100%. Llegando a la conclusión que las hojas de eucalipto contienen fenoles y aldehídos que son determinantes para la formación de las nanopartículas, asimismo existe una relación 2:1 entre las hojas y el Fe que logra una mejor absorción de Cr (VI).

NITHYA [et al.] (2018), en el trabajo de investigación Remoción de iones de Ni (II) a partir de nanopartículas de hierro, tuvo como objetivo utilizar el extracto vegetal de *L. camara* para obtener nanopartículas magnéticas. La parte experimental se basó en el método de coprecipitación con sulfato ferroso heptahidratado y cloruro férrico hexahidratado. Para la obtención del extracto se calentó 10 g de *L. camara* con agua, se filtró y se añadió las sales de hierro; se mezcló con amoníaco durante un tiempo de 30 min, hasta que la solución cambie de color y se deje sedimentar. Para su obtención en estado sólido se usó un imán externo para su separación del medio acuoso. Los resultados mostraron un tamaño de 8.6 nm, de naturaleza mesoporosa; asimismo la remoción del ion níquel fue al 96% con una temperatura de 30°C y al 99% con una temperatura de 60°C. Concluyeron que el uso de *L. camara* fue determinante para la eliminación del metal pesado debido al predominio del carboxilato y grupos de hidroxilo presentes en la especie vegetal.

SAMROT [et al.] (2018), en su investigación llevada por título Aplicación de la química verde con la *Azadirachta* para la obtención de nanopartículas de óxido de hierro en el tratamiento de efluentes finales de curtiembres. Se basó en un procedimiento experimental en la obtención del extracto de hojas de *Azadirachta* en la cual se inició con el lavado, secado, molido, para luego adicionarle agua destilada y llevarla a un agitador magnético por 24 horas; en la obtención de las nanopartículas se usó el método de coprecipitación el cual se sintetizó con 0.12gr de $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 0.6gr de $\text{FeCl}_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 50 ml de agua nitrogenada y 10 ml de extracto de *Azadirachta*, el cual sirvió para síntesis y formación de las nanopartículas que posteriormente fueron removidas mediante una barra magnética. El siguiente paso fue añadir 0.01 gr de los SPION sintetizados al efluente. Los resultados que se obtuvieron fue el tamaño de las nanopartículas se encontraban a 25 nm. También redujo los metales pesados como plomo de 0.0020 a <0.000, cobre 0.1468 a 0.0022 y cadmio de 0.0134 a <0.0000. Se tuvo como conclusión que la *Azadirachta* es un agente reductor con un tamaño promedio de 25 nm, también redujo la concentración de los metales pesados presente en efluentes de curtiduría.

SEBASTIAN; NANGIA y PRASAD (2018), en el artículo Producción de nanopartículas de magnetita a partir de cascaras de coco. El procedimiento se basó en calentar 10 g de cascarilla de coco con agua en un tiempo de 30 minutos; se mezcló con cloruro de hierro hasta que vire a un color negro, después se centrifugaron, lavaron con agua desionizada y secaron para obtener las nanopartículas en estado sólidos. Los resultados mostraron la máxima capacidad de absorción de 13,7 mg/g y 9.6 mg/g en cadmio y calcio respectivamente. La conclusión que llegaron fue la producción de nanopartículas por el método verde es una ruta eficiente y amigable con el ambiente.

TRUSKEWYCZ; SUKLA y BALL (2018), en el trabajo de investigación Bio-producción de nanopartículas de hierro para eliminar Cr (VI). Con el objetivo sintetizar nanopartículas por el método verde utilizando cuatro especies vegetales. La metodología se basó en la generación de NPs por cuatro extractos

de plantas: *P. undilatum*, *M. azedarach*, *S. molle* y *S. paniculatum*, las cuales se llevaron a baño a una temperatura de 80°C; para la síntesis se utilizó $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ hasta la obtención de un color negro, lo que significa la síntesis de las nanopartículas. Los resultados mostraron un tamaño de 5 - 10nm, 5 - 15 nm, >100 nm y 30 - 60 nm de las plantas *P. undilatum*, *M. azedarach*, *S. molle* y *S. paniculatum* respectivamente; por otro lado, la reducción del Cr (VI) fue 92.2%, 84.1%, 43.7% y 58.9% en un tiempo de 540 minutos de las respectivas plantas. Llegaron a la conclusión que la reducción a partir de los extractos produce nanopartículas de hierro con características únicas y morfológicas en cada una.

ZHU; HE y LIU (2018), en el trabajo de investigación Eliminación de Cr (VI) en aguas subterráneas por método verde, tuvo como objetivo preparar NPs de Fe utilizando extracto de té verde. La metodología se basó en la preparación del extracto a partir de 12 g de té verde con agua desionizada en un tiempo de 1 hora, luego se enfrió; para la preparación de GT-nZVI se utilizó Fe (II) con el extracto, luego se centrifugo para separar el sólido del líquido, se lavó con alcohol anhidro y finalmente se secaron. Los resultados mostraron un tamaño de 80 - 150 nm con una forma esférica; la remoción del metal Cr (VI) fue de 73.20% en un tiempo de 50 minutos. La conclusión que obtuvieron fue la síntesis de la nanopartícula usando extractos de té verde.

ZHU [et al.] (2018), en el artículo Síntesis de nanopartículas Fe/Cu para remover cromo hexavalente, tuvo como objetivo preparar nanopartículas de Fe/Cu usando el método de química verde. La metodología se basó en pesar 6 g de té verde, el cual calentaron con agua desionizada y filtraron para obtener el extracto; por otra parte, se mezcló $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ y $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ en 100 ml de agua desionizada, luego se añadió 50 ml del extracto hasta la formación del precipitado, estos fueron lavados con agua y alcohol anhidrido y se secó durante toda la noche. Los resultados mostraron un tamaño de 60 - 120 nm con una forma esférica, la remoción fue 94,7% con una dosis de 0.4 g/L de nanopartícula. La conclusión que obtuvieron fue que el té verde actúa como un agente reductor y estabilizante debido a sus características intrínseca, por ello el método verde es una técnica limpia para la eliminación de metales pesados.

CAÑAZACA y CCAMA (2017), en su tesis titulada Nanopartículas de hierro cero valente bio-sintetizada con hojas de eucalipto para remover cromo hexavalente tuvo como objetivo general verificar el efecto de las nanopartículas metálicas en la remoción de Cr (VI); con tipo de investigación experimental y un enfoque cuantitativo. En la primera etapa del experimento, se empleó el método de síntesis verde que permitió obtener la cantidad de polifenoles de las hojas de eucalipto mediante un extracto que servirá para sintetizar con el cloruro férrico teniendo como parámetros la temperatura de reacción, velocidad de agitación y masa de nanopartículas iniciales. En la segunda etapa del procedimiento, se obtuvo nanopartículas en solución y de forma sólida lista para su caracterización. En la tercera etapa, se aplicó las nanopartículas en muestras de plomo mostrando una variación de color inmediata de negro a marrón claro mostrando su eficacia. Los resultados indicaron un valor promedio de 92.6 % en la remoción de cromo por lo que se concluye que es una alternativa altamente eficiente en la solución a problemas medioambientales.

FAZLZADEH [et al.] (2017), en la investigación Síntesis de nanopartículas de hierro cero Valente usando diferentes especies vegetales para la remoción de Cr (VI). Con el objetivo de determinar la utilidad de las nanopartículas preparadas a partir de Rosa damasceno, *Thymus vulgaris* y *Urtica dioica*. La metodología se basó en recolectar 30 g de las especies vegetales, el cual lo trituraron, calentaron a 80°C, filtraron y mezclaron con FeCl₂.4H₂O hasta observar un precipitado negro. Los resultados mostraron un tamaño de 100 nm con una forma irregular, con respecto a la remoción de Cr (VI) fue de 90,74% con Rosa damasco; 93.20% con *Thymus vulgaris* y 92.55% con *Urtica dioica* con 0.2 g de nanopartículas en un tiempo de 10 minutos. Llegando a la conclusión que diferentes tipos de plantas poseen características químicas que hacen posible la producción de nanopartículas y estas a su vez poseen una propiedad de absorción de metales.

MANQUIAN (2017), en el artículo Preparación de nanopartículas a partir de arándanos: Morfología y eliminación de arsénico. Con el objetivo de producir nanopartículas de hierro a partir de extracto de *Vaccinium myrtillus*. El

procedimiento experimental se basó en la preparación del extracto con 8 g de arándano, el cual hirvieron con agua a una temperatura de 90°C; la síntesis se basó en el uso del 5ml $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ con 10 ml de extracto; el producto sólido se centrifugó y se lavó 5 veces con acetona. Los resultados mostraron un tamaño de 52.4 nm con una forma amorfa, el porcentaje de reducción del metal As fue del 70% en un tiempo de 120 minutos. La conclusión que obtuvieron fue que el uso de extractos es muy útil para la formación de nanopartículas de hierro teniendo una capacidad de sorción de 50.40 ± 5.90 mg/g.

WEI [et al.] (2017), en el trabajo llevado por título Biosíntesis de Fe y su mecanismo de remoción de cromo hexavalente. Con el objetivo utilizar *Eichhornia crassipes* como agente reductor y estabilizador para la producción de nanopartículas de hierro. En el procedimiento experimental se usó las hojas de *Eichhornia crassipes*, estas fueron recogidas, lavadas, secadas, molidas y tamizadas; el polvo obtenido fue calentado con agua ultrapura, centrifugado y refrigeradas. Para la síntesis utilizaron FeCl_3 con el extracto obtenido, estos fueron centrifugados, lavados con acetona y etanol, para posteriormente ser secados obteniéndose las nanopartículas en estado sólido. Los resultados mostraron una morfología amorfa con un tamaño de 20-80 nm, la remoción fue 89.9% de Cr (VI) donde el 20,4% se debe a composición química del extracto y 47.3% por el Fe_3O_4 . Llegando a la conclusión que el extracto *Eichhornia crassipes* logro sintetizar el Fe debido a los polifenoles, flavonoide y azucares que fueron responsables de la reducción.

EL-KASSAS; ALY-ELDEEN y GHARIB (2016), en el artículo de investigación Biosíntesis de nanopartículas de óxido de hierro con algas marrones en la remoción de plomo. Con el objetivo utilizar las algas *Padina pavonica* y *Sargassum acinarium* para sintetizar nanopartículas de óxido de hierro. La metodología se basó en la extracción de las algas, estas fueron lavadas con agua destilada, congeladas a una temperatura de - 20°C en un tiempo de 3 días, se molieron, hirvieron, enfriaron y filtraron; con respecto a la síntesis se utilizó el método coprecipitación a partir de FeCl_3 y el extracto. Seguidamente fue agitado, centrifugado, lavado con etanol y secado al vacío a una temperatura de 40°C

para obtener las nanopartículas. Los resultados mostraron un tamaño de 10 - 19.5 nm y 21.6 - 27.4 nm para *P. pavonica* y *S. acinarium* respectivamente, con respecto al nivel de remoción de plomo se logró un 91% y 78% de *P.p* y *S.a* respectivamente. La conclusión que llegaron fue que la biorremediación a partir de las nanopartículas por un método ecológico actúa como un agente reductor y eficiente en la remoción de metales pesados.

MARTINEZ [et al.] (2016), en el artículo Nanopartículas híbridas a partir de síntesis verde para la eliminación eficiente de As (V). Con el objetivo de desarrollar nanopartículas por síntesis verde. El procedimiento experimental se basó en recolectar las hojas, el cual lo lavaron para eliminar impurezas, molieron y tamizaron, escogiendo un 1 g de biomasa para calentarlo con agua ultrapura. Posteriormente se enfrió, se filtró para obtener 4 extractos de especies diferentes: Castaño (*castanea sativa*), pino (*Pinus pinaster*), tojo (*Ulex europaeus*) y eucalipto (*Eucalipto globulus*); para la síntesis usaron $\text{FeNO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ (0.1M) y añadieron 1.2 g de quitosano con ácido actico hasta obtener las nanopartículas híbridas. Los resultados mostraron la absorción del As (V) a un pH 6 - 8, la absorción del metal se dio a las 2 horas. Llegando a la conclusión que el eucalipto tiene mejor capacidad antioxidante, por ello es la mejor opción para la síntesis verde ante los otros extractos.

MYSTRIOTI [et al.] (2016), en el trabajo Evaluación de cinco especies vegetativas para síntesis de nanopartículas, tuvo como objetivo comparar las diferentes especies para la producción de nanopartículas de hierro y su aplicación en la remoción de Cr (VI). La metodología se basó en la preparación del extracto a partir del té verde, hierbabuena y clavo, los cuales se calentaron con agua desionizada a 80°C generado los extractos; por otro lado, el jugo de granada y el vino se diluyeron con agua destilada en 1:5; la síntesis de las nanopartículas se dio a partir de $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ con los extractos obtenidos aplicándose una agitación. Los resultados mostraron la cantidad de polifenoles presentes en cada extracto: té verde, menta y clavo fue 1940, 1059 y 3040 mg/L; mientras que el jugo de granda y vino tinto fue 3394 y 2436 mg/L. La conclusión que obtuvieron fue la mayor extracción de polifenoles se vio en el té verde, menta y clavo molido, la

producción de nanopartículas por el extracto no supero el 50%, la remoción de Cr (VI) se encontró con té verde, jugo de granada y vino tinto fueron las más efectivas en la remoción hasta 500 mg por gramo de hierro de nanopartícula.

NIRAIMATHEE [et al.] (2016), en el trabajo de investigación Aplicación de la química verde para la producción de nanopartículas de Fe. Con el objetivo sintetizar nanopartículas a partir de la raíz *Mimosa pudica*. El procedimiento experimental se basó en recolectar las raíces, estas fueron lavadas, secadas, trituradas en polvo, se extrajeron 5 g para calentarlos con agua destilada, se llevó al agitador magnético, se filtró; para la síntesis utilizaron 50 ml de $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ con 3 ml de extracto; se observó un cambio de color de marrón claro a marrón oscuro. Los resultados mostraron la morfología de la nanopartícula con una forma esférica y 67 nm de diámetro. La conclusión fue la obtención de las nanopartículas a partir de la raíz *Mimosa pudica*, asimismo este método es libre en contaminantes.

POGUBEROVI [et al.] (2016), en el artículo de Eliminación de As (III) y Cr (VI) a partir de las nanopartículas verdes. Con el objetivo sintetizar nanopartículas Zero valentes con polifenoles de roble, morera y cereza; asimismo determinar la cinética de absorción de As (III) y Cr (VI). La metodología experimental para la preparación del extracto fue recoger la hoja, picarlas, tamizarlas y llevarlas a un horno a 50°C. Seguidamente se mezcló las hojas con agua en un frasco y se llevó al agitador magnético con un tiempo de 20 minutos para las hojas de roble y cerezo; mientras las hojas de morera estuvieron a 60 minutos a 80°C. La síntesis de los extractos obtenidos fue mezclada con una solución de Fe (III), asimismo se realizó experimentos de absorción de As (III) y Cr (VI) a través de diferentes concentraciones. Los resultados mostraron que los extractos formaron nanopartículas con forma esférica y de tamaño de 10 - 30 nm; el proceso de absorción fue rápido dentro de los 10 minutos. Llegando a la conclusión que el uso de extractos forma nanopartículas de hierro que son capaces de eliminar As (III) y Cr (VI) con una cinética rápida y una tasa de absorción de pseudo – segundo orden.

PRASAD (2016), en su artículo nanopartículas de óxido de hierro sintetizadas por bio-precipitación controlada utilizando extracto de hoja de ajo (*Mansoa alliacea*). Tuvo como objetivo crear nanopartículas de óxido de hierro (III) que se sintetizaron mediante química verde. Los procedimientos experimentales seguidos son lavar las hojas de ajo con agua desionizada, secarla y triturarlas hasta quedar polvo. Para el extracto se tomó 60 gr de este polvo, se calentó y se filtró quedando un extracto. Posteriormente en una solución de $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (1 M) se sintetizó con el extracto en relación 2:3 a un pH de constante 6. La aparición de un color negro intenso estuvo marcada por la formación de nanopartículas de óxido de hierro (III) como consecuencia de la reacción de reducción. Los resultados arrojaron que el extracto de Garlic Vine formaron nanopartículas de tamaño 18,22 nm y el intervalo de banda de 2,84 eV corresponde a la transición semiconductor indirecta permitida. Llegando a la conclusión que el uso de las hojas de ajo son un método innovador y eco-amigable para la síntesis de nanopartículas de hierro.

WEI [et al.] (2016), en el artículo Nanopartículas de Fe por síntesis verde a partir de cáscaras de *Citrus máxima*, con el objetivo de optimizar su uso para la producción de nanopartículas de hierro. La metodología se basó en lavar las cáscaras, se hirvieron con agua ultrapura en un tiempo de 80 minutos, se centrifugaron, se almacenaron; con respecto a las síntesis se añadió FeCl_3 con el extracto hasta observar un cambio de color de amarillo a negro. Los resultados mostraron un tamaño de 10-100 nm de forma irregular. Se llegó a la conclusión que las nanopartículas de hierro por síntesis verde son un método amigable y económico ya que se basa en el rehúso de las cáscaras.

WENG [et al.] (2016), en el artículo Reducción de metales pesados por nanopartículas de hierro elaboradas por química verde, tiene como objetivo caracterizar las nanopartículas y determinar la cinética de absorción en Cr (VI) y Cu (II). Para la síntesis verde se preparó un extracto de eucalipto, el cual se tomó 50 g para calentarlo con agua y dejarlo enfriar, luego se realizó la extracción al vacío. El extracto obtenido fue titulado con FeSO_4 hasta que se observó una

variación a color negro. Los resultados mostraron un tamaño de 20-80 nm, la eliminación de Cr (VI) y Cu (II) fue de 74.2% y 45.2% cuando se encontraban por separado mientras que cuando coexistían el nivel de remoción fue 58.9% y 33% de Cr (VI) y Cu (II) respectivamente. La conclusión a la que se llegó fue la obtención de las nanopartículas de hierro por síntesis verde para la eliminación de Cr (VI) y Cu (II) con una reacción de absorción de segundo orden.

EHRAMPOUSH [et al.] (2015), en el artículo de investigación Nanopartículas de hierro a partir de cáscaras de mandarina en la eliminación de cadmio. Con el objetivo de sintetizar las nanopartículas de hierro a partir del método coprecipitación. La metodología se basó en la recolección las cáscaras de mandarina, el cual fueron lavadas con agua destilada, molidas, tamizadas hasta obtener un polvo. Seguidamente, se calentó con agua destilada a 80°C, y dejó enfriar para ser filtrado; para la preparación de las nanopartículas se utilizó el método coprecipitación a partir de dos sales FeCl_3 y $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ en presencia del extracto, se añadió amonio hasta obtener el precipitado, el cual se lavó con agua destilada y se secó por una semana hasta su posterior aplicación en soluciones de Cd. Los resultados mostraron nanopartículas con tamaño de 50 nm y de forma esférica, con respecto a la a la remoción del Cd fue 88.7% en un tiempo de 90 minutos con 0.4 gramos de nanopartículas. Llegando a la conclusión que el uso de cáscaras de mandarina permite la obtención de nanopartículas y se puede controlar el tamaño y la forma durante el proceso de síntesis verde.

KUMAR; SINGH y PANDEY (2015), en el artículo de investigación Capacidad de absorción de las nanopartículas de hierro en la remoción de plomo, tuvo como finalidad sintetizar nanopartículas de hierro usando como agente reductor a la hoja *E. officinalis*. El procedimiento experimental se basó en la recolección de las hojas, estos fueron secadas, lavadas, cortadas, calentadas con agua destilada durante 25 - 30 min, enfriadas toda la noche, para luego ser filtradas y almacenadas a una temperatura de 4°C. Respecto a la síntesis se usó FeCl_3 y se mezcló con el extracto obtenido en diferentes proporciones hasta obtener un precipitado que luego fue agitado por 10 minutos. Los resultados mostraron que

la cantidad de polifenoles presentes de 27.7%, el tamaño fue 22.6 nm y de forma esférica, la remediación de plomo se dio al 99.9% con un tiempo de 24 horas. La conclusión que llegaron fue la obtención de nanopartículas mediante síntesis verde con el extracto *E. officinalis*, los cuales contienen polifenoles y ácido ascórbico.

PRASAD, GANGADHARA y VENKATESWARLU (2015), en el artículo Síntesis de nanopartículas de Fe_3O_4 a partir de cáscaras de sandía. Con el objetivo de utilizar las cáscaras de sandías para generar nanopartículas. El procedimiento se basó en lavar dos veces las cáscaras de sandía, el cual se secaron y molieron hasta formar un polvo, la cantidad de 10 g se calentó con agua destilada, hasta obtener un color amarillo pálido; la síntesis utilizó $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ y acetato de sodio para disolverlo en 30 ml de extracto, la solución obtenida se aísla usando un campo externo, se lava con etanol, se seca a una temperatura de $90^\circ C$. Los resultados mostraron un tamaño de 2-20 nm. La conclusión que obtuvieron fue otra manera de sintetizar nanopartículas a partir de cascaras de sandía, asimismo el método verde es equilibrado con el ambiente.

RAVIKUMAR [et al.] (2015), en el trabajo de investigación Comparación de síntesis verde y químico para la producción de nanopartículas de hierro y su aplicación en la remoción de Cr (VI). Con el objetivo de combinar estudios sobre eliminación de Cr (VI) y la ecotoxicidad. La metodología se basó en la producción de nanopartículas mediante el extracto de *Azadirachta indica*, estos fueron cortadas, lavadas, hervidas en un tiempo de 2 horas, filtradas, almacenadas a $4^\circ C$, para la síntesis se utilizó $FeCl_3$ con el extracto, el cual se añadió gota por gota, dando como resultado la formación nZVI; luego se filtró, lavo con etanol 3 veces y se secó. Los resultados mostraron las NPs con forma esférica y tamaño de 211 nm y 251 nm en síntesis verde y química respectivamente. Asimismo, la remoción del cromo fue 80.04% y 81.08% para la síntesis verde y química respectivamente. La conclusión fue que la eliminación del Cr (VI) con nanopartícula de hierro tienen una relación directa cantidad de la dosis y tiempo de contacto e inversamente proporcional al aumento de concentración.

PRASAD, GHANDI y SELVARAJ (2014), en su investigación Síntesis de nanopartículas verdes de hierro (GnIP) y su aplicación en la eliminación de As (III) y As (V), tuvo como objetivo sintetizar nanopartículas de hierro con el extracto de menta y usarlos en la adsorción de arsenito y arseniato de una solución acuosa. El procedimiento experimental para la síntesis de nanopartículas de hierro consistió en tomar 5g de hojas de menta fresca, lavarlas a fondo con agua destilada y cortarlas finamente para luego macerarlas en 50 ml de una mezcla de agua y metanol. Seguidamente se centrifugo, quedando un extracto que será titulado mediante la técnica del goteo con una solución de $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$, bajo agitación magnética generando así las NPs. Estas fueron puestas en contacto con solución de As (III) y As (V) en una dosis de 2g/L. Los resultados comprobaron la eficiencia de eliminación de As (III) y As (V) en un 98.79% y 99.65% respectivamente. Llegando a la conclusión que las GnIP verde representan una herramienta efectiva para la eliminación de arsénico en aguas contaminadas.

El informe de investigación se fundamentó en las siguientes teorías:

Las nanopartículas se definen como partículas que oscilan entre 1 – 100 nm, los cuales se puede obtener de manera inorgánica y orgánica. (ARRUEBO [et al.], 2007).

Las principales propiedades de las nanopartículas está en su relación superficie/volumen ya que mientras su tamaño es más pequeño, la proporción de átomos en la superficie es mayor, lo que ocasiona una reacción de absorción e interacción con otras moléculas y átomos (CAÑAZACA y CCAMA, 2017). Es decir estas partículas a nano escala poseen una alta proporción de átomos en su superficie que originan propiedades eléctricas, ópticas, magnéticas, químicas, mecánicas y biológicas en su estructura (HERNANDEZ, 2013). Y se pueden desarrollar en campos de la medicina, la biotecnología, farmacia, electrónica, ecología, entre otros (PULIT-PROCIAK y BANACH, 2016).

Las nanopartículas pueden clasificarse como incidentales, de ingeniería, amorfas, cristalinas, naturales, poliméricas y compuestas (HERNANDEZ, 2013). Pero si lo relacionamos según su composición química se pueden agrupar en dos tipos: Las nanopartículas orgánicas que presentan carbono en su estructura y las inorgánicas

que incluyen nanopartículas de metales nobles (oro y plata), nanopartículas semiconductoras (óxido de titanio y zinc) y las nanopartículas magnéticas. (RAMYA Y SUBAPRIYA, 2012).

La forma que posee la nanopartícula es una de sus principales características puesto que esta permite controlar sus propiedades y mejorar su uso en sus aplicaciones. Las formas que estas estructuras poseen por lo general son: esféricas, cilíndricas, en barras y plaquetas (HERNANDEZ, 2013).

Tradicionalmente, las nanopartículas solo se producían por métodos químicos o físicos, sin embargo, en los últimos años se han buscado vías más ambientales y baratas, dando paso a métodos biológicos los cuales consisten en el uso de plantas y enzimas microbianas para su síntesis, como se muestra en la figura N°1. (RAMYA Y SUBAPRIYA, 2012).

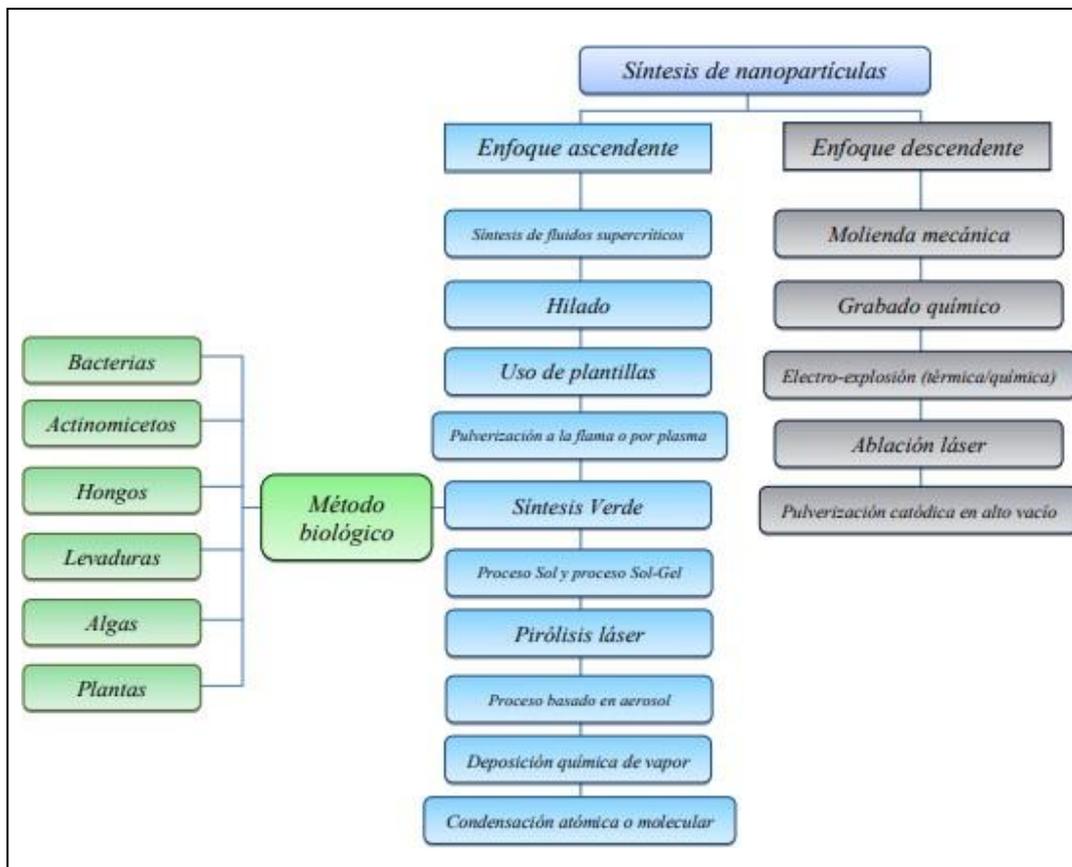


Figura 1: Esquema de distintos métodos para la síntesis de nanopartículas

Fuente: (HERNANDEZ, 2013)

También se puede clasificar según dos estrategias usadas en la síntesis de nanopartículas para su producción. Estas consisten en un enfoque ascendente, ir construyendo la nanopartícula de abajo hacia arriba o descendente, de arriba hacia abajo.

De Abajo hacia arriba (BOTTOM UP): Es también conocido como síntesis química. Se da a nivel atómico en el que se dividen una sustancia molecular para producir átomos de metal para luego unirse hasta llegar a coloides mono dispersos (WANG y XIA, 2004). El método es ascendente logra controlar el tamaño de las nanopartículas (LOW, [et al.], 2017). Es un método directo ya que utiliza precursores metálicos, utiliza un agente que no permite la acumulación de las nanopartículas usados comúnmente en medio líquido. Permite formar el mejor tamaño de las partículas y dispersión, pero tienen un costo mayor que el método Top Down (Figura N°2) debido a que se necesita de cierto reactivos, equipos y condiciones para realizar las reacciones para la formación de las nanopartículas.

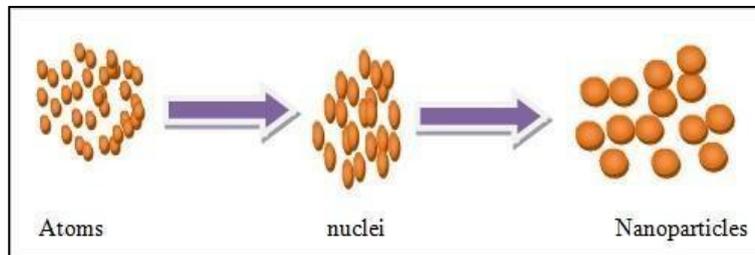


Figura 2: Método Botton, up para obtener las nanopartículas

Fuente: (KUMAR [et al.], 2015)

De arriba hacia abajo (TOP-DOWN): también conocido como método físico (FiguraN°3), se da un proceso de rompimiento de un metal hasta obtener materiales a tamaño de nanoescala (WANG y XIA, 2004). Método descendente cuya principal desventaja son las imperfecciones en las nanopartículas (CAO, 2003). Este método es el más barato y se pueden preparar en cantidades mayores.

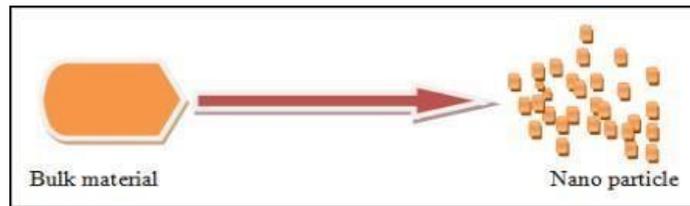


Figura 3: Método Top-down para obtener las nanopartículas

Fuente: (KUMAR [et al.], 2015)

El método Biológico, se basa en el uso de extractos de plantas y microorganismos, lo cuales son usados como agentes reductores para crear las nanopartículas. Este método es el más sostenible con el ambiente y son considerados como procesos más efectivos y menos costosos (KUMAR [et al.], 2015).

La química verde es una rama de la química que busca utilizar solventes naturales que no generen cambios adversos al ambiente y basa en tres aspectos: Económico ya que debe costar menos, eficiencia en su uso y generar la menor cantidad de residuos (MANAHAN, 2006). También establece el progreso, diseño y producción de sustancias químicas que buscan minimizar la generación de compuestos peligrosos (CRECENTE, 2010).

En la síntesis verde ocurren los procesos de reducción y oxidación, en las que las vías para sintetizar son enzimas microbianas y extractos de plantas. Estos no generan un efecto adverso en las personas y son rentables. Generalmente, los científicos buscan usar extractos de fuentes que no sean alimentos, como cascaras, árboles y pastos (EBRAHIMINEZHAD [et al.], 2017).

Las plantas son consideradas como agentes reductores debido a que contienen en su interior azúcares (glucosa, fructosa), vitaminas (C y B12), hidroxilos o aminos, los cuales disminuyen los iones metálicos presentes a nanopartículas metálicas (MARIMON, 2018). Asimismo, las plantas que contienen polifenoles son a menudo la mejor opción para reducir y estabilizar, porque estos son biodegradables, no tóxicos y solubles en agua a temperatura ambiente. Además, pueden formar complejos con iones de hierro y luego reducirlos a nanopartículas metálicas (MARKOVA [et al.], 2014).

Los beneficios de la síntesis verde (Figura N°4), es una mayor manipulación de las nanopartículas, asimismo su crecimiento y estabilidad (RAMYA y SUBAPRIYA, 2012).

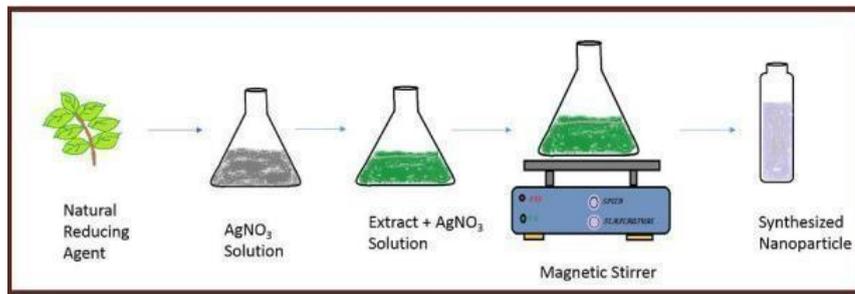


Figura 4: Síntesis verde para obtener nanopartículas

Fuente: (KUMAR [et al.], 2015)

Por otro lado, las nanopartículas magnéticas poseen como características primordiales tener un comportamiento superparamagnético, ser biocompatibles, de tamaño muy pequeño y uniforme, no tóxico y tener una propiedad de no sedimentación. Estas nanopartículas generalmente tienden a aglomerarse cuando se encuentran en medio acuoso, es por ello por lo que tienden a necesitar un estabilizador para que puedan dispersarse. (SALAZAR Y MARTINEZ, 2017) Cuando dos nanopartículas se encuentran dispersan en el medio tienden a atraerse por las fuerzas de Van der Waals y el movimiento Browniano, que es un movimiento aleatorio donde para que las nanopartículas colisionan entre sí (Figura N°5). Por esta razón es necesario usar agentes protectores que contrarresten estas fuerzas, puesto la fusión de las nanopartículas influye en la aglomeración de las mismas (CAO, 2003).

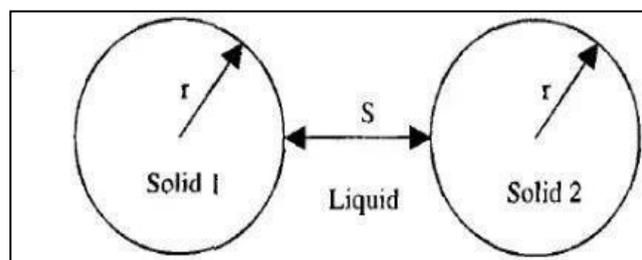


Figura 5: Partículas en la interacción de Van der Waals

Fuente: (CAO, 2003)

Las nanopartículas de hierro se pueden transformar en superparamagnéticas cuando tenga un tamaño menor de 25 nm (ARRUEBO [et al.], 2007). Se caracteriza por contener el paramagnetismo y su susceptibilidad magnética. Tienen en su interior un óxido de hierro (ARIAS, LOPEZ y RUIZ, 2008).

El magnetismo en nanopartículas de hierro tiene dos aspectos importantes: El límite de tamaño que hace que la partícula se encuentre en un solo dominio y la temperatura elevada que genera el fenómeno de superparamagnetismo (BUENDIA, 2009). En la actualidad, los óxidos de hierro en escala nanométrica han cobrado gran relevancia debido a las propiedades que posee principalmente en el campo magnético lo que permite sus aplicaciones en áreas como la biología, biomedicina y en remediación ambiental (GONZÁLES, 2016). Las nanopartículas de hierro son de naturaleza coloidal y tienen una fuerte tendencia a agregarse y adherirse a suelos y sedimentos. Estas en su mayoría son de forma esférica, con respecto a su tamaño un 80% muestran diámetros menores a 100 nm y un 50% menor a 60nm, ello según una encuesta con 40 muestras caracterizadas con imágenes TEM (LI, ELLIOTT y ZHANG, 2006).

Las nanopartículas de hierro poseen un modelo core-shell (Figura N°6), en el cual su núcleo expuesto contiene hierro cero valente. La cubierta tiene óxidos/hidróxidos de hierro formados por hierro de valencia cero (LI, ELLIOTT y ZHANG, 2006).

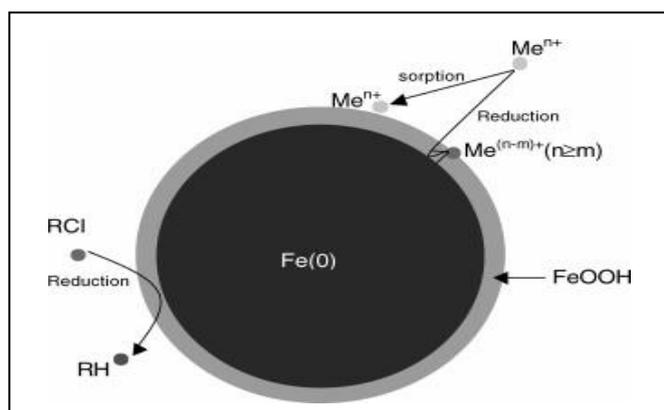


Figura 6: Modelo Core-shell (núcleo - revestimiento) de nanopartículas de hierro

Fuente: (LI, ELLIOTT y ZHANG, 2006)

Las nanopartículas de Fe son peculiarmente son reactivas y poseen propiedades que cambian conforme el tiempo y la química de la solución de acuerdo con las condiciones ambientales (LI, ELLIOTT y ZHANG, 2006). Además, su comportamiento fisicoquímico y biológico puede ser afectado por su tamaño, forma, composición, carga y naturaleza de recubrimiento (DALBOSCO, 2012).

Uno de los principales problemas de estas nanopartículas es durante la síntesis, debido a la naturaleza coloidal de las nanopartículas magnéticas (DALBOSCO, 2012). La síntesis es uno de los parámetros más importantes para su producción. Por tal razón, existen diversos métodos de síntesis, algunas más complejas que otras, y cada una brinda diferentes resultados en cuanto al tamaño, morfología y magnetización de las NPs de Fe (DALBOSCO, 2012).

Algunos de estos métodos de síntesis son:

El método de síntesis por coprecipitación es el más simple y usado químicamente para obtener nanopartículas de hierro. Consiste en preparar una mezcla estequiométrica entre sales ferrosas y férricas en un medio acuoso. De forma que reaccione y se oxide con el aire formando nanopartículas en condiciones básicas. La ventaja es que se pueden generar gran cantidad de nanopartículas mediante este método, pero el control de su tamaño y forma es limitado (DEL RIO, 2014).

El método Sol – Gel es un método que consiste en la hidroxilación y condensación de moléculas precursoras. Las sustancias inorgánicas forman una fase llamada gel húmedo, pero se debe usar un agente que genere calor para obtener el estado cristalino de las nanopartículas. Este método proporciona varias ventajas como obtener una fase amorfa, monodispersidad cuando las partículas están en la fase de gel en la matriz, manipulación del tamaño de la partícula o recubrimiento. Sin embargo, muchas variables deben ser controladas (temperatura, pH, Sal, revuelta, etc.) (MAGDALENO, 2017).

El método de reacciones en medios confinados se tiene un control mayor en cuanto al tamaño de las nanopartículas, pero el procedimiento es un tanto más complejo. Las reacciones deben darse en entornos limitados que incluyan surfactantes para crear micelas reversas en solventes apolares. En el interior se generará reacciones entre apoferritina, dendrímeros, emulsiones o membranas

fosfolipídicas (MAGDALENO, 2017).

La síntesis verde es la más ecológica debido que no involucra productos químicos nocivos (EL-KASSAS, ALY-ELDEEN y GHARIB, 2016). En este método se utilizan extractos de plantas, vitaminas, polímeros o microorganismos que funcionan como agentes reductores y estabilizadores (MARKOVA [et al.], 2014). Una gran ventaja de este método, puesto al usar tan solo dos reactivos, sin necesidad de algún equipo o instrumento especial lo hace bastante simple (LI, ELLIOTT y ZHANG, 2006).

No obstante, para saber las características y tamaño de nanopartículas se usan métodos como:

La espectroscopía infrarroja por transformación de Fourier, conocida por sus siglas en inglés “FT-IR” es un método que permite medir la vibración y rotación de las moléculas influenciadas por radiación infrarroja a una longitud de onda específica. Su procedimiento consiste en emitir radiación desde una fuente IR a través de un interferómetro compuesto por un divisor de haz, un espejo fijo y un espejo móvil (Figura 7). De esta forma se obtienen espectros IR de la muestra y se mide la intensidad de la radiación que pasa en un número de onda específico que permite la caracterización de partículas (FAGHIHZADEH [et al.], 2016).

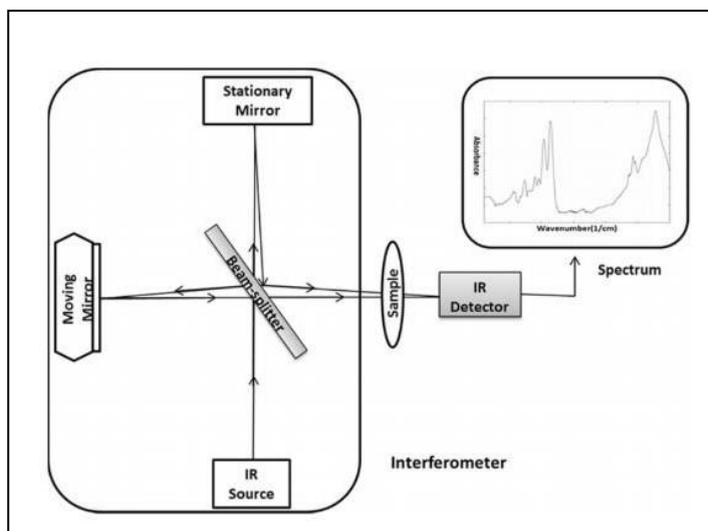


Figura 7: Componentes de espectroscopía infrarroja por transformación de Fourier

Fuente: (FAGHIHZADEH [et al.], 2016)

La difracción de rayos X (XRD), es usado en los últimos años en el estudio de minerales, materiales catalíticos, ferroeléctricos, etc. En la nanociencia a sido de gran ayuda debido a que permite caracterizar a nanopartículas en estado sólido. La información que permite saber el tamaño de las nanopartículas se recoge a partir de difractogramas donde se determina el sistema de la nanopartícula y los parámetros de la celda unitaria a la que pertenece el compuesto; y con las intensidades de reflexión es posible determinar la distribución de átomos, la geometría de los perfiles y el tamaño de la nanopartícula (APARICIO y CARBAJAL, 2010).

El método TEM o Microscopía electrónica de transmisión consiste en generar imágenes usando un microscopio electrónico de Transmisión. En esta metodología es necesario seguir el protocolo NIST que indica el estado y cantidad de nanopartículas necesarias para realizar mediciones confiables (SOUZA, CIMINELLI y MOHALLEM, 2015).

La dispersión dinámica de luz (DLS) es una técnica no invasiva que permite medir el tamaño y distribución de la nanopartícula. También utilizan el protocolo NIST y como instrumento de dispersión de luz dinámica (SOUZA, CIMINELLI y MOHALLEM, 2015).

En la actualidad, las nanopartículas de hierro han recibido mucha atención por sus posibles aplicaciones en tratamiento de aguas contaminadas y áreas afectadas (PANG [et al.], 2006). También, han tenido un gran desempeño en cuanto a la degradación de contaminantes orgánicos especialmente en solventes orgánicos clorados.

Asimismo, las nanopartículas de hierro han mostrado su eficiencia en la remoción de metales pesados.

Los metales pesados son un grupo de elementos con características metálicas, que incluyen metales de transición, ciertos semi-metales, lantánidos y elementos de acción. El criterio más común para su clasificación se basa en la densidad específica, según la cual los elementos con una densidad superior a

5 g / cm³ se incluyen en este grupo. Sin embargo, algunos autores consideran que esta definición es inapropiada porque la densidad específica no es una referencia a la reactividad o toxicidad de los metales.

Los metales pesados están presentes en forma natural y antrópica y son fuente de contaminación que afectan al medio ambiente, la seguridad alimentaria y la salud de las personas (REYES [et al.], 2016). Algunos de estos metales son beneficiosos para el cuerpo, pero en bajas concentraciones, si sobrepasan en límite puede resultar nocivo. (AHUCHAOGU [et al.], 2018)

Las actividades antropogénicas como minería, fundición, agricultura e industria (en sus desechos o descargas) exponen al medio metales como: plata (Ag), arsénico (As), oro (Au), cadmio (Cd), cobalto (Co), cromo (Cr), cobre (Cu), mercurio (Hg), níquel (Ni), plomo (Pb), uranio (U), zinc (Zn), etc. (AHUCHAOGU et al., 2018). Ello implica un problema debido a su elevada toxicidad en medios de (agua, aire y suelo), alta persistencia y rápida acumulación en organismos vivos (REYES [et al.], 2016)

En el agua, posee una tendencia a moverse y ya que no pueden ser degradados fácilmente de forma natural o biológica se acumula en seres vivos (REYES [et al.], 2016).

Los principales metales contaminante son:

El cadmio (Cd) se encuentra de forma natural en rocas y suelos, y se liberan cerca de 25000 toneladas al medio ambiente. Por otro lado, las industrias y el área agrícola generan un gran incremento de las concentraciones de este metal al medio, puesto que es un metal muy utilizado en estas actividades. Las personas que se contaminan por este metal son generalmente por el consumo de agua o ingesta de comida contaminada (vegetales, cereales, frutas, carne animal y pescados). La toxicidad en personas es elevada debido a que este metal tiende a acumularse en órganos como riñón o hígado, produciendo daños irreversibles en la persona (REYES [et al.], 2016).

El plomo es un metal que ha sido usado en diversas industrias por muchos años debido a sus características como resistencia a la corrosión, ductilidad,

maleabilidad y facilidad para hacer aleaciones. Sin embargo, su empleo ha provocado diversas enfermedades respiratorias debido a su inhalación, así como la acumulación en órganos y huesos; y la ingestión por el polvo y alimentos contaminados (REYES [et al.], 2016).

El arsénico está ampliamente distribuido en la atmósfera en cuatro estados de oxidación: As(V), As (III), As (0) y As(-III). Pueden ser de origen orgánico e inorgánico. El As (III) puede provenir de la reducción biológica del As (V), y predomina en zonas cercanas a industrias, sin embargo, ambos son representativamente tóxicos en medios acuosos. Los efectos toxicológicos del As no son muy conocidos, pero enfermedades como la arsenicosis o hidroarsenicismo crónico presenta elevadas concentraciones de As inorgánico generando problemas respiratorios, enfermedades cardiovasculares, gastrointestinales y efectos cancerígenos en las personas (REYES [et al.], 2016).

El cromo hexavalente es un tipo de metal muy usado en diversas actividades e industrias y es sumamente tóxico cuando es liberado al medio. Las actividades que más en riesgo están con este metal son: minería y trituración, preservación de madera, soldadura, fabricación de cemento, industria de pinturas, industria del cuero, industria fotográfica, industria galvánica, trabajadores de metales y producción de acero inoxidable. La población expuesta a este metal ya sea porque trabajan directamente con esta o viven cerca a alguna de estas industrias presentan afecciones en común como cáncer pulmonar, enfermedades respiratorias o problemas dermatológicos (CUBEROS, RODRIGUEZ y PRIETO, 2009). Por ello una de las soluciones más eficaces propuestas en la mayoría de los estudios es su reducción a cromo trivalente, el cual no es tan contaminante e inocuo (MIRANDA y DA SILVA, 2014).

III. METODOLOGÍA:

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación:

La presente investigación fue de tipo aplicada con enfoque cuantitativo. Según ELIZONDO (2002) es aquella investigación que se basa en la aplicación de los conocimientos teóricos de manera directa. Por ello, la investigación se basa en los conceptos de síntesis verde, nanopartículas de hierro, remoción de metales pesados.

Diseño de investigación:

El diseño es no experimental. Según TORO y PARRA (2006) son aquellas investigaciones que no se puede manipular las variables intencionadamente debido a que ya ocurrieron. En cambio, solo se analiza el fenómeno y el contexto, para luego ser analizados.

3.2. Variables y operacionalización

Tabla 1: Variables de investigación

Variabes de investigación	Tipo
Nanopartículas de hierro sintetizadas con extractos vegetales	Variables independientes (estímulo)
Remover metales pesados en medios acuosos	Variable dependiente (efecto)

3.3. Población, muestra y muestreo

Población: Es un grupo a estudiar que concuerdan en algunas características, las cuales son objeto de investigación (GÓMEZ, 2006).

La población serán todos los artículos publicados desde el año 2014 hasta el presente sobre los temas: nanopartículas de hierro por síntesis verde, remoción de metales pesados en medios acuosos

Criterios de inclusión:

- Estudios internacionales indexados.
- Estudios desde el periodo 2014 hasta la actualidad.
- Estudios de nanopartículas de hierro.
- Estudios de producción de nanopartículas por síntesis verde.
- Estudios de la eficacia de las nanopartículas en la remoción de metales pesados en medios acuosos.

Criterios de exclusión:

- Estudios sin porcentaje de remoción de metales pesados.
- Estudios donde la aplicación de nanopartículas removía contaminantes diferentes a metales pesados.
- Estudios que aplicaron las NPs Fe en forma de solución.
- Estudios donde solamente sintetizaron las nanopartículas por química verde mas no se puso en práctica su propiedad de remoción.
- Estudios donde la producción de nanopartículas se realizaba por métodos sintéticos.
- Estudios que removían metales pesados en suelos.

Muestra:

Tamaño de la muestra: Según MALHOTRA (2004) el tamaño de la muestra es un subgrupo que pertenece a la población, el cual ha sido escogido como parte del estudio. La muestra permite realizar deducciones con respecto de la población.

La muestra será aquellos estudios que cumplan con los criterios de inclusión; en la presente investigación fueron 12 artículos científicos.

Unidad de análisis: Un artículo científico

Técnica de muestreo: El muestreo no probabilístico es un método en el cual el investigador de acuerdo con su criterio elige la muestra. La selección de la muestra se puede dar de acuerdo con los antecedentes del área o indagando otras formas de selección. La técnica de muestreo puede generar errores debido

a que no fueron elegidos al azar (ABASCAL y GRANDE, 2005).

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la realización de la investigación se utiliza la técnica de análisis documental, para recolectar la información correspondiente.

Instrumentos de recolección de datos:

Los instrumentos que se emplearán en la investigación serán las siguientes fichas de información:

Ficha 1: Hoja de revisión de las fuentes bibliográficas.

Ficha 2: Hoja de Recopilación de información sobre las nanopartículas de hierro por síntesis verde en la remoción de metales pesados

Validez del instrumento: Según NAMAUFOROOSH (2005) afirma que la validez es la capacidad del instrumento de medir las variables que se pretende analizar. Para el trabajo de investigación, los instrumentos utilizados serán validados por 3 expertos en el tema (ver anexo 4).

Confiabilidad del instrumento: Según NAMAUFOROOSH (2005) define como el grado de exactitud del instrumento a utilizar para realizar la medición.

3.5. Procedimiento

La revisión sistemática de la literatura se realizó conforme a las directrices PRISMA.

- Estrategia de búsqueda de información

Para ello se realizó una búsqueda electrónica en las diferentes bases de datos en línea como Science Direct, Taylor of Fancis, Springer link, Elsevier, Scientific.net y repositorios de las universidades.

Tabla 2: Bases de datos con respecto a Nanopartículas de hierro sintetizadas con extractos vegetales en la remoción de metales pesados en medios acuosos

Base de datos	Palabra clave
Science Direct	Iron Nanoparticles, Characterization, Remediation, Contaminants, Heavy metals removing, water.
Taylor of Fancis	Nanoparticles, iron oxide, heavy metal, remediation.
Spriger link	Iron nanoparticle, extract, heavy metal removing.
Elsevier	Iron nanoparticle, Heavy metal, green synthesis.
Scientific.net	Metal nanoparticles, Heavy metal, removal, Aqueous solutions.
Repositorios	Iron nanoparticles, extract, green synthesis, heavy metal.

- Selección de información para el metaanálisis aplicando los criterios de inclusión y exclusión a partir del Protocolo Prisma.
- Luego se aplicó la Metodología Robins I para medir los sesgos de publicación.
- Para la recopilación de datos, se creó un inventario en el programa Excel 2019 (ver anexo 5), el cual contendrá datos que serán utilizados para el metaanálisis. (Teniendo en como regla general un volumen de 10 L como solución para metales pesados):

Cada artículo revisado, se catalogaron de acuerdo a las siguientes variables: Autor, año, extracto vegetal, dosis de NPs, tamaño, forma, metales pesados en medios acuosos, % reducción y tiempo de contacto.

- Para el análisis estadístico se utilizó el software Review Manager 5.4.

3.6. Métodos de análisis de datos

Para el análisis de datos se utilizó el metaanálisis que determinó la heterogeneidad con el estadístico de Mantel - Haenszel, esta se basa en dos aspectos: La relativa diferencia entre estudios y la cuantificación de la variabilidad entre los resultados que obtuvo el tratamiento en diferentes metales en medios acuosos.

3.7. Aspectos éticos

El presente proyecto de investigación cumplirá con el código de ética establecida por la Universidad Cesar Vallejo, asegurando la veracidad del estudio como de sus resultados.

Además, la información será debidamente citada con el objetivo de tomarlo como base para la discusión de resultados.

IV. RESULTADOS

Para la búsqueda electrónica inicial, se localizaron 310 estudios en fuentes como Science Direct, Spriger link, Taylor of Fancis, Elsevier, Scientific.net y Repositorios, que de preferencia son artículos indexados e internacionales. De las 430 publicaciones identificadas, 30 fueron eliminadas por duplicación y 126 fueron excluidas después de la selección inicial de títulos y resúmenes, de los 274 estudios restantes como se obtuvieron y analizaron los textos completos, descartando 219 artículos, por las siguientes razones: Estudios sin porcentaje de remoción de metales pesados (n=41); estudios donde la aplicación de nanopartículas removía contaminantes diferentes a metales pesados (n=58; estudios que aplicaron las NPs Fe en forma de solución (n=27); estudios donde solamente sintetizaron las nanopartículas por química verde mas no se puso en práctica su propiedad de remoción (n=43); estudios donde la producción de nanopartículas se realizaba por métodos sintéticos u otros metales (n=37) y estudios que removían metales pesados en suelos (n=13). Finalmente, 55 estudios cumplieron con todos los criterios de inclusión; sin embargo, solo 12 de estos estudios pudieron ser incluidos en la revisión cuantitativa. El diagrama de flujo PRISMA (figura N 8) ilustra todo el proceso de selección descrito.



PRISMA 2009 Flow Diagram

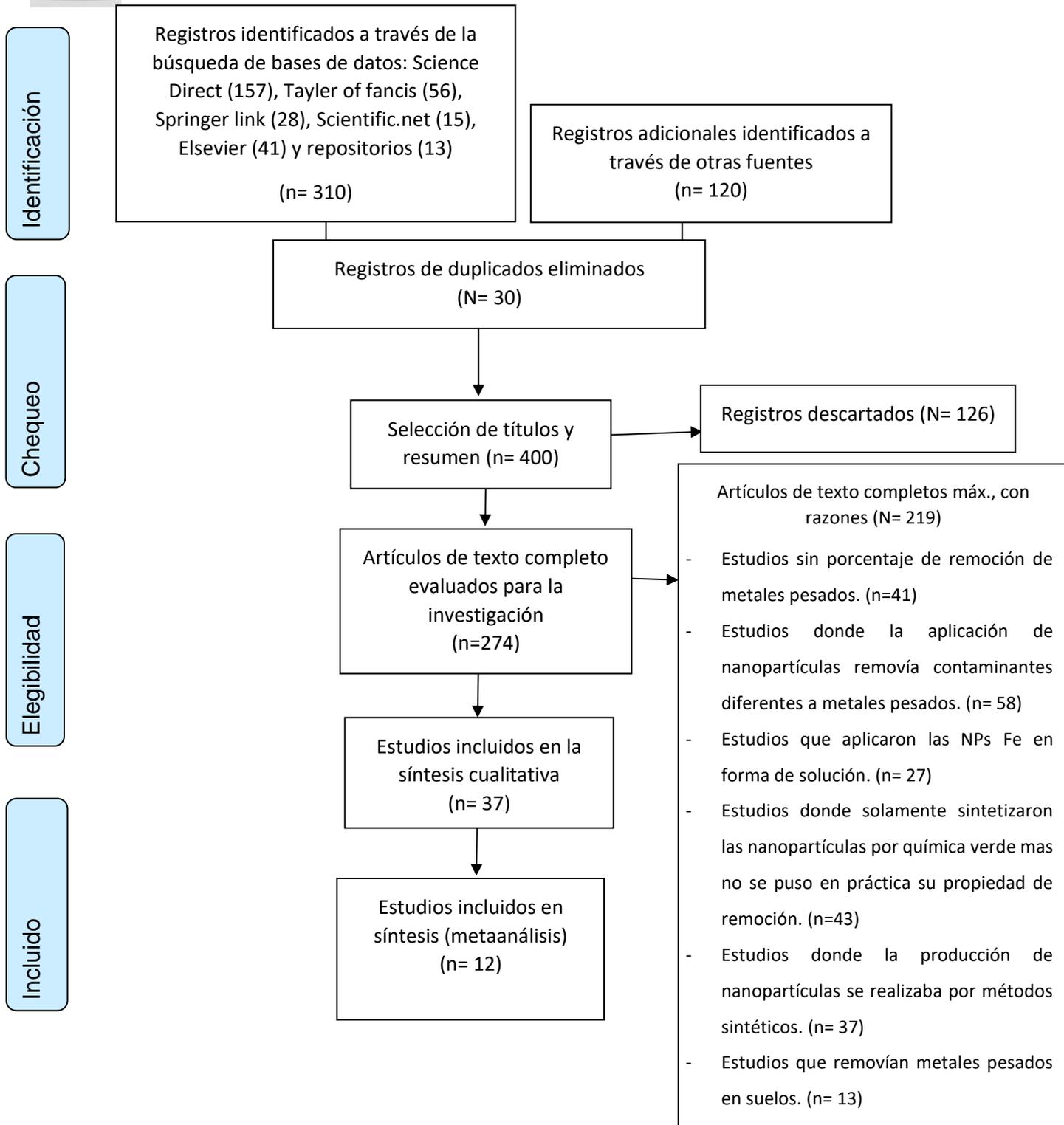


Figura 8: Selección de artículos basados en el protocolo PRISMA

Fuente: (MOHER [et al], 2009)

Para la evaluación de la calidad se utilizó la herramienta Robins I (tabla N°4), la cual es una herramienta que mide el riesgo de sesgo para evaluar estudios no aleatorios. Para ello, se toma en consideración las características del estudio antes del tratamiento, mediante el tratamiento y después del tratamiento con NPs Fe. Lo vemos en la tabla N°3.

Tabla 3: Características del estudio

Previo a la intervención	Factores de confusión	Si el estudio no se encuentra asociado con otro tratamiento de nanopartículas y se encuentra completo y entendible.
	Selección de participantes	Si el estudio no incluye nuevos métodos, tratamiento y/o contaminantes en el medio que puedan generar confusión en los datos
Al momento de la intervención	Clasificación de intervenciones	Los estudios explican el medio extracto que se tratará y como será todos los procedimientos del estudio
Posterior a la intervención	Desviaciones en el tratamiento	Los estudios explican cómo influye en el tratamiento el tiempo y dosis dentro del medio aplicado.
	Datos incompletos	Estudios no excluyen datos de cantidad de nanopartículas, tiempo u otros parámetros de medición
	Medición del desenlace	Si el estudio obtiene resultados cuantitativos describiendo los parámetros solicitados antes y después del tratamiento
	Selección en reporte del desenlace	El estudio muestra resultados válidos y conforme a los métodos utilizados

Tabla 4: Riesgo de sesgo mediante ROBINS I

Estudio	Factores de confusión	Selección de participantes	Clasificación de intervenciones	Desviaciones en el tratamiento	Datos incompletos	Medición del desenlace	Selección en reporte del desenlace	Riesgo de sesgo global de cada estudio
KAMATH, CHANDRA y JEPPU (2020)	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO
LIN [et al.] (2019)	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MODERADO	BAJO	BAJO	BAJO
LIN [et al.] (2019)	MODERADO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO
LINGAMDINNE, KODURU y KARRI (2019)	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO
VENKATESWARLU [et al.] (2019)	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO
XIAO [et al.] (2019)	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO
ZHU [et al.] (2018)	BAJO	BAJO	MODERADO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO
ZHU; HE y LIU (2018)	BAJO	MODERADO	BAJO	BAJO	MODERADO	BAJO	BAJO	MODERADO
CAÑAZACA y CCAMA (2017)	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO
MYSTRIOTI [et al.] (2016)	MODERADO	MODERADO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MODERADO
EHRAMPOUSH [et al.] (2015)	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO
PRASAD; GANDHI y SELVARAJ (2014)	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO
Riesgo de sesgo global de los estudios (por dominio)	MODERADO	MODERADO	BAJO	BAJO	MODERADO	BAJO	BAJO	

 CRÍTICO
  SERIO
  MODERADO
  BAJO

Se dan a conocer los resultados de acuerdo los objetivos planteados:

Los resultados obtenidos de Software Review Manager 5.4 muestran un análisis comparativo nanopartículas de hierro sintetizadas por extractos de las plantas (granada, hoja de eucalipto y hoja de té verde) para la remoción de Cr (VI) y Pb, se detallará a continuación.

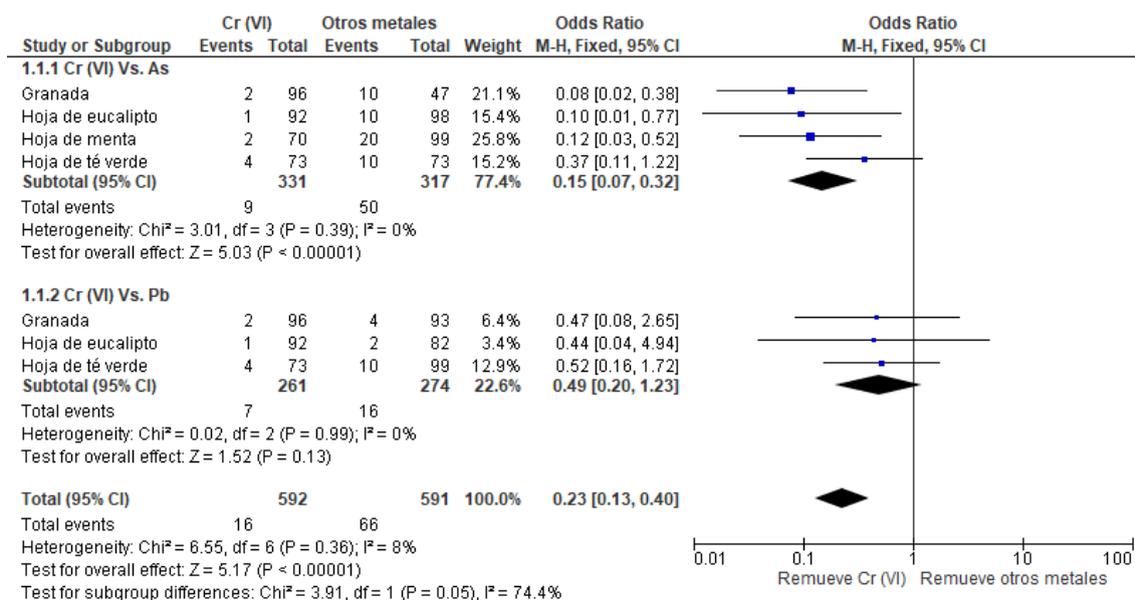


Figura 9: Forest Plot de la comparación de NPs Fe producidas por diferentes extractos para la remoción de Cr (VI) frente al As y Pb

En la figura 9 se observa los resultados de los estudios de dos subgrupos en la remoción de metales pesados, mostrando una heterogeneidad general de 8% mediante el estadístico de I². Por un lado, el primer grupo lo conforma los metales Cr (VI) y As, con una heterogeneidad de 0% y una tendencia en la remoción de cromo (VI); en el segundo grupo se encuentra Cr (VI) y Pb con heterogeneidad del 0% y una predisposición en la remoción de cromo (VI). Asimismo, el diamante general muestra que el uso de los extractos vegetales influye un 0.23 veces más en la remoción de cromo (VI).

El segundo análisis se comparó las nanopartículas de hierro utilizando extractos de plantas (cáscaras de mandarina, granada y hoja de eucalipto) y su aplicación para la remoción de Pb y otros metales.

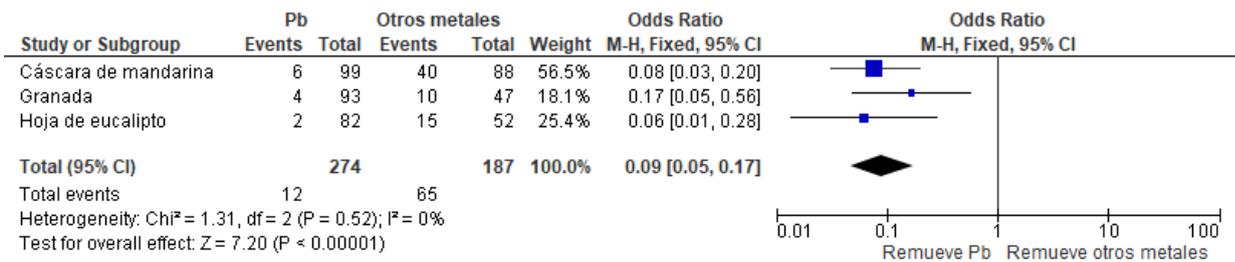


Figura 10: Forest Plot de la comparación de NPs Fe producidas por diferentes extractos para la remoción de Cr (VI) y otros metales

En la figura 10 se observa que los diferentes resultados de los estudios mostraron una heterogeneidad de 0% mediante el estadístico de I². Asimismo, se observa una comparación en la remoción Pb y otros metales, en la cual las nanopartículas de hierro sintetizados por los extractos ya mencionados en su mayoría tienden a remover mayormente Pb. Por otro lado, los extractos aplicados para la producción de las nanopartículas de hierro influyen un 0.09 veces más en la remoción de Pb.



Figura 11: Porcentaje de remoción del metal Cr (VI) a partir del uso de extractos vegetales

En la figura 11, se muestra el porcentaje de remoción del metal Cr (VI) con diferentes extractos vegetales para la producción de NPs, siendo el más eficiente el extracto de granada ya que utilizo dos gramos de NPs Fe para remover el 96% del contaminante.

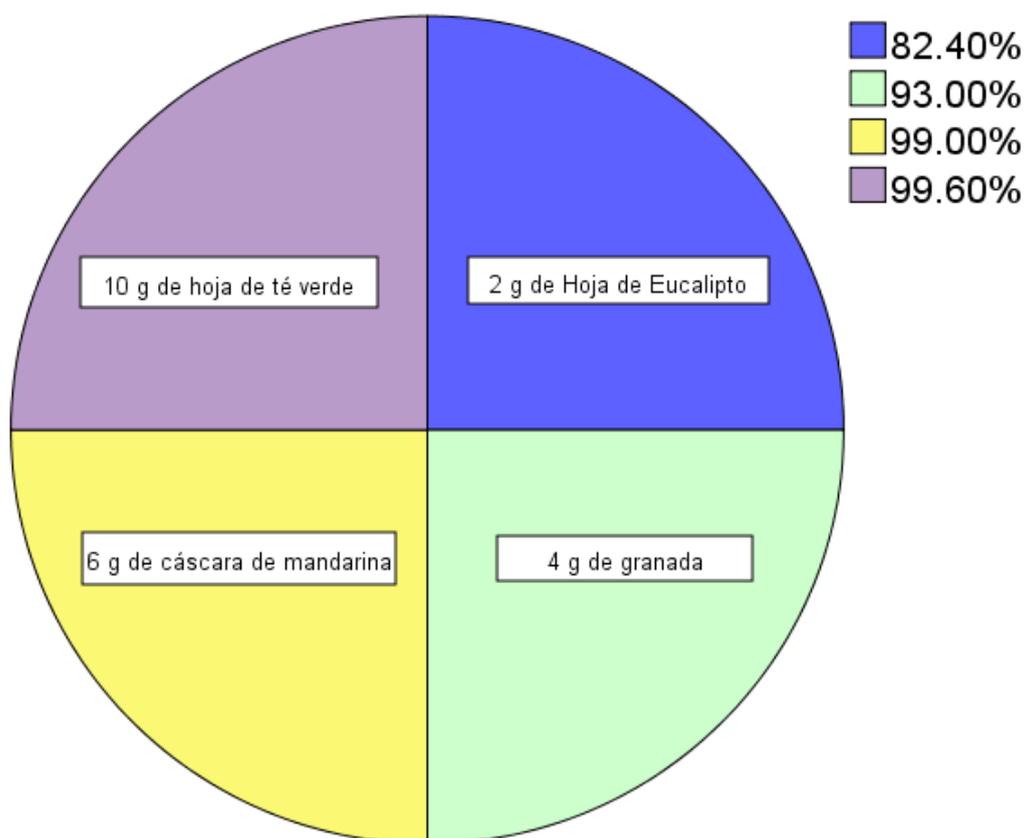


Figura 12: Porcentaje de remoción del metal plomo a partir del uso de extractos vegetales

En la figura 12, se muestra los diferentes porcentajes de remoción a través de un gráfico circular, siendo el más eficaz el extracto de cáscaras de mandarina ya que removió el 99% del metal plomo con una dosis de 6 g.

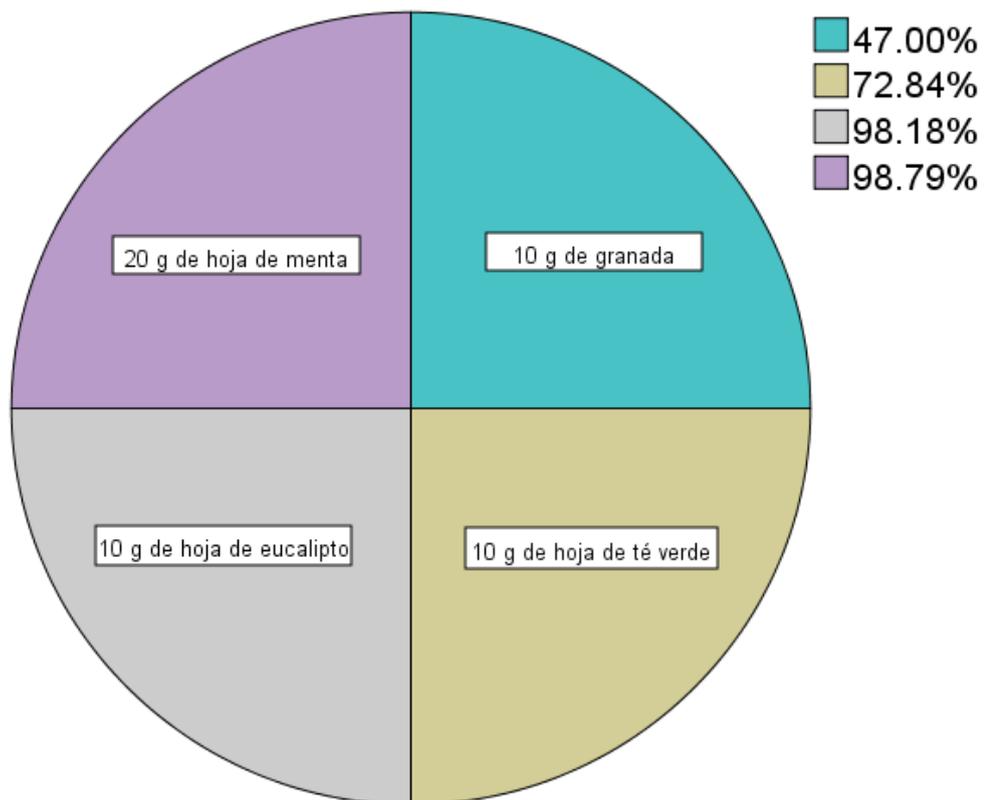


Figura 13: Porcentaje de remoción del metal As a partir del uso de extractos vegetales

En la figura 13, se muestra la aplicación de los diferentes extractos en la remoción del metal arsénico, siendo eficaz las hojas de eucalipto a partir de una dosis de 10 g removi6 el 98.18% del metal presente en el medio acuoso.

V. DISCUSIÓN

La investigación de revisión sistemática y meta-análisis sobre el tratamiento de aguas contaminadas con metales pesados usando nanopartículas de hierro sintetizadas con extractos vegetales (Granada, hojas de eucalipto, hoja de menta y hojas de té verde), dio como resultado más ventajoso para el caso de Cromo (VI) en comparación a los casos de Arsenio (As) y plomo (Pb), ver Figura 9.

En primer lugar, se encuentran las NPs Fe sintetizadas con extracto de granada; MYSTRIOTI [et. al] (2015) removió 92% de cromo (VI) con una dosis de 1 gramo; KAMATH; CHANDRA Y JEPPU (2020) removió 47% de arsénico con una dosis de 10 gramos y VENKATERWARLU [et. al] (2019) utilizó 4 gramos para remover plomo a 93%. Según la comparación mostrada las NPs Fe producida por este extracto vegetal tiene una mayor eficiencia en la remoción de Cr (VI) puesto que su absorción es alta y su dosis es menor con respecto a los otros estudios; Asimismo MYSTRIOTI [et. al] (2015) afirma que la remoción en cromo (VI) se ve influenciada por el tamaño de las nanopartículas mostrando en sus ensayos experimentales un tamaño de 5 -60nm.

En segundo lugar, se encuentran las NPs Fe sintetizadas con extractos de hojas de eucalipto; según CAÑAZACA y CCAMA (2017) utilizaron un gramo para 92% de absorción de Cr (VI); KAMATH; CHANDRA Y JEPPU (2020) aplicó 10 gramos para remover 98% de arsénico y XIAO [et. al] (2019) manipuló una dosis de 2 gramos para el 82% de la remoción de plomo. Con respecto a lo mencionado, el segundo estudio presenta una remoción mayor sin embargo la investigación de CAÑAZACA y CCAMA (2017) tiene mayor eficacia en su aplicación dado que su remoción es alta y su dosis es mínima. Además, el autor afirma que la forma esférica - granular de sus nanopartículas contribuyen directamente en una mayor remoción de Cr (VI).

En el tercer lugar, se encuentran las NPs Fe sintetizadas con extracto hojas de menta. Según MYSTRIOTI [et. al] (2015) utilizó una dosis de 2 gramos para el 70% de remoción Cr (VI), mientras PRASAD, GANDHI y SELVARAJ (2014)

emplearon una dosis de 20 gramos para remover 99% de arsénico. De acuerdo a lo expuesto, el segundo estudio presenta mayor remoción de arsénico; no obstante, la investigación de MYSTRIOTI [et. al] (2015) aplica una dosis mucho menor en la remoción de Cr (VI). Los resultados de ambos estudios muestran una tendencia directamente proporcional entre la dosis y la remoción.

En cuarto lugar, se encuentran las NPs Fe sintetizadas con extractos de hojas de té verde; ZHU; HE y LIU (2018) aplicó 4 gramos para la remoción del 73% de Cr (VI), KAMATH; CHANDRA Y JEPPU (2020) usó una dosis de 10 gramos para remover 72.84% de arsénico; ZHU [et. al] (2018) manipuló una cantidad de 4 gramos de NPs para absorber Cr (VI) al 73% y LIN [et. al] (2019) utilizó una dosis de 10 g para la remoción de plomo al 99%. Con respecto a lo anterior, la mayor absorción se encuentra en el último estudio, con una remoción casi del 100% de plomo, se infiere que el éxito podría deberse a los 60 gramos de hojas de té verde que LIN [et. al] (2019) usó para la producción de NPs, esta fue mayor en comparación de las otras investigaciones. Por otro lado, la dosis fue menor en la remoción de cromo (VI) en el primer y tercer estudio; aunque ambos no hayan conseguido una eficaz eliminación de Cr (VI) podría deberse a que ambos autores obtuvieron un tamaño de nanopartículas mayor al resto.

El segundo análisis comparativo usó las nanopartículas de hierro por extractos vegetales para la remoción de plomo (Pb) y otros metales, mostrando una clara atracción de NPs hacia el metal plomo como factor de remoción. Para un análisis más profundo se tomará en consideración los siguientes extractos: Cáscaras de mandarina, granada y hojas de eucalipto (figura 10).

En primer lugar, se encuentra las nanopartículas de hierro sintetizadas por cáscaras de mandarina, las cuales fueron objeto de estudio y aplicación para LINGAMDINNE; KODURU y KARRI (2019) que usó una dosis de 6 gramos para remover plomo en un 99%. En otra investigación, EHRAMPOUSH [et. al] (2015) aplicó el mismo tipo de nanopartículas para remover Cd con una dosis de 40 gramos obteniendo un resultado favorable al 88.7%. En segundo lugar, tenemos a las nanopartículas de Fe en síntesis verde con extracto de granada. Según

KAMATH; CHANDRA y JEPPU (2020) utilizó 10 gramos de estas NPs Fe para reducir As en un 47.67%; por otro lado, VENKATESWARLU [et. al] (2019) utilizó una dosis menor (4 g) para la remoción de plomo en un 93%. Por último, se produjeron nanopartículas de hierro a partir del extracto de hojas de eucalipto. Por un lado, LIN [et. al] (2019) aplicó 15 gramos de estas nanopartículas para remover 52.4% de Cu (II) mientras XIAO [et. al] (2019) las utilizó en una dosis de 2 gramos para eliminar Pb en un porcentaje de 82.4%. Se tiene como observación general que la remoción depende principalmente del metal; puesto que la literatura revisada indica que a menor tamaño de nanopartículas la remoción es mayor; sin embargo, en este análisis comparativo ello no se cumple siendo las nanopartículas de mayor tamaño las más eficaces en la remoción del contaminante.

De acuerdo a la dosis utilizada se realizó un análisis comparativo con respecto a los metales cromo (VI), plomo y arsénico de forma independiente.

En el primer lugar, para el metal cromo (VI) se utilizaron nanopartículas de hierro sintetizadas por extractos de hojas de menta, hoja de eucalipto, hoja de té verde y granada. Las NPS Fe sintetizadas por granada obtuvo la mejor dosis puesto que con 2 gramos se removieron 96% del contaminante. MYSTRIOTI [et. al] (2015), autor de esta investigación también realizó estudios de remoción de cromo (VI) con nanopartículas de hierro sintetizadas con extracto de menta usando la misma dosis que en su otro experimento, pero no fue tan eficiente como las NPs Fe con granada ya que solo removió un 73,20% del metal. Se deduce que MYSTRIOTI [et. al] (2016) obtuvo una mayor remoción por parte de las NPs de Fe de granada debido a que usó directamente el jugo de la fruta para su producción, el cual posee gran porcentaje de polifenoles y por ende permitió una mejor formación.

En segundo lugar, para el plomo se utilizaron nanopartículas de hierro sintetizadas por extractos de cáscaras de mandarina, hojas de té verde, hojas de eucalipto y granada. La dosis óptima empleada para eliminación de este metal

fue aplicada por LINGAMDINNE, KODURU y KARRI (2019) con 6 gramos y 99% de remoción. Dicho autor uso el extracto de cáscara de mandarina para la formación de sus nanopartículas y aunque fueron efectivas no fue el estudio con mayor porcentaje de remoción. LIN [et. al] (2019) removió 99.6% de plomo con nanopartículas sintetizadas con hojas de té verde. No obstante, el primer estudio es considerado el más óptimo porque utiliza menos dosis y una remoción similar con diferencia de decimales.

En tercer lugar, para el arsénico se utilizaron nanopartículas de hierro sintetizadas por extractos de hojas de menta, granada, eucalipto y té verde; siendo la investigación de NPs Fe sintetizadas por hojas de eucalipto la que posee la dosis más óptima con 10 gramos y una remoción al 98,18%. KAMATH, CHANDRA y JEPPU (2020), autores de la investigación, indican que el eucalipto tiene gran capacidad como agente reductor y las nanopartículas producidas a través de esta planta posee gran propiedad de absorción magnética. Cabe resaltar que el mayor porcentaje de remoción de arsénico lo tuvo PRASAD, GANDHI y SELVARAJ (2014) con NPs Fe a través del extracto de menta a una remoción de 98.79%, sin embargo, no se tomó en cuenta puesto que la dosis fue el doble es decir 20 gramos.

VI. CONCLUSIÓN

- En la revisión y análisis comparativo de investigaciones sobre la de absorción de metales pesados en medios acuosos mediante nanopartículas de hierro sintetizadas con extractos vegetales, se encontró que el cromo (VI) resultó ser el metal pesado con mayor facilidad de absorción frente a otros contaminantes.
- A partir de la revisión sistemática y metaanálisis se determinó que los extractos más eficientes en la remoción de Cr (VI), Pb y As con el uso de nanopartículas de hierro, fueron las nanopartículas sintetizadas con extractos de granada, cáscara de mandarina y hojas eucalipto respectivamente, donde se obtuvo una mayor eficiencia en la absorción (mayor al 95%).
- De la misma manera con el mismo método de estudio, se determinó para un volumen de 10 litros, la dosis óptima de nanopartículas de hierro sintetizadas con extractos vegetales fue de 2 g en cromo (Cr VI), 6 g en Plomo (Pb) y 10 g en Arsenio (As).

VII. RECOMENDACIONES

- Si se desea realizar un futuro metaanálisis, se recomienda hacer uso de artículos científicos indexados que posean datos y procedimientos similares entre sí para que no supere la heterogeneidad del 50%.
- Se recomienda realizar una búsqueda más profunda con respecto a los extractos vegetales utilizados en la producción de nanopartículas de hierro y su aplicación en la remoción de metales pesados.
- Se recomienda que las investigaciones utilizadas para la revisión sistemática y metaanálisis, tengan en consideración poseer las mismas unidades u homogenizarlas para un análisis comparativo.
- Se recomienda para una futura revisión sistemática y metaanálisis investigar sobre otro tipo de nanopartículas que remuevan metales pesados.

REFERENCIA

ABASCAL, Elena y GRANDE, Ildfonso. Análisis de encuestas [en línea]. Madrid: ESIC, 2005. [Fecha de consulta: 4 de noviembre del 2019]

Disponible en:

https://books.google.com.pe/books?id=qFczOOiwRSgC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&am p;f=true

AHAMED, M.I. Niyas; RAGUL, V.; RAJESHKUMAR, S.; KAVIYARASU, K. y ANAND, S. Chromium remediation and toxicity assessment of nano zerovalent iron against contaminated lake water sample (Puliyanthangal lake, Tamilnadu, India). Revista South African journal of chemical engineering [en línea]. 2018. [Fecha de consulta: 03 de septiembre del 2019]

Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.sajce.2018.04.004>

AHMAD, Jasim Uddin; GONI, Abdul. Heavy metal contamination in water, soil, and vegetables of the industrial areas in Dhaka, Bangladesh. Revista Environ Monit Access [en línea]. Julio, 2010. [Fecha de consulta: 28 de mayo del 2020]

Disponible en <https://doi.org/10.1007/s10661-009-1006-6>

AHUCHAOGU, A.A., CHUKWU, O.J., OBIKE, A.I., IGARA, C.E., CHIDI, N.I., y ECHEME, J.B. (2018). Reverse Osmosis Technology, its Applications and Nano-Enabled Membrane. Revista:International Journal of Advanced Research in Chemical Science [En línea]. 2018, vol. 5. [Fecha de consulta: 11 de mayo del 2020].

Disponible en <http://dx.doi.org/10.20431/2349-0403.0502005>

APARICIO, Martha y CARBAJAL, Gregorio. Utilidad de la difracción de rayos x en las nanociencias. Revista Mundo Nano [en línea]. Julio, 2010. Vol.3, N°2. [Fecha de consulta 25 de mayo del 2020]

Disponible en <https://pdfs.semanticscholar.org/a2d7/78dd39ca4e7a5d313cb5f438a6ccc176fc0.pdf>

ARIAS, J; LÓPEZ-Viota, M; RUIZ, A. Partículas superparamagneticas ultrapequeñas de óxido de hierro para aplicaciones biomédicas [en línea]. 2008 [Fecha de consulta: 17 de noviembre del 2019]

Disponible en <https://pdfs.semanticscholar.org/81c1/eea0d4de2d9d90e96b9cf509801b94830a61.pdf>

ARRUEBO, Manuel; FERNÁNDEZ, Rodrigo; IBARRA, Ricardo y SANTAMARÍA, Jesús. Nanopartículas magnéticas para la administración de medicamentos. Revista Science Direct [en línea]. Junio, 2007, vol. 2, n.º3. [Fecha de consulta: 18 de noviembre del 2019]

Disponible en [https://doi.org/10.1016/S1748-0132\(07\)70084-1](https://doi.org/10.1016/S1748-0132(07)70084-1)

BERNAL, Manuel. Importancia de la incorporación temprana a la investigación científica en la Universidad de Guadalajara [en línea]. 2007. [Fecha de consulta: 03 de septiembre del 2019]

Disponible en

https://books.google.com.pe/books?id=641Efd9jLzMC&hl=es&source=gbs_navlink_s_s

BUENDIA Aceves, Sarahi. Síntesis de nanopartículas de hierro con propiedades magnéticas obtenidas vía precursores organometálicos. Tesis (Maestro en ciencias en Ingeniería Química). México: Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas, 2009.

Disponible en <https://docplayer.es/26803279-Instituto-politecnico-nacional-sintesis-de-nanoparticulas-de-hierro-con-propiedades-magneticas-obtenidas-via-precursores-organometalicos.html>

CAI, Zhixiang; DAI, Qiaoyu; GUO, Yalong; WEI, Yue; WU, Min y ZHANG, Hongbin. Glycyrrhiza polysaccharide-mediated synthesis of silver nanoparticles and their use for the preparation of nanocomposite curdlan antibacterial film. Revista Elsevier. Septiembre, 2019, vol. 141. [Fecha de consulta: 8 de octubre del 2019].

Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.09.018>

CAÑAZACA Davila, Cleyby y CCAMA Larico, William. Biosíntesis de nanopartículas de hierro cero Valente (NZVI) usando hojas de eucalipto (EUCALYPTUS SP.) para la remoción de cromo hexavalente. Tesis (Ingeniería química). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2017.

Disponible en <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/6083>

CAO, Guozhong. Nanostructures y nanomaterials [en línea]. Estados Unidos: World Scientific, 2003 [fecha de consulta: 8 de octubre del 2019]

Disponible en

https://www.academia.edu/35226066/Nanostructures_Nanomaterials_Guozhong_Cao

CASTEBLANCO, Javier. Técnicas de biorremediación de metales pesados con potencial aplicación en el cultivo de cacao. Revista: La granja: Revista de ciencias de la vida. [en línea]. Enero, 2018. [Fecha de consulta: 1 de abril del 2020]

Disponible en <http://doi.org/10.17163/lgr.n27.2018.02>

CRECENTE, José. Síntesis orgánica asistida por microondas. Obtención de enol carbamatos, tetrahydroisoquinolinas, benzoazepinas, tiazolinas, sulfuros de fosfoles, isoflavonas, arilcumarinas, cumarinocumarinas y nucleos de dendrímeros. [en línea]. España: Universidad Santiago de Compostela, 2010 [Fecha de consulta: 17 de noviembre del 2019].

Disponible en https://books.google.com.pe/books?id=H0kApzULIQwC&dq=quimica+verde&hl=es&source=gbs_navlinks_s

CUBEROS, Esther; RODRIGUEZ, Alba y PRIETO, Edgard. Niveles de Cromo y alteraciones de salud en una población expuesta a las actividades de curtiembres en Bogotá, Colombia. Revista de Salud Pública [en línea]. Marzo, 2009. [Fecha de consulta: 08 de junio del 2020]

Disponible en <https://revistas.unal.edu.co/index.php/revsaludpublica/article/view/10299>

DALBOSCO, Luca. Synthesis, characterization and functionalization of iron oxide magnetic nanoparticles for diagnostics and therapy of tumors. Tesis (Materials engineering and industrial technologies). Italia: University of Trento, 2012.

Disponible en <https://core.ac.uk/download/pdf/35317018.pdf>

DEL RIO, Mateu. Aplicación de nanopartículas magnéticas de hierro a la eliminación de mercurio del agua. Tesis (Ingeniería Química). España: Universidad de les Illes Balears, 2014.

Disponible en:

https://dspace.uib.es/xmlui/bitstream/handle/11201/1143/TFG_QUIMICA_DeIRioClarMateu.pdf?sequence=1&isAllowed=y

EBRAHIMINEZHAD, Alireza; ZARE-HOSEINABADI, Alireza; SARMAH, Ajit; TAHIZADEH, Saeed; GHASEMI, Younes y BERENJIAN, Aydin. Plant -Mediated Synthesis and Applications of Iron Nanoparticles. Revista: Molecular Biotechnology. Diciembre, 2017, vol. 60, no. 2. [Fecha de consulta: 9 de septiembre del 2019]

Disponible en <https://doi.org/10.1007/s12033-017-0053-4>

EHRAMPOUSH, Mohammad; MIRIA, Mohammad; SALMANI, Mohammad y MAHVI, Amir. Cadmium removal from aqueous solution by green synthesis iron

oxide nanoparticles with tangerine peel extract. *Revista Environmental Health Science and Engineer* [en línea]. Diciembre, 2015, nº. 13. [Fecha de consulta: 23 de mayo del 2020].

Disponible en <https://doi.org/10.1186/s40201-015-0237-4>

ELIZONDO López, Arturo. *Metodología de la investigación contable* [en línea]. 3.ª ed. México: Thomson, 2009. [Fecha de consulta: 9 de julio del 2020]

Disponible en https://books.google.com.pe/books?id=BLO9spGHxrwC&dq=tipo+de+investigacion++aplicada&hl=es&source=gbs_navlinks_s

ISBN: 9706862439

ESSIEN, Edidiong; KAVAZ, Doga y SOLOMON, Moses. Olive leaves extract mediated zero-valent iron nanoparticles: synthesis, characterization, and assessment as adsorbent for nickel (II) ions in aqueous medium. *Revista Chemical Engineering Communications*. Mayo, 2018, vol. 59. [Fecha de consulta: 19 de mayo del 2020].

Disponible en <https://doi.org/10.1080/00986445.2018.1461089>

FAGHIHZADEH, Fatemed; ANAYA, Nelson; SCHIFMAN, Laura y OYANEDEL-CRAVER, Vinka. Fourier transform infrared spectroscopy to assess molecular-level changes in microorganisms exposed to nanoparticles. *Revista: Nanotechnology environment* [En línea]. Diciembre 2016. [Fecha de consulta: 04 de mayo del 2020]

Disponible en <https://doi.org/10.1007/s41204-016-0001-8>

FAZLZADEH, Mehdi; RAHMANI, Kourosh; ZAREI, Ahmad; ABDOALLAHZADEH, Hossein; NASIRI, Fakhraddin y KHOSRAVI, Rasoul. A novel green synthesis of zero valent iron nanoparticles (NZVI) using three plant

extracts and their efficient application for removal of Cr (VI) from aqueous solutions. Revista Advanced Powder Technology [en línea]. Enero, 2017, vol. 28. [Fecha de consulta: 22 de mayo del 2020]

Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.apr.2016.09.003>

FERNÁNDEZ Fernández, Santiago; CORDERO Sanchez, Jose Maria y CÓRDOBA, Alejandro. Estadística descriptiva [en línea]. Madrid: ESIC, 2002. [Fecha de consulta: 11 de noviembre del 2019].

Disponible en https://books.google.com.pe/books?id=31d5cGxXUnEC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

GOMAA, Eman Zakaria. Iron Nanoparticles α -Chitin Nanocomposite for Enhanced Antimicrobial, Dyes Degradation and Heavy Metals Removal Activities. Revista Journal of Polymers & the Environment [en línea]. Septiembre, 2018. [Fecha de consulta: 20 de septiembre del 2019]

Disponible en <https://doi.org/10.1007/s10924-018-1247-y>

GÓMEZ, Marcelo. Introducción a la metodología de la investigación científica [en línea]. Córdoba: Brujas, 2006 [Fecha de consulta: 4 de noviembre del 2019].

Disponible en https://books.google.com.pe/books?id=9UDXPe4U7aMC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=true

GONZÁLES ALFARO, Yorexis. Ensamblado de nanopartículas de magnetita a sólidos porosos por interacción con ferrofluido. Tesis (Doctoral). Madrid: Universidad Autónoma de Madrid, 2016.

Disponible en http://digital.csic.es/bitstream/10261/129943/1/ensamblado_nanoparticulas_tesi

s_Yorexis.pdf

HERNÁNDEZ, Marco. Síntesis de nanopartículas de plata biológicamente asistida con opuntia sp y su incorporación en membranas poliméricas nanofibrosas. Tesis (Maestría en tecnología en polímeros). Saltillo, Coahuila. Centro de investigación en Química aplicada, 2013.

Disponible en:
<https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/64/1/Tesis%20de%20maestria%20Marco%20Polo%20Hernandez.pdf>

HUAMANÍ Azorza, José; HUAMOLLE Barreto, Aurora. Remoción de Cadmio en soluciones acuosas usando nanopartículas de hierro cerivalente sobre una matriz de quitosano. Tesis (Título Profesional de Toxicólogo). Lima: Universidad Nacional mayor de San Marcos, 2017.

Disponible en
https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/6147/Huamani_aj.pdf?sequence=2&isAllowed=y

JIN, Xiaoying; LIU, Yong; OWENS, Gary y CHEN, Zuliang. Removal of Cr (VI) from aqueous solutions via reduction and absorption by green synthesized iron nanoparticles. Revista Cleaner Production [en línea]. Marzo, 2018, vol. 176. [Fecha de consulta: 19 de mayo del 2020].

Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.026>

JOOYOUNG, Song; KONG, Hyeyoung y JANG, Jyongsik. Adsorption of heavy metal ions from aqueous solution by polyrhodanine-encapsulated magnetic nanoparticles. Revista Journal of Colloid and Inteface Science [En línea]. Julio 2011. [Fecha de consulta: 19 de mayo del 2020].

Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2011.04.034>

KAMATH, Vaibhav; CHANDRA, Prayag y JEPPU, Gautham. Comparative study

of using five different leaf extracts in the green synthesis of iron oxide nanoparticles for removal of arsenic from water. *Revista International Journal of Phytoremediation* [en línea]. Junio 2020. [Fecha de consulta: 19 de junio del 2020].

Disponible en <https://doi.org/10.1080/15226514.2020.1765139>

EL-KASSAS, Hala; ALY-ELDEEN, Mohamed y GHARIB, Samiha. Green synthesis of iron oxide (Fe₃O₄) nanoparticles using two selected brown seaweeds: Characterization and application for lead bioremediation. *Revista Acta Oceanol* [en línea]. Agosto, 2016. [Fecha de consulta: 23 de mayo del 2020].

Disponible en <https://doi.org/10.1007/s13131-016-0880-3>

KUMAR, R.; SINGH, N. y PANDEY S. Potential of green synthesized zero-valent iron nanoparticles for remediation of lead-contaminated water. *Revista International of Environmental Science and Technology* [en línea]. Enero, 2015. [Fecha de consulta: 23 de mayo del 2020].

Disponible en <https://doi.org/10.1007/s13762-015-0751-z>

LI, Xiao-qin; ELLIOTT, Daniel y ZHANG, Wei-xian. Zero-Valent Iron Nanoparticles for Abatement of Environmental Pollutants: Materials and Engineering Aspects. *Revista: Critical Reviews in Solid State and Materials Sciences*. Diciembre 2006. [Fecha de consulta: 4 de mayo del 2020]

Disponible en <https://doi.org/10.1080/10408430601057611>

LIBERATI, Alessandro; ALTMAN, Douglas; TETZLAFF, Jennifer; MULROW, Cynthia; GOTZSCHE, Peter; LOANNIDIS, John; CLARKE, Mike; DEVEREAUX, Pj; KLEIJNEN, Jos y MOHER, David. The PRISMA Statement for Reporting Systematic Reviews and Meta-Analyses of Studies That Evaluate Health Care Interventions: Explanation and Elaboration. *Revista Plos Medicine* [en línea]. Julio, 2019. [Fecha de consulta: 15 de junio del 2020].

Disponible en <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000100>

LIN, Yuanqiong; JIN, Xiaoying; OWENS, Gary y CHEN, Zuliang. Simultaneous removal of mixed contaminants triclosan and copper by green synthesized bimetallic iron/nickel nanoparticles. Revista The Total Environment [en línea]. Diciembre, 2019, vol. 695. [Fecha de consulta: 19 de mayo del 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.133878>

LIN, Ze; WENG, Xiulan; OWENS, Gary y CHEN, Zuliang. Simultaneous removal of Pb (II) rifampicin from wastewater by iron nanoparticles synthesized by tea extract. Revista Journal of cleaner production [en línea]. Agosto 2019. [Fecha de consulta: 14 de mayo del 2020] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118476>

LINGAMDINNE, Lakshmi; KODURU, Janarda y KARRI, Rama. Green synthesis of iron oxide nanoparticles for lead removal from aqueous solutions [en línea]. Revista Chemosphere. Junio, 2019, vol. 243. [Fecha de consulta: 12 de abril del 2020] Disponible en <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.805.122>

LIU, Yong; JIN, Xiaoying y CHEN, Zuliang. The formation of iron nanoparticles by Eucalyptus leaf extract and used to remove Cr (VI). Revista Science of The Total Environment [en línea]. Junio, 2018, vol. 627. [Fecha de consulta: 24 de mayo del 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.01.241>

LOW, Zhi; CHEN, Soo; ISMAIL, Ismayadi; TAN, Kim y LIEW, Josephine. Structural transformations of mechanically induced top-down approach BaFe₁₂O₁₉nanoparticles synthesized from high crystallinity bulk materials. Revista Elsevier [en línea]. Mayo, 2017, vol. 429. [Fecha de consulta: 8 de octubre del 2019]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.jmmm.2017.01.036>

MAGDALENO, José Manuel. Uso de nanopartículas magnéticas recubiertas con

un polielectrolito catiónico como adsorbente para la eliminación de contaminantes en aguas y como sistema de estudio de la inhibición de la opsonización. Tesis (Química Física). España: Universitas Miguel Hernández, 2017.

Disponible en:

<http://dspace.umh.es/bitstream/11000/4154/1/TFG%20Magdaleno%20Puche%20Jose%20Manuel.pdf>

MAJUMDER, Abhradeep; RAMRAKHIANI, Lata; MUKHERJEE, Debarati; MISHRA, Umesh; HALDER, Avick; MANDAL, Ashish y GHOSH, Sourja. Green synthesis of iron oxide nanoparticles for arsenic remediation in water and sludge utilization. Revista Clean Technologies and Environmental Policy [en línea]. Febrero, 2019. [Fecha de consulta: 23 de mayo del 2020].

Disponible en <https://doi.org/10.1007/s10098-019-01669-1>

MALHOTRA, Naresh. Investigación de mercados: un enfoque aplicado [en línea]. México: Pearson Educación, 2004 [Fecha de consulta: 4 de noviembre del 2019]

Disponible en

https://books.google.com.pe/books?id=SLmEbIVK2OQC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=true

MANAHAN, Stanley. Introducción a la química ambiental [en línea]. México:

Reverte: 2006 [Fecha de consulta: 17 de noviembre del 2019]

Disponible en

https://books.google.com.pe/books?id=5NR8DIk1n68C&dq=quimica+verde&hl=es&source=gbs_

MANQUIAN, Karen; CRUCES, Edgardo; RUBIO, Maria; REYES, Camila y MIRANDA, Nicolas. Preparation of nanoscale iron (oxide, oxyhydroxides and zero-valent) particles derived from blueberries: Reactivity, characterization and removal mechanism of arsenate. Revista Ecotoxicology and Environmental Safety [en línea]. Noviembre, 2017, vol. 145. [Fecha de consulta: 15 de junio del

2020].

Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.07.004>

MARIMON Bolivar, Wilfredo. Ingeniería de nanopartículas magnéticas para la remoción de metales pesados en aguas. Tesis (Doctor en Ingeniería). Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana, 2018.

Disponible en:

<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/39649/Documento.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

MARKOVA, Zdenka; NOVAK, Petr; KASLIK, Josef y PLACHTOVÁ, Pavla. Iron (II, III)-Ponyphenol complex nanoparticles derived from green tea with remarkable ecotoxicological impact. *Revista ACS Sustainable Chemistry & Engineering* [en línea]. Mayo, 2014. [Fecha de consulta: 22 de mayo del 2020]

Disponible en <https://doi.org/10.1021/sc5001435>

MARTINEZ, María; LÓPEZ, Martha; BARRIADA, José; HERRERO, Roberto y SASTRE, Manuel. Green synthesis of iron oxide nanoparticles. Development of magnetic hybrid materials for efficient As (V) removal. *Revista Chemical Engineering* [en línea]. Octubre, 2016, vol. 301. [Fecha de consulta: 22 de mayo del 2020].

Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.cej.2016.04.149>

MIRANDA, Rizia y DA SILVA, Marcelo. Remediação de áreas contaminadas por cromo hexavalente: Relato sobre gerenciamento de projeto. *Revista: Inovação, Projetos e Tecnologías* [en línea]. Noviembre 2014. [Fecha de consulta: 22 de mayo del 2020].

Disponible en <https://doi.org/10.5585/iptec.v2i1.15>

MYSTRIOTI, C.; XANTHOPOULOU, T.; TSAKIIRDIS, P.; PAPASSIOPI, N. y XENIDIS, A. Comparative evaluation of five plant extracts and juices for nanoiron

synthesis and application for hexavalent chromium reduction. *Revista Science of The Total Environment* [en línea]. Enero, 2016, vol. 539. [Fecha de consulta: 23 de mayo del 2020].

Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.08.091>

NAMAKFOROOSH, Mohammad. *Metodología de la investigación* [en línea]. 2.^a ed. Mexico: Limusa, 2005. Fecha de consulta: 15 de junio del 2020].

Disponible en https://books.google.com.pe/books?id=ZEJ7-0hmvhwC&dq=VALIDEZ+DEL+INSTRUMENTO&hl=es&source=gbs_navlinks_s

ISBN: 9681855175

NIRAIMATHEE, V.; SUBHA, V.; RAVINDRAN, R. y RENGANATHAN, S. Green synthesis of iron oxide nanoparticles from *Mimosa pudica* root extract. *Revista International Journal of Environment and Sustainable Development* [en línea]. Junio, 2016, vol.15. [Fecha de consulta: 23 de mayo del 2020].

Disponible en <https://doi.org/10.1504/IJESD.2016.077370>

NITHYA, K; SATHISH, Asha; KUMAR, Senthil y RAMACHANDRAN, T. Fast kinetics and high adsorption capacity of green extract capped superparamagnetic iron oxide nanoparticles for the adsorption of Ni (II) ions. *Revista Industrial and Engineering Chemistry* [en línea]. Marzo, 2018, vol. 59. [Fecha de consulta: 19 de mayo del 2020].

Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2017.10.028>

PAN, Zibin; LIN, Yuman; SARKAR, Binoy; OWENS, Gary y CHEN, ZULIANG, Chen. Green synthesis of iron nanoparticles using red peanut skin extract: Synthesis mechanism, characterization and effect of conditions on chromium removal. *Revista Colloid and Interface Science* [en línea]. Enero, 2020, vol. 558. [Fecha de consulta: 19 de mayo del 2020].

Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2019.09.106>

PANG, Yuan; LI, Xiao; CAO, Jiasheng y WANG, Paul. Characterization of zero-valent iron nanoparticles. *Revista Advances in colloid and interface science* [en línea]. Junio, 2006, vol.120. [Fecha de consulta: 19 de mayo del 2020].

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cis.2006.03.001>

PILLAI, Parwathi; KAKADIYA, Nilaksh; TIMANIYA, Zeel; DHARASKAR, Swapnil y SILLANPAA, Mika. Removal of arsenic using iron oxide amended with rice husk nanoparticles from aqueous solution. *Revista Materialstoday Proceedings* [en línea]. Enero, 2020. [Fecha de consulta: 22 de junio del 2020].

Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.12.307>

POGUBEROVIC, Sofija; KRCCMAR, Dejan; MALETIC, Snezana; KONYA, Zoltán; TOMASEVIC, Dragana; KERKEZ, Djurdja y RONCEVIC, Srdjan. Removal of As (III) and Cr (VI) from aqueous solutions using “green” zero-valent iron nanoparticles produced by oak, mulberry and cherry leaf extracts. *Revista Ecological Engineering* [en línea]. Mayo, 2016, vol. 90. [Fecha de consulta: 19 de mayo del 2020].

Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.01.083>

PRASAD, Arund. Iron oxide nanoparticles synthesized by controlled bio-precipitation using leaf extract of Garlic Vine (*Mansoa alliacea*). *Revista Materials Science in Semiconductor Processing* [en línea]. Octubre, 2016, vol. 53. [Fecha de consulta: 30 de abril del 2020].

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.mssp.2016.06.009>

PRASAD, Kumar; GANDHI, Pooja y SELVARAJ, Kaliaperumal. Synthesis of green nano iron particles (GnIP) and their application in adsorptive removal of As (III) and As (V) from aqueous solution. *Revista Applied Surface Science* [En línea]. Septiembre, 2014. [Fecha de consulta: 20 de abril del 2020]

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2014.09.042>

PRASAD, C.; GANGADHARA, S. y VENKATESWARLU, P. Bio-inspired green synthesis of Fe₃O₄ magnetic nanoparticles using watermelon rinds and their catalytic activity. Revista Applied Nanoscience [en línea]. Agosto, 2015. [Fecha de consulta: 23 de mayo del 2020].

Disponible en <https://doi.org/10.1007/s13204-015-0485-8>

PULIT-PROCIAK, Jolanta y BANACH, Marcin. Silver nanoparticles- a material of the future...? Revista Gruyter open [en línea]. Enero, 2016. [Fecha de consulta: 25 de mayo del 2020]

Disponible en <https://doi.org/10.1515/chem-2016-0005>

RAMYA, M.; SUBAPRIYA, Sylvia. Green synthesis of silver nanoparticles. Revista International Journal of Pharma Medicine and Biological Sciences [en línea]. Julio, 2012. [Fecha de consulta: 8 de octubre del 2019].

Disponible en <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.300.5846&rep=rep1&type=pdf>

RAVIKUMAR, K; KUMAR, Deepak; RAJESHWARI, A.; MADHU, G.; MRUDULA, P.; CHANDRASEKARAN, Natarajan y MUKHERJEE, Amitava. A comparative study with biologically and chemically synthesized nZVI: applications in Cr (VI) removal and ecotoxicity assessment using indigenous microorganisms from chromium- contaminated site. Revista Environmental Science and Pollution Research [en línea]. Febrero, 2015. [Fecha de consulta: 24 de mayo del 2020].

Disponible en <https://doi.org/10.1007/s11356-015-5382-x>

REYES, Yulieth; VERGARA, Inés; TORRES, Omar; Díaz, Mercedes y GONZÁLES, Edgard. Contaminación por metales pesados: Implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo [en línea]. Junio, 2016. [Fecha de consulta: 24 de abril del 2020].

Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6096110>

RONG, Kung; WANG, Jinye; ZHANG, Zaiwang y ZHANG, Jiqiang. Green synthesis of iron nanoparticles using Korla fragrant pear peel extracts for the removal of aqueous Cr (VI). *Revista Ecological Engineering* [en línea]. Abril, 2020, vol. 149. [Fecha de consulta: 19 de mayo del 2020].

Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2020.105793>

SALAZAR HERNÁNDEZ, Maria y MARTÍNEZ ESPARZA, Dora. Síntesis y funcionalización de nanomagnetita y su efecto en la cinética de polimerización de estireno. Tesis (Maestro en Nanotecnología). México: Centro de investigación de materiales avanzados, S.C, 2017.

Disponible en

https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/2344/1/Tesis_Irm_Dora_UT_final_sin%20ref.pdf

SAMROT, Antony; P., Senthilkumar; S., Rashmita; PRISCILA, Veera y CHARMARTHY, Sahithya. Azadirachta indica influenced biosynthesis of super-paramagnetic iron-oxide nanoparticles and their applications in tannery water treatment and X-ray imaging. *Revista Journal of Nanostructure in chemistry* [en línea]. Septiembre, 2018. [Fecha de consulta: 19 de septiembre del 2019]

Disponible en <http://dx.doi.org/10.1007/s40097-018-0279-0>

SEBASTIAN, Abin; NANGIA, Ashwini y PRASAD, M. A green synthetic route to phenolics fabricated magnetite nanoparticles from coconut husk extract: Implications to treat metal contaminated water and heavy metal stress in *Oryza sativa* L. *Revista Cleaner Production* [en línea]. Febrero, 2018, vol. 174. [Fecha de consulta: 24 de mayo del 2020].

Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.343>

SHERENE, Rajammal. Mobility and transport of heavy metals in polluted soil environment. *Revista: Biological Forum- An international Journal*. 2010, vol. 2, no. 2. [Fecha de consulta: 24 de mayo del 2020].

Disponible en <http://www.erwiki.net/images/d/d8/2010-Sherene->

Mobility_and_transport_of_heavy_metals_i.pdf

SONG, Jooyoung; KONG, Hyeyoung y JANG, Jyongsik. Absorption of heavy metal ions from aqueous solution by polyrhodanine – encapsulated magnetic nanoparticles. Revista: Journal of colloid and interface science [en línea]. Abril, 2011. [Fecha de consulta: 22 de mayo del 2020].

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2011.04.034>

SOUZA, T. G. F.; CIMINELLI, V.S.T. y MOHALLEM, N.D.S. A comparison of TEM and DLS methods to characterize size distribution of ceramic nanoparticles. Revista: Journal of Physics [en línea]. 2015. [Fecha de consulta: 22 de mayo del 2020]

Disponible en <https://doi.org/10.1088/1742-6596/733/1/012039>

SU, Binglin; LIN, Jiajiang; OWENS, Gary y CHEN, Zualiang. Impact of green synthesized iron oxide nanoparticles on the distribution and transformation of As species in contaminated soil. Revista Environmental Pollution [en línea]. Marzo, 2020, vol. 258. [Fecha de consulta: 22 de mayo del 2020].

Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113668>

TOMÁS Sábado, Joaquín: Fundamentos de bioestadística y análisis de datos para enfermería [en línea]. 2.ª ed. Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona, 2010. [fecha de consulta: 11 de noviembre del 2019]

Disponible en:

https://books.google.com.pe/books?id=MHgap8IN124C&dq=analisis+inferencial&hl=es&source=gbs_navlinks_s

TORO Jaramillo, Iván Darío y PARRA Ramírez, Rubén Darío. Método y conocimiento: metodología de la investigación: investigación cualitativa/investigación cuantitativa [en línea]. Colombia: Universidad Eafit, 2006. [Fecha de consulta: 5 de julio del 2020]

Disponibile en https://books.google.com.pe/books?id=4Y-kHGjEjy0C&dq=Dise%C3%B1o+no+experimental&hl=es&source=gbs_navlinks_s

TRUSKEWYCZ, Adam; SHUKLA, Ravi y BALL, Andrew. Phytofabrication of Iron Nanoparticles for Hexavalent Chromium Remediation. Revista ACS Publications [en línea]. Septiembre, 2018. [Fecha de consulta: 15 de junio de 2020]

Disponibile en <https://doi.org/10.1021/acsomega.8b00410>

VENKATESWARLU, Sada; KUMAR, Bhajanthri; PRATHIMA, Bobbala; SUBBARAO, Yakkate y VENKATA, Nimmagadda. A novel green synthesis of Fe₃O₄ magnetic nanorods using *Punica Granatum* rind extract and its application for removal of Pb (II) from aqueous environment. Revista Arabian Journal of Chemistry. [en línea]. Mayo, 2019. [Fecha de consulta: 15 de junio de 2020]

Disponibile en: <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2014.09.006>

WANG, Yuling y XIA, Younan. Bottom-Up and Top-Down Approaches to the Synthesis of Monodispersed Spherical Colloids of Low Melting-Point Metals. Revista ACS Publications [en línea]. Septiembre, 2004, vol. 4, n. °10. [Fecha de consulta: 8 de octubre del 2019]

Disponibile en <https://doi.org/10.1021/nl048689j>

WANG, Yu; CHEN, Si-yuan; YANG, Xin; WU, Yiagxin; HUANG, Xiong; KAI, Er; QIU, RONG y WANG, Shizhong. Enhanced removal of Cr (VI) in the Fe (III)/natural polyphenols system: role of the in situ generated Fe (II). Revista Hazardous Materials [en línea]. Setiembre, 2019 vol. 377. [Fecha de consulta: 24 de mayo del 2020].

Disponibile en <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.05.083>

WEI, Yufen; FANG, Zhanqiang; ZHENG, Liuchun y POKEUNG, Eric. Biosynthesized iron nanoparticles in aqueous extracts of *Eichhornia crassipes* and its mechanism in the hexavalent chromium removal. Revista Applied Surface

Science [en línea]. Marzo, 2017, vol. 399. [Fecha de consulta: 24 de mayo del 2020].

Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2016.12.090>

WEI, Yufen; FANG, Zhanqiang; ZHENG, Liuchun; TAN, Lei y POKEUNG, Eric. Green synthesis of Fe nanoparticles using Citrus maxima peels aqueous extracts. Revista Materials Letters [en línea]. Diciembre, 2016, vol. 185. [Fecha de consulta: 24 de mayo del 2020].

Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2016.09.029>

WENG, Xiulan; JIN, Xiaoying; LIN, Jiajiang; NAIDU, Ravi y CHEN, Zuliang. Removal of mixed contaminants Cr (VI) and Cu (II) by green synthesized iron-based nanoparticles. Revista Ecological Engineering [en línea]. Diciembre, 2016, vol. 97. [Fecha de consulta: 19 de mayo del 2020].

Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.08.003>

WU, Zhicheng; SU, Xiababao; LIN, Zhang; OWENS, Gary CHEN, Zuliang. Mechanism of As (V) removal by green synthesized iron nanoparticles. Revista Hazardous Materials [en línea]. Junio, 2019, vol. 379. [Fecha de consulta: 17 de mayo del 2020].

Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.120811>

XIAO, Xiaofeng; WANG, Quinging; OWENS, Gary; CHIELLINI, Federica y CHEN, Zuliang. Reduced graphene oxide/iron nanoparticles used for the removal of Pb (II) by one step green synthesis. Revista Colloid and Interface Science [en línea]. Diciembre, 2019, vol. 557. [Fecha de consulta: 15 de junio del 2020].

Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2019.09.058>

YI, Yunqiang; TU, Guoquan; ERICK, Pokeung; XIAO, Shihua y FANG, Zhanqiang. Green synthesis of iron-based nanoparticles from extracts of Nephrolepis auriculata and applications for Cr (VI) removal. Revista Materials

Letters [en línea]. Enero, 2019, vol. 234. [Fecha de consulta: 17 de mayo del 2020].

Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2018.09.137>

ZHU, Fang; HE, Siying y LIU, Tao. Effect of pH, temperature and co-existing anions on the Removal of Cr (VI) in groundwater by green synthesized nZVI/Ni. Revista Ecotoxicology and Environmental Safety [en línea]. Noviembre, 2018, vol. 174. [Fecha de consulta: 15 de junio del 2020].

Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.07.082>

ZHU, Fang; MA, Shaoyun; LIU, Tao y DENG, Xiaoqiang. Green synthesis of nano zero-valent iron/Cu by green tea to remove hexavalent chromium from groundwater. Revista Cleaner Production [en línea]. Febrero, 2018, vol. 174. [Fecha de consulta: 24 de mayo del 2020].

Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.302>

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

Metaanálisis sobre la eficacia de nanopartículas de hierro sintetizadas con extractos vegetales en la remoción de metales pesados en medios acuosos					
Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidades/ Escala
Independientes nanopartículas de hierro sintetizadas con extractos vegetales	Las nanopartículas de Fe son peculiarmente son reactivas y poseen propiedades que cambian conforme el tiempo y la química de la solución de acuerdo con las condiciones ambientales (LI, ELLIOTT y ZHANG, 2006).	Las NPs Fe sintetizados con extractos vegetales, se determinan mediante dos dimensiones; la primera los extractos para síntesis de NPs Fe, para lo cual tomara en cuentas las siguientes especies vegetales: granada, hoja de eucalipto, hoja de té verde, cáscara de mandarina, hoja de menta y cáscara de arroz. La segunda dimensión se refiere a las dosis, el cual toma en consideración los estudios de cada autor y especie vegetal usado.	Extractos para síntesis de NPs Fe	Granada	g
				Hojas de Eucalipto	g
				Hojas de Té verde	g
				Cáscara de mandarina	g
			Hoja de menta	g	
			Dosis	De acuerdo al estudio, autor de cada artículo y especie vegetal usado (solución adecuada =10L)	g

Dependiente Remover metales pesados en medios acuoso	Los metales son altamente tóxicos en contacto con el ambiente y el ser humano por ello se desarrolla tecnología capaz de remover. Entre ellos se encuentran los nanomateriales capaces de inmovilizar y adherir a los metales pesados (CAI [et. al], 2019)	La remoción de metales pesados en medios acuoso se medirá a través de la dimensión remoción de metales pesados que tomará en cuenta el Cr (VI), Pb, As y otros metales.	Remoción de metales pesados	Cr (VI)	%
				Pb	%
				As (V)	%
				Otros metales	%

Anexo 2: Matriz de consistencia

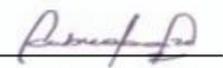
Metaanálisis sobre la eficacia de nanopartículas de hierro sintetizadas con extractos vegetales en la remoción de metales pesados en medios acuosos					
Problemas de investigación	Objetivos de Investigación	Hipótesis de investigación	Variable de estudio	Método	
<p>Problema General: ¿Será posible realizar un análisis comparativo a partir de una revisión sistemática con respecto a la remoción de metales pesados en medios acuosos mediante nanopartículas de hierro sintetizadas con extractos vegetales?</p>	<p>Objetivo General: Realizar un análisis comparativo de la remoción de metales pesados en medios acuosos mediante nanopartículas de hierro sintetizadas con extractos vegetales.</p>	<p>La aplicación de nanopartículas de hierro con extractos vegetales influye de manera significativa en la remoción de metales pesados en medios acuosos.</p>	<p>Variable dependiente: Remover metales pesados en medios acuosos</p>	<p>Tipo: Aplicada</p> <p>Diseño: No Experimental</p> <p>Enfoque: Cuantitativo</p> <p>Población y muestra: Artículos referentes al tema publicados desde 2014-2020</p>	

<p>Problemas Específicos</p> <p>¿Será posible determinar los extractos vegetales más eficientes para la síntesis de nanopartículas con respecto a la remoción de los metales Cr (VI), Pb y As?</p> <p>¿Será posible determinar la dosis requerido de nanopartículas de hierro para la mayor eficacia en la remoción Cr (VI), Pb y As?</p>	<p>Objetivos Específicos</p> <p>Determinar los extractos vegetales más eficientes para la síntesis de nanopartículas con respecto a la remoción de los metales Cr (VI), Pb y As</p> <p>Determinar la dosis requerido de nanopartículas de hierro para la mayor eficacia en la remoción Cr (VI), Pb y As</p>		<p>Variable Independiente:</p> <p>NPs Fe sintetizadas con extractos vegetales</p>	<p>Muestra:</p> <p>12 artículos seleccionados</p>
--	--	--	--	--

Anexo 3: Instrumento de recolección

Ficha N°1 Revisión de las fuentes bibliográficas	
Título de la investigación	
Autor	
Año	
Referencia bibliográfica (según ISO)	
Resumen:	
Materiales y métodos:	
Procedimiento experimental:	
Resultados y discusión:	
Conclusión:	
Aporte de la investigación:	


 Dr. Elmer G. Benites Alfaro,
 CIP: 71998
 ORCID ID: 0000-0003-1504-2089
 Scopus ID de autor: 57216176765
 Web of Science Researcher ID: AAI-8644-2020


 Dr. Carlos F. Cabrera Carranza
 CIP: 46572

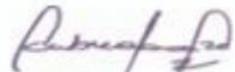
DNI.17402784


 Dr. Jhonny W. Valverde Flores
 ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2526-112X>
 Scopus ID Author: 57196412905
 CIP: 79862

Ficha N°2
 Recopilación de información sobre las nanopartículas de hierro por síntesis verde
 en la remoción de metales pesados

Autor	Año	Extracto vegetal	Dosis de NPs	Tamaño	Forma	Metales pesados en medios acuosos	% reducción	Tiempo de contacto


 Dr. Elmer G. Benites Alfaro,
 CIP. 71998
 ORCID ID: 0000-0003-1504-2089
 Scopus ID de autor: 57216176765
 Web of Science Researcher ID: AAI-8644-2020


 Dr. Carlos F. Cabrera Carranza
 CIP. 46572

DNI.17402784


 Dr. Jhonny W. Valverde Flores
 ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2526-112X>
 Scopus ID Author: 57196412905
 CIP: 79862

Anexo 4: Validación de los instrumentos



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 1

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Benites Alfaro, Elmer
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente e investigador/ UCV Lima Norte
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Revisión de las fuentes bibliográficas
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Amaro Castrejón, Nathalie Jazmin
 Ccoyori Pocco, Jackelyn Paola

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE				ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											90%		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											90%		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											90%		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											90%		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											90%		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											90%		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											90%		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											90%		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											90%		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											90%		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación

 SI

Los requisitos para su aplicación los Requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 18 de mayo del 2020


 Dr. Elmer G. Benites Alfaro,
 CIP. 71998

ORCID ID: 0000-0003-1504-2089
 Scopus ID de autor: 57216175765
 Web of Science Researcher ID: AAI-8644-2020



I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Benites Alfaro, Elmer
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente e investigador/ UCV Lima Norte
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Recopilación de información sobre las nanopartículas de hierro por síntesis verde en la remoción de metales pesados
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Amaro Castrejón, Nathalie Jazmin
 Ccoyori Pocco, Jackelyn Paola

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										90%		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										90%		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										90%		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										90%		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										90%		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										90%		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										90%		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										90%		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										90%		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										90%		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación

 SI

Los requisitos para su aplicación los Requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 18 de mayo del 2020

Dr. Elmer G. Benites Alfaro,
 CIP. 71998
 ORCID ID: 0000-0003-1504-2089
 Scopus ID de autor: 57216176765
 Web of Science Researcher ID: AAI-8644-2020



I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Cabrera Carranza, Carlos Francisco
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente e investigador/ UCV Lima Norte
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Revisión de las fuentes bibliográficas
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Amaro Castrejón, Nathalie Jazmin Ccoyori Pocco, Jackelyn Paola

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación SI

Los requisitos para su aplicación los Requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

Lima, 06 de julio del 2020

Dr. Carlos F. Cabrera Carranza
 CIP. 46572

DNI.17402784



I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Cabrera Carranza, Carlos Francisco
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente e investigador/ UCV Lima Norte
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Recopilación de información sobre las nanopartículas de hierro por síntesis verde en la remoción de metales pesados
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Amaro Castrejón, Nathalie Jazmin
 Ccoyori Pocco, Jackelyn Paola

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación

 SI

Los requisitos para su aplicación los Requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90 %

Lima, 06 de julio del 2020

Dr. Carlos F. Cabrera Carranza
CIP. 46572

DNI.17402784



I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Valverde Flores, Jhonny Wilfredo
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente e investigador/ UCV Lima Norte
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Revisión de las fuentes bibliográficas
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Amaro Castrejón, Nathalie Jazmin
 Ccoyori Pocco, Jackelyn Paola

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación

 SI

Los requisitos para su aplicación los Requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85%

Lima, 7 de julio del 2020

Dr. Jhonny W. Valverde Flores
 ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2526-112X>
 Scopus ID Author: 57196412905
 CIP: 79862



I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Valverde Flores, Jhonny Wilfredo
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente e investigador/ UCV Lima Norte
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Recopilación de información sobre las nanopartículas de hierro por síntesis verde en la remoción de metales pesados
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Amaro Castrejón, Nathalie Jazmin Ccoyori Pocco, Jackelyn Paola

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuanta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación SI

Los requisitos para su aplicación los Requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 85%

Lima, 7 de julio del 2020

Dr. Jhonny W. Valverde Flores
 ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2526-112X>
 Scopus ID Author: 57196412905
 CIP: 79862

Anexo 5: Recopilación de información

Autor	Año	Extracto vegetal	Dosis NPs	Tamaño	Forma	Metales pesados en medios acuosos	% reducción	Tiempo de contacto
KAMATH, CHANDRA y JEPPU	2020	Granada	10 gramos	70 - 80 nm	Esférica	Arsénico	47%	48 horas
		Hojas Eucalipto	10 gramos	35 - 50 nm	Esférica	Arsénico	98%	48 horas
		Hoja té verde	10 gramos	30 - 40 nm	Esférica	Arsénico	72.84%	48 horas
LIN [et al.]	2019	Hoja té verde	10 gramos	30 – 100nm	cristalino	Plomo	99%	20 minutos
VENKATESWARLU [et al.]	2019	granada	4 gramos	40 nm-200nm	---	Plomo	93%	30 minutos
LIN [et al.]	2019	Hojas Eucalipto	15 gramos	60 – 85 nm	---	Cobre (II)	52.40%	180 minutos
LINGAMDINNE; KODURU y KARRI	2019	cáscaras de mandarina	6 gramos	200 a 300 nm	hexagonal con cristalino mesoporoso	Plomo	99%	90 minutos
XIAO [et al.]	2019	Hojas Eucalipto	2 gramos	20-40 nm	---	Plomo	82.4%	1 hora
ZHU [et al.]	2018	Hoja té verde	4 gramos	60 - 120 nm	Esférica	Cromo (VI)	73.2%	---
ZHU; HE y LIU	2018	Hoja té verde	4 gramos	80 - 150 nm	Esférica	Cromo (VI)	73%	50 minutos

CAÑAZACA y CCAMA	2017	Hojas Eucalipto	1 gramo	150 – 200 nm	Granular - esférica	Cromo (VI)	92%	15 minutos
MYSTRIOTI [et al.]	2016	Granada	1 gramo	5 – 60 nm	Esférica o elíptica	Cromo (VI)	92%	---
		Hojas de menta	2 gramos	1 - 25 nm	Esférica	Cromo (VI)	70%	---
EHRAMPOUSH [et al.]	2015	cáscaras de mandarina	40 gramos	50 nm	Esférica	Cadmio	88.7%	---
PRASAD; GANDHI y SELVARAJ	2014	Hojas de menta	20 gramos	20 – 45nm	Cristalina cubica	Arsénico	99.79%	---