



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**SÍNTESIS DE NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE MAGNESIO
CON EXTRACTOS DE CHAMAEMELUM NOBILE PARA LA
OBTENCIÓN DE BIOFERTILIZANTE.**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO QUÍMICO

AUTOR: ALEX SEBASTIAN ZHAÑAY ANDRADE

DIRECTORA: Ing. MABEL MARIELA PARADA RIVERA Msc.

Riobamba – Ecuador

2021

©2021, Alex Sebastian Zhañay Andrade

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Alex Sebastian Zhañay Andrade, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 16 de septiembre de 2021

Alex Sebastian Zhañay Andrade

CI: 060517569-4

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo: Proyecto de Investigación, **SÍNTESIS DE NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE MAGNESIO CON EXTRACTOS DE *CHAMAEMELUM NOBILE* PARA LA OBTENCIÓN DE BIOFERTILIZANTE**, realizado por el señor: **ALEX SEBASTIAN ZHAÑAY ANDRADE**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Biof. Fabián Ernesto Arias Arias PhD. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	_____	16/09/2021 _____
Ing. Mabel Mariela Parada Rivera Msc. DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	_____	16/09/2021 _____
Biof. Rosa Maricela Ormaza Hugo Msc. MIEMBRO DE TRIBUNAL	_____	16/09/2021 _____

DEDICATORIA

A mis padres: Miguel y Fanny, quienes con su esfuerzo y sacrificio han guiado mi camino a lo largo de mi vida, por haberme demostrado que la perseverancia y dedicación son la clave para el éxito. Y sobre todo por nunca haber soltado mi mano y haberme cuidado con su paciencia y cariño.

Alex

AGRADECIMIENTO

A mis padres y hermanos por todo su cariño y comprensión, por estar a mi lado siempre y apoyarme en los buenos y malos momentos. Por haberme inculcado los mejores valores y haberme enseñado que el éxito del mañana es el esfuerzo del presente.

De manera especial, agradezco a la Ing. Mabel Parada, directora de tesis y a la Biof. Rosa Ormaza miembro de tesis, por brindarme la oportunidad de crecer profesionalmente adquiriendo experiencia a través de sus conocimientos, por la paciencia y dedicación al guiarme en el transcurso de este trabajo de titulación.

A Ariana Pino, quien con todo su amor me motiva a seguir siempre adelante, quien con paciencia apoya todos mis proyectos. Y sobre todo por siempre estar a mi lado cuando más lo he necesitado.

A mis amigos por su apoyo y lealtad durante toda mi carrera.

Alex.

TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN	xiii
SUMMARY	xiv
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO.....	4
1.1. Antecedentes de la Investigación.....	4
1.2. Marco Conceptual o Glosario.....	5
1.2.1. <i>Nanotecnología</i>	5
1.2.2. <i>Nanopartículas</i>	6
1.2.3. <i>Nanopartículas de óxido de magnesio</i>	6
1.2.4. <i>Síntesis biológica de nanopartículas de óxidos metálicos</i>	7
1.2.4.1. <i>Síntesis de nanopartículas a partir de extractos de plantas</i>	7
1.2.4.2. <i>Extracto de Manzanilla “Chamaemelum nobile”</i>	8
1.2.5. <i>Caracterización óptica de nanopartículas</i>	8
1.2.5.1. <i>Espectroscopia infrarroja (FT-IR)</i>	8
1.2.5.2. <i>Espectroscopia UV-Vis</i>	9
1.2.5.3. <i>Microscopia electrónica de barrido</i>	9
1.2.6. <i>Nanotecnología en la Agricultura</i>	9
1.2.6.1. <i>Fertilizante a base de nanopartículas</i>	10

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA	11
2.1. Hipótesis y especificación de variables	11
2.1.1. <i>Hipótesis general</i>	11
2.1.2. <i>Hipótesis específicas</i>	11
2.1.3. <i>Identificación de variables</i>	11
2.1.3.1. <i>Variables independientes</i>	11
2.1.3.2. <i>Variables dependientes</i>	11

2.1.3.3.	<i>Variable cualitativa nominal</i>	11
2.1.4.	<i>Operacionalización de Variables</i>	12
2.1.5.	<i>Matriz de consistencia</i>	13
2.2.	Tipo y diseño de investigación	14
2.2.1.	<i>Tipo de investigación</i>	14
2.3.	Unidad de análisis	15
2.4.	Población de estudio	15
2.5.	Tamaño de muestra	15
2.6.	Selección de muestra	15
2.7.	Técnicas de recolección de datos	15
2.7.1.	<i>Adquisición y tratamiento de la planta Chamaemelum Nobile</i>	16
2.7.2.	<i>Preparación del extracto de Chamaemelum Nobile</i>	18
2.7.3.	<i>Preparación del agente precursor</i>	20
2.7.4.	<i>Síntesis de las nanopartículas de óxido de magnesio</i>	22
2.7.5.	<i>Caracterización por espectroscopia infrarroja FT-IR</i>	24
2.7.6.	<i>Caracterización por espectrofotometría UV-VIS</i>	25
2.7.7.	<i>Caracterización por microscopía electrónica de barrido (SEM)</i>	26
2.7.8.	<i>Evaluación del fertilizante</i>	27

CAPÍTULO III

3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
3.1.	Resultados	30
3.1.1.	<i>Resultados de la caracterización de la muestra</i>	30
3.1.1.1.	<i>Espectroscopia Infrarroja FT-IR de las flores de la planta Chamaemelum Nobile</i>	30
3.1.1.2.	<i>Espectroscopia infrarroja FT-IR de las hojas y tallos de la planta Chamaemelum Nobile</i>	31
3.1.1.3.	<i>Espectroscopia infrarroja FT-IR de las nanopartículas de óxido de magnesio</i>	33
3.1.1.4.	<i>Espectroscopia infrarroja UV-VIS de las nanopartículas de óxido de magnesio</i>	34
3.1.1.5.	<i>Microscopía electrónica de barrido (SEM)</i>	34
3.1.2.	<i>Resultados de la evaluación del fertilizante</i>	39
3.2.	Análisis estadístico	43
3.3.	Prueba de hipótesis	45
3.3.1.	<i>Hipótesis 1</i>	45
3.3.2.	<i>Hipótesis 2</i>	46
3.3.3.	<i>Hipótesis 3</i>	46

3.3.4. Hipótesis 4	46
3.4. Discusión	47
CONCLUSIONES	49
RECOMENDACIONES	51
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Antecedentes	5
Tabla 1-2: Operacionalización de variables	12
Tabla 2-2: Matriz de consistencia	13
Tabla 3-2: Diseño Experimental Muestra: Flores	14
Tabla 4-2: Diseño Experimental Muestra: Tallos y hojas	14
Tabla 1-3: Wavenumber vs %T. Flores de la planta <i>Chamaemelum Nobile</i>	31
Tabla 2-3: Wavenumber vs %T. Hojas y tallos de la planta <i>Chamaemelum Nobile</i>	32
Tabla 3-3: Wavenumber vs %T. Nanopartículas de Oxido de Magnesio	33
Tabla 4-3: Resultados del proceso de Imbibición.	40
Tabla 5-3: Dimensiones de las Plántulas (cm).	42
Tabla 6-3: Análisis FT-IR de los extractos de Manzanilla.	43
Tabla 7-3: Resumen Estadístico.....	44
Tabla 8-3: Comparación de Medias	44
Tabla 9-3: Comparación de desviaciones estándar	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. NPs-MgO	6
Figura 1-2. Muestra de la planta de manzanilla	16
Figura 2-2. Secado de las flores de manzanilla.....	17
Figura 3-2. Secado de las hojas y tallos de manzanilla.....	17
Figura 4-2. Polvo de flores, tallos y hojas de manzanilla	17
Figura 5-2. Balanza Analítica	19
Figura 6-2. Agitador magnético con calefacción	19
Figura 7-2. Bomba al vacío.....	19
Figura 8-2. Refrigerador	20
Figura 9-2. Centrifugadora.....	23
Figura 10-2. Liofilizador.....	23
Figura 11-2. Espectrofotómetro FT-IR	24
Figura 12-2. Espectrofotómetro UV-VIS.....	26
Figura 13-2. Cámara climática.....	28
Figura 1-3. Imbibición de las semillas	39
Figura 2-3. Finalización del proceso de imbibición.....	39
Figura 3-3. Germinación de las semillas transcurrido 4 días	40
Figura 4-3. Germinación de las semillas (a) transcurrido 8 días, (b) transcurrido 12 días	41
Figura 5-3. Plántula normal	41

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-2. Selección de la muestra	15
Gráfico 1-3. Espectro IR de las flores de la planta <i>Chamaemelum Nobile</i>	30
Gráfico 2-3. Espectro IR de las hojas y tallos de la planta <i>Chamaemelum Nobile</i>	31
Gráfico 3-3. Espectro IR de las nanopartículas de óxido de magnesio	33
Gráfico 4-3. Espectro UV-VIS de las nanopartículas de óxido de magnesio	34
Gráfico 5-3. Microscopia Electrónica de barrido de NPs-MgO con un aumento de 1300X.....	34
Gráfico 6-3. Informe de espectros EDS-1 generado por el SEM.....	36
Gráfico 7-3. Microscopia Electrónica de barrido de NPs-MgO con un aumento de 27000X.....	37
Gráfico 8-3. Informe de espectros EDS-2 generado por el SEM.....	38

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: PREPARACIÓN DEL EXTRACTO DE MANZANILLA

ANEXO B: SÍNTESIS DE LAS NANOPARTÍCULAS

ANEXO C: ANÁLISIS ESPECTROFOTÓMETRO UV-VIS DE LAS NANOPARTÍCULAS
DE ÓXIDO DE MAGNESIO

ANEXO D: ANÁLISIS ESPECTROFOTÓMETRO FT-IR DE LAS NANOPARTÍCULAS DE
ÓXIDO DE MAGNESIO

ANEXO E: MICROSCOPIA ELECTRÓNICO DE BARRIDO (SEM) DE LAS
NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE MAGNESIO

ANEXO F: EVALUACIÓN DEL FERTILIZANTE

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo sintetizar nanopartículas de óxido de magnesio (NPs-MgO) mediante la utilización de extractos de Manzanilla (*Chamaemelum nobile*), para la obtención de un biofertilizante. La metodología constó de cuatro etapas. La primera fue la preparación del extracto de manzanilla a través de un proceso de infusión, el cual se lo llevó a cabo por el lapso de 4 horas. La segunda etapa consistió en la síntesis de las NPs-MgO mediante el uso del extracto de manzanilla y un agente precursor a diferentes concentraciones, agregando movimiento a 100 revoluciones por minuto (rpm) en dos diferentes lapsos de tiempo, 2 y 4 horas. Finalmente, luego de centrifugar las muestras a 6000rpm se realizó una liofilización para la obtención de las NPs-MgO en estado sólido. En la tercera etapa se realizó la caracterización de las NPs mediante métodos ópticos, como la espectroscopía de infrarrojo (FT-IR), en la que se obtuvo un pico característico a la longitud de onda de 879.3 cm⁻¹, el cual confirma la formación de las NPs, espectroscopía ultravioleta visible (UV-VIS) con un pico de absorción en el rango de 276.93nm y la microscopía electrónica de barrido (SEM) en la que se identificó el tamaño promedio de las NPs-MgO mismo que fue de 313nm. Finalmente, la cuarta etapa consistió en una prueba de germinación, en la cual se sometieron semillas de maíz a dos diferentes tratamientos, estos consisten en aplicar una solución con una alta y baja concentración de NPs, 500 y 10 partes por millón (ppm) respectivamente. Dando como resultado que una concentración mayor de NPs favoreció en mayor medida el crecimiento de las plantas, con un 52.86% de aumento a comparación del grupo de control. Se recomienda realizar diferentes procesos de secado de las NPs para determinar su influencia en los resultados finales.

Palabras clave: <NANOTECNOLOGÍA>, <MANZANILLA (*Chamaemelum nobile*)>, <ESPECTROSCOPIA>, <MICROSCOPIA>, <FERTILIZANTE>

LEONARDO
FABIO MEDINA
NUSTE

Firmado digitalmente
por LEONARDO FABIO
MEDINA NUSTE
Fecha: 2021.09.27
12:20:44 -05'00'



1832-DBRA-UTP-2021

SUMMARY

The present research work aimed to synthesize nanoparticles of magnesium oxide (NPs-MgO) by using extracts of Chamomile (*Chamaemelum nobile*), to obtain a biofertilizer. The methodology consisted of four stages. The first was the preparation of chamomile extract through an infusion process, which was carried out for a 4-hour period. The second stage consisted of the synthesis of the NPs-MgO by the use of chamomile extract and a precursor agent at different concentrations, adding movement at 100 revolutions per minute (rpm) in two different time periods, for 2 and 4 hours. Finally, after centrifuging the samples at 6000rpm, a lyophilization was carried out for the obtaining NPs-MgO in solid state. In the third stage, the characterization of NPs was performed using optical methods, such as infrared spectroscopy (FT-IR), in which a characteristic peak was obtained at the wavelength of 879.3 cm⁻¹, which confirms the formation of NPs, ultraviolet visible spectroscopy (UV-VIS) with an absorption peak in the range of 276.93nm and scanning electron microscopy (SEM) in which the average size of the NPs-MgO was identified which was 313nm. Finally, the fourth stage consisted of a germination test, in which corn seeds were subjected to two different treatments; these consist of applying a solution with a high and low concentration of NPs, 500 and 10 parts per million (ppm) respectively, resulting in that a higher concentration of NPs favored plant growth to a greater extent, with a 52.86% increase as compared to the control group. It is recommended to carry out different drying processes of the NPs to determine their influence on the final results.

Keywords: <NANOTECHNOLOGY>, <CHAMOMILE (*Chamaemelum nobile*)>, <SPECTROSCOPY>, <MICROSCOPY>, <FERTILIZER>.

INTRODUCCIÓN

Identificación del Problema

Con el pasar del tiempo y el avance científico se han estudiado nuevas tecnologías que permiten maximizar el uso de diferentes recursos. La nanotecnología posee un gran interés a nivel mundial en la actualidad debido a las diferentes ventajas que esta ofrece. Sin embargo, en el Ecuador no existe gran información sobre esta ciencia que permita un mayor aprovechamiento de esta tecnología de vanguardia. Generando así desconocimiento sobre las diferentes aplicaciones que esta presenta.

Existen diversas maneras de obtener nanopartículas de óxido de magnesio (NPs-MgO) entre las cuales destacan pirolisis, condensación atómica, ablación láser, molienda mecánica, etc. Sin embargo, debido a la contaminación ambiental y al costo económico que se requiere para la producción de nanopartículas (NPs), es necesario considerar formas alternas para su obtención. La síntesis verde o biosíntesis es considerada como el método más eficaz para evitar problemas ambientales, además de poseer diversas ventajas, entre las cuales destaca una mayor rendimiento y calidad de las NPs obtenidas a comparación con los métodos físicos y químicos comúnmente utilizados (Díaz, 2013, p.20).

Una de las aplicaciones de nanotecnología se ve reflejada en la agricultura debido a que esta promete una reducción significativa del impacto ambiental generado por los fertilizantes tradicionales, así como el aumento de la productividad del suelo, sin embargo, al ser una tecnología innovadora se necesita de los ensayos suficientes que permitan aseverar en su totalidad los beneficios antes mencionados (Saldivar et al., 2016, p.22). Por tal motivo el grupo de investigación GIMA se encuentra enfocado dentro de sus áreas a la realización de estudios sobre nuevos materiales para aplicaciones en tecnologías verdes que permitan aprovechar en gran medida los recursos existentes, por lo cual en el presente trabajo se pretende realizar la síntesis de NPS-MgO a partir de extractos de *Chamaemelum nobile* para la obtención de biofertilizante.

Justificación de la Investigación

La nanotecnología en la actualidad es de gran relevancia para los descubrimientos y avances científicos, debido a que facilita la manipulación de la materia a escala atómica y molecular. La característica principal de la nanotecnología reside en las propiedades físicas, químicas y biológicas que presentan los nuevos materiales a escala nanométrica en comparación con su escala macroscópica (Foladori, 2016, p.61).

Entre las principales aplicaciones de las NPs-MgO destacan su uso en la producción de nanomateriales, gracias a su estabilidad en condiciones extremas y la seguridad que estos aportan. En un estudio realizado en la India en el departamento de ingeniería química, Praveen kumar junto a sus colaboradores realizó la síntesis de NPs-MgO mediante el uso del extracto de flor de *Chamaemelum Nobile*, obteniendo como resultado NPs con un tamaño que varía entre 20-40nm (Praveen et al., 2020, p.3).

Por otra parte, en una investigación realizada para la obtención de NPs-MgO como agente nanoprimador para la mejora de germinación de semillas se obtuvieron NPs con un tamaño medio alrededor de 15-20nm. Además, mostró como resultado una gran aceleración en la germinación de la semilla en el primer día de su aplicación y en días posteriores demostró un aumento significativo en la longitud de la raíz a comparación de las semillas que no fueron aplicadas con las NPs-MgO (Vijai et al., 2020, p.3).

En base a lo descrito y tomando en cuenta las líneas de investigación actuales en la ESPOCH se justifica la realización del trabajo de integración curricular “SÍNTESIS DE NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE MAGNESIO CON EXTRACTOS DE *Chamaemelum nobile* PARA LA OBTENCIÓN DE BIOFERTILIZANTE” con la finalidad de conseguir NPs-MgO mediante síntesis verde para su posterior empleo en la obtención de un abono inorgánico amigable con el medio ambiente.

Objetivos de la Investigación

Objetivo General

- Sintetizar nanopartículas de óxido de magnesio con extractos de *Chamaemelum nobile* para la obtención de biofertilizante.

Objetivos Específicos

- Identificar el método más adecuado para la síntesis de nanopartículas de óxido de magnesio.
- Sintetizar nanopartículas de óxido de magnesio mediante el uso de la planta *Chamaemelum nobile*, como agente estabilizante y reductor.
- Caracterizar las nanopartículas mediante métodos ópticos.
- Obtener el biofertilizante con la aplicación de las nanopartículas de óxido de magnesio.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes de la Investigación

Existen varios experimentos que analizan la obtención de NPs metálicas a partir de extractos de plantas, mediante síntesis verde obteniendo excelentes resultados, por ejemplo, en la Facultad de Ingeniería civil y ambiental de la Escuela Politécnica Nacional del Ecuador, Torres, realizó varios experimentos con extractos de plantas endémicas del lugar para la obtención de NPs de oro y plata (Au, Ag), obteniendo como resultado la formación de NPs-Ag con un tamaño de 44.4, 54.7 y 48.3 nm mediante el uso del extracto de *I. insignis*, *M. quitensis* y *R. glaucus* respectivamente (Torres, 2015, p.14).

Por otra parte, en el departamento de Química Industrial de la Universidad de Alagappa en India, Suresh, junto con sus colaboradores realizaron un estudio para la extracción de NPs-MgO en donde se utilizó el extracto de *Nephelium lappaceum L*, obteniéndolo mediante cascara del fruto de esta planta con una mezcla de etanol y agua bidestilada. El cual, fue usado para la reducción del precursor (nitrato de magnesio) logrando obtener NPs con un tamaño entre 70-140nm (Suresh et al., 2014, p.142).

De igual manera, en otro estudio realizado en la India, en el departamento de Ingeniería Química de la Academia de Educación Superior de Karpagam, se realizaron varios experimentos para analizar el potencial aficida del óxido de magnesio, en el que se obtuvieron NPs con un tamaño entre 20-40 nm, mediante el uso del extracto de flor de *Chamaemelum Nobile* (Praveen et al., 2020, p.3).

En relación con el uso de las NPs-MgO como fertilizante existen diversos experimentos que han permitido analizar su efecto como agente promotor del crecimiento de las plantas, en un estudio realizado por Vijai Anand junto a sus coautores en el año 2020, demostró que el uso de NPs-MgO favoreció la germinación temprana y mejorada en semillas de grammo verde o frijol, en comparación con semillas que no fueron sometidas al tratamiento. Como resultado se obtuvo el cien por ciento de germinación en su primer día de tratamiento, además en los cinco días posteriores aumento la longitud de las raíces, de los brotes y de la plántula en general (Vijai et al., 2020, p.3).

En una investigación orientada al uso de nanomateriales se utilizaron nanopartículas de dióxido de silicio (NPs-SiO₂) con un tamaño de alrededor de 12 nm, para probar los efectos beneficiosos de las mismas sobre la germinación de semillas de tomate. Estas fueron sometidas a diferentes tratamientos los cuales consistían en variar la concentración de NPs a las cuales fueron expuestas. Obteniendo como resultado que la mejor concentración fue de 8g/L de NPs-SiO₂ mejorando la

germinación de la semilla e un 22.16%, el índice de vigor de la semilla en un 22.15%, el peso fresco de la plántula en un 116.58% y el peso seco en un 117.46% a comparación de las semillas que no fueron sometidas al tratamiento. Determinando así excelentes beneficios del uso de las NPs en la germinación de semillas (Siddiqui y Al-Whaibi, 2014, p.5).

Tabla 1-1: Antecedentes

AÑO	TEMA	AUTOR
2020	Synthesis of magnesium oxide nanoparticle by eco-friendly method (green synthesis) – A review.	P. Praveen Kumar, M. Laxmi Deepak Bhatlu, K. Sukanya, S. Karthikeyan, Neethu Jayan
2020	Bio-engineered magnesium oxide nanoparticles as nano-priming agent for enhancing seed germination and seedling vigour of green gram (<i>Vigna radiata</i> L.).	K. Vijai Anand, A.R. Anugraga, M. Kannan, G. Singaravelu c , K. Govindaraju
2015	Síntesis verde y caracterización de nanopartículas de oro y plata mediante el uso de algunas plantas endémicas del Ecuador.	Torres Pallasco Abel Ignacio
2014	Green synthesis of magnesium oxide nanoparticles	J. Suresh, R. Yuvakkumar, M. Sundrarajan, S.I. Hong.
2014	Role of nano-SiO ₂ in germination of tomato (<i>Lycopersicum esculentum</i> seeds Mill.)	Manzer H. Siddiqui, Mohamed H. Al-Whaibi

Realizado por: Zhañay Andrade, Alex, 2021.

1.2. Marco Conceptual o Glosario

1.2.1. Nanotecnología

Con el pasar del tiempo y el avance científico se han estudiado nuevas tecnologías que permiten maximizar el uso de diferentes recursos. La nanotecnología es la rama de la ciencia que se encarga del estudio de la materia a escala nanométrica es decir a un nivel atómico o molecular. Esta materia se mide en nanómetros en un rango que varía entre 1 a 100nm (Urquilla, 2019, p.68). En la actualidad la nanotecnología posee un gran interés a nivel mundial debido a las diferentes ventajas que esta ofrece, tales como reducción de costos, incremento en la eficiencia de equipos eléctricos,

químicos y mecánicos, eficiencia en el uso de un recurso natural, entre otros (Ayodeji, Clinton y Kgothatso, 2017, p.3840).

1.2.2. Nanopartículas

El termino nanopartícula, hace referencia a una agrupación de átomos o moléculas que dan origen a una partícula con dimensiones nanométricas. Su tamaño está comprendido en un intervalo de 1 a 100 nm. Se pueden originar diversas nanopartículas, esto depende de cuáles serán los átomos o moléculas que se agruparán para su formación. Así por ejemplo se obtendrá NPs-MgO, si estas se encuentran formadas por moléculas de MgO (Álvarez y Barbero, 2013, p.109).

1.2.3. Nanopartículas de óxido de magnesio

El óxido de magnesio es considerado como un material inorgánico muy importante debido a las principales características que este posee, destacando entre estas sus excelentes propiedades ópticas, térmicas, eléctricas, mecánicas y químicas.

Las NPs-MgO se caracterizan por poseer una estructura cristalina, alta actividad fotocatalítica, una banda prohibida amplia, un alto carácter iónico además de una estabilidad química y térmica. Estas propiedades únicas lo convierten en un nanocompuesto muy importante, lo que ha permitido su uso en electrónica, cerámica, catálisis, productos químicos, aditivos en combustible, productos agrícolas entre otros (Abdulkhaleq, Nayef y Albarazanchi, 2020, p.1).

Otras características importantes de las NPs son su bajo costo de producción, no volatilidad, no toxicidad, capacidad de adsorción y una alta reactividad. El tamaño y morfología de las NPs pueden ser susceptibles a cambios si se modifican parámetros en la síntesis de las mismas tales como el pH, fuerza iónica y diferentes temperaturas de calcinación (Balakrishnan et al., 2020, p.1).

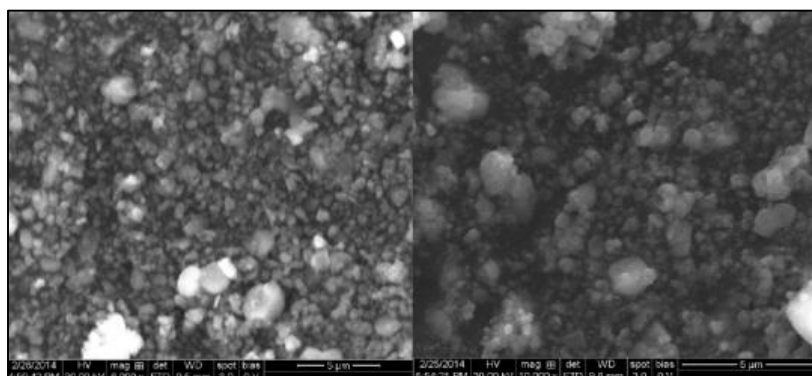


Figura 1-1. NPs-MgO

Fuente: (Moorthy et al., 2015, p.4364).

1.2.4. Síntesis biológica de nanopartículas de óxidos metálicos

La síntesis de NPs de óxidos metálicos se pueden generar a partir de diferentes métodos, entre los cuales destacan los físico-químicos como son precipitación, micro emulsión, reducción química, sol-gel entre otros. Uno de los más interesantes es el proceso de síntesis biológica de nanopartículas, conocida también como síntesis verde, debido al menor impacto ambiental que esta presenta en comparación con los métodos tradicionales (Bandeira et al., 2020, p.2).

El método biológico se caracteriza principalmente por ser rentable, reducir la carga química al medio ambiente, y eliminar procesos innecesarios durante la síntesis. Las NPs conseguidas por este medio se denominan como NPs biogénicas y su obtención implica el uso de biomasa, plantas o extractos, microorganismos, células procariotas, eucariotas o biomoléculas extraídas que actúan como agentes reductores y protectores (Rana, Yadav y Jagadevan, 2020, p.3).

1.2.4.1. Síntesis de nanopartículas a partir de extractos de plantas.

Gracias a diferentes estudios se ha logrado determinar que las plantas poseen una gran variedad de antioxidantes y metabolitos secundarios tales como metilxantinas, ácidos fenólicos, flavonoides y saponinas. Estos son los responsables de la síntesis verde de nanopartículas de óxidos metálicos debido a su capacidad de quelar metales, neutralizar especies reactivas de oxígeno y radicales libres además de actuar como estabilizadores de las nanopartículas sintetizadas. El uso de los extractos de estas plantas se ve favorecido debido a que estas se encuentran constituidos en gran medida por estos compuestos activos en diferentes concentraciones, lo que lo convierte en el sustrato orgánico más común utilizado para la síntesis biológica de las nanopartículas con iones metálicos (Bandeira et al., 2020, p.6).

La obtención del extracto de una planta se lo realiza de manera sencilla al exponer diferentes partes de esta a etanol o agua destilada como pueden ser hojas, semillas, raíces, cáscara de corteza, flores y frutos. Al mezclar el extracto vegetal y una solución precursora mediante agitación constante y lenta, el cambio de color de la solución indica la síntesis de las NPs, mismas que para su recolección deben someterse a un proceso de centrifugación seguido de un lavado con agua desionizada y finalizar el proceso con el secado en horno de las NPs (Rana, Yadav y Jagadevan, 2020, p.12).

1.2.4.2. *Extracto de Manzanilla “Chamaemelum nobile”*

Chamaemelum nobile es una hierba perenne perteneciente a la familia de las Asteráceas conocida comúnmente con el nombre de “Manzanilla”, posee varios efectos biológicos, como antimicrobianos, antioxidantes, antimutagénicos, anticancerígenos, antiinflamatorios y antiespasmolíticos. Los compuestos activos de la manzanilla son polifenoles, flavonoides, alcaloides, triterpenoides y taninos además posee un alto nivel de actividad antioxidante lo que le permite actuar como un agente reductor y estabilizador en la síntesis de nanopartículas de óxidos metálicos (Erjaee, Nazifi y Rajaian, 2017, p.695).



Figura 2-1. Planta de manzanilla

Fuente:(Reynoso, 2019).

1.2.5. *Caracterización óptica de nanopartículas*

La caracterización de las NPs de óxidos metálicos resulta indispensable, debido a que permiten conocer la forma, tamaño y componentes estructurales de las partículas. Esta caracterización se puede realizar mediante diferentes pruebas, tales como: espectroscopia infrarroja y UV-Vis, microscopia electrónica de barrido, difracción de rayos X entre otras (Rana, Yadav y Jagadevan, 2020, p.14).

1.2.5.1. *Espectroscopia infrarroja (FT-IR)*

La FT-IR es una técnica de análisis que estudia los procesos de absorción y emisión sobre las moléculas que se encuentran en la materia. La base principal de la FT-IR es la absorción de los rayos infrarrojos de luz por las moléculas presentes en una muestra. Es decir, el fundamento de la FT-IR se basa en someter a una energía el haz de infrarrojos que es emitido por una fuente: lo que permite que el haz de luz cruce una cámara para controlar la cantidad de energía radiada en la muestra. De esta manera la FT-IR permite obtener información de todas las longitudes de onda

de un espectro infrarrojo de manera simultánea, lo que lo caracteriza como un método confiable y eficaz para el análisis de muestras que contengan diversas sustancias químicas (Dilia et al., 2012, p.126).

1.2.5.2. *Espectroscopia UV-Vis*

Las medidas de absorción de la radiación Ultravioleta-Visible (UV-VIS) tienen gran importancia en la identificación y determinación de una gran cantidad de especies inorgánicas y orgánicas. Es la técnica instrumental más ampliamente utilizada además de ser simple y sencilla que permite el estudio de componentes químicos y biológicos. Esta técnica se basa en el proceso de absorción por las moléculas de la radiación ultravioleta-visible entre 190 nm y 780 nm (Vidal, 2014, p.67).

1.2.5.3. *Microscopia electrónica de barrido*

La microscopía electrónica de barrido (SEM) es una técnica de caracterización de la microestructura y morfología de la superficie de los materiales. Se caracteriza por tener un límite en su resolución que va entre los 20 y 50 Å. Su fundamento se basa en la expulsión de electrones los cuales son emitidos desde un filamento hasta un ánodo, en donde se dispara un rayo de electrones que barre toda la muestra, luego los electrones secundarios son producidos en el proceso, se recolectan mediante un detector y posterior a esto se realiza una imagen que permite la caracterización de las moléculas (Camino, 2020, p.24).

1.2.6. *Nanotecnología en la Agricultura*

En la actualidad el constante crecimiento de la población mundial ha provocado los escasos de alimentos, por lo que se priorizan las investigaciones para incrementar el rendimiento de los cultivos, los agroquímicos más usados comúnmente son los pesticidas y fertilizantes los cuales ayudan a proteger e incentivar el crecimiento de la vegetación. Sin embargo, el uso excesivo de estos químicos genera el desgaste del suelo, así como su contaminación, además de generar resistencia por parte de los insectos y microorganismos hacia los pesticidas (Saldivar et al, 2018, p.10). La nanotecnología presenta grandes avances científicos que buscan resolver esta problemática ofreciendo nuevas herramientas que facilitan la detección temprana de enfermedades en los cultivos, así como también optimizar la capacidad que poseen las plantas para absorber nutrientes lo que permite su crecimiento a una mayor velocidad en un menor tiempo. Un claro ejemplo de estas herramientas son los nano-pesticidas, nano-herbicidas, nano-sensores, nano-fertilizantes, nano-insecticidas entre otros (Saldivar et al, 2018, p.10).

1.2.6.1. *Fertilizante a base de nanopartículas*

La nanotecnología permite la construcción de fertilizantes inteligentes con la finalidad de proteger al medio ambiente además de ofrecer un sinnúmero de ventajas para los cultivos por ejemplo el uso de nanopartículas como fertilizante mejora la solubilidad de los nutrientes del suelo en el agua por lo que facilita la absorción de los mismos por parte de las plantas, lo que permite que estas se desarrollen de manera rápida y eficaz aumentando el rendimiento de los cultivos agrícolas (García y Pedroza, 2018, p.4-5).

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA

2.1. Hipótesis y especificación de variables

2.1.1. *Hipótesis general*

El uso de extractos de manzanilla permite sintetizar NPs-MgO para obtener un biofertilizante.

2.1.2. *Hipótesis específicas*

- Mediante bibliografía se puede identificar el método más adecuado para la síntesis de NPs-MgO.
- El uso de diversas partes de la planta *Chamaemelum nobile* como agente estabilizante y reductor, permite sintetizar diferente tamaño y cantidad de NPs-MgO.
- Las características físico-químicas de las NPs-MgO se pueden determinar mediante la aplicación de métodos ópticos.
- La aplicación de NPs-MgO permite obtener un biofertilizante como alternativa a los abonos inorgánicos tradicionales

2.1.3. *Identificación de variables*

2.1.3.1. *Variables independientes*

- Concentración de (MgO)
- Concentración del extracto de diferentes partes de la planta *Chamaemelum nobile*
- Tiempo de emulsión

2.1.3.2. *Variables dependientes*

- Tamaño de las NPs-MgO
- Cantidad de las NPs-MgO

2.1.3.3. *Variable cualitativa nominal*

- Métodos para síntesis de nanopartículas.

2.1.4. Operacionalización de Variables

Tabla 1-2: Operacionalización de variables

Variable	Tipo de Variable	Definición Operacional	Categorización	Indicadores	Instrumento de medición	Valor
Métodos para síntesis de nanopartículas	Cualitativa-Nominal	Formas de obtener nanopartículas oxido metálicas	Síntesis química y biológica de nanopartículas	-	Fuentes Bibliográficas	-
Concentración del extracto de diferentes partes de la planta <i>Chamaemelum nobile</i>	Independiente	Cantidad de manzanilla utilizada para la obtención de su extracto.	-	Peso/volumen	Balanza Probeta	-
Tiempo de emulsión	Independiente	Tiempo	-	Minutos/horas	Cronómetro	-
Concentración de (MgO)	Independiente	Cantidad de nitrato de magnesio utilizada para la obtención de NPs	-	Peso/volumen	Balanza Probeta	-
Tamaño de las nanopartículas de óxido de magnesio	Dependiente	Dimensión de las nanopartículas obtenidas	-	Diámetro de partícula	Espectrómetro ultravioleta y visible	≥10nm
Cantidad de las nanopartículas de óxido de magnesio	Dependiente	Cuantía de las nanopartículas obtenidas	-	Peso de las nanopartículas	Balanza	-

Realizado por: Zhañay Andrade, Alex, 2021.

2.1.5. Matriz de consistencia

Tabla 2-2: Matriz de consistencia

ASPECTOS GENERALES				
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL		HIPÓTESIS GENERAL	
En el Ecuador no existe gran información sobre la nanotecnología lo que genera un desconocimiento sobre las diferentes aplicaciones que esta presenta.	Sintetizar nanopartículas de óxido de magnesio con extractos de <i>Chamaemelum nobile</i> para la obtención de biofertilizante.		El uso de extractos de manzanilla permite sintetizar NPs-MgO para obtener un biofertilizante.	
ASPECTOS ESPECÍFICOS				
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLES DE LAS HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS
Existe gran variedad de métodos para la síntesis de nanopartículas.	Identificar el método más adecuado para la síntesis de NPs-MgO	Mediante bibliografía se puede identificar el método más adecuado para la síntesis de NPs-MgO.	Métodos para síntesis de nanopartículas	Estudios Bibliográficos
Se desconoce cuál es la influencia de la concentración del extracto vegetal en la síntesis de nanopartículas.	Sintetizar NPs-MgO mediante el uso de la planta <i>Chamaemelum nobile</i> , como agente estabilizante y reductor.	El uso de diversas partes de la planta <i>Chamaemelum nobile</i> como agente estabilizante y reductor, permite sintetizar diferente tamaño y cantidad de NPs-MgO.	Concentración de (MgO) Concentración del extracto de diferentes partes de la planta <i>Chamaemelum nobile</i> . Tiempo de emulsión.	Métodos para medir concentración y tiempo.
Se desconocen las propiedades físico-químicas de las NPs-MgO.	Caracterizar las NPs mediante métodos ópticos.	Las características físico-químicas de las NPs-MgO se pueden determinar mediante la aplicación de métodos ópticos.	Tamaño de las NPs-MgO Cantidad de NPs-MgO	Métodos de caracterización óptica.

Realizado Por: Zhañay Andrade, Alex, 2021.

2.2. Tipo y diseño de investigación

2.2.1. Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo correlacional, debido a que, al variar la concentración del extracto de manzanilla, aumenta o disminuye el tamaño y cantidad de las nanopartículas sintetizadas. Por tal motivo el diseño de investigación es experimental o de laboratorio.

El desarrollo experimental se lo realizará mediante tres etapas las cuales consistirán en la preparación del extracto de manzanilla mediante diversas partes de la planta, además de la solución del agente precursor, posterior a ello se efectuará la síntesis de las nanopartículas mediante el uso del extracto vegetal y el agente precursor, una vez realizado este procedimiento se finalizara con la caracterización de las nanopartículas mediante métodos ópticos para la determinación del tamaño y forma de las mismas.

Para este diseño se realizará un análisis Factorial con tres variables el cual se encuentra estructurado de la siguiente manera:

Tabla 3-2: Diseño Experimental Muestra: Flores

Flores	[AG.P]1		[AG.P]2	
	T1	T2	T1	T2
M1	M1-T1-[AG.P]1	M1-T2-[AG.P]1	M1-T1-[AG.P]2	M1-T2-[AG.P]2
M2	M2-T1-[AG.P]1	M2-T2-[AG.P]1	M2-T1-[AG.P]2	M2-T2-[AG.P]2

Realizado Por: Zhañay Andrade, Alex, 2021.

Tabla 4-2: Diseño Experimental Muestra: Tallos y hojas

Tallos y Hojas	[AG.P]1		[AG.P]2	
	T1	T2	T1	T2
M1	M1-T1-[AG.P]1	M1-T2-[AG.P]1	M1-T1-[AG.P]2	M1-T2-[AG.P]2
M2	M2-T1-[AG.P]1	M2-T2-[AG.P]1	M2-T1-[AG.P]2	M2-T2-[AG.P]2

Realizado Por: Zhañay Andrade, Alex, 2021.

Donde:

M: Concentración del extracto

[AG.P]: Concentración del agente precursor

T: Tiempo de emulsión

2.3. Unidad de análisis

En la presente investigación la unidad de análisis son las NPs-MgO obtenidas mediante el uso de diferentes partes de la planta *Chamaemelum nobile*.

2.4. Población de estudio

La población de estudio es 1 Kg de *Chamaemelum nobile*, procedente de una parcela de tierra en la parroquia de Cebadas en el cantón Guamote de la provincia de Chimborazo, de la cual se obtendrá el extracto mediante el uso de diferentes partes de esta, para la posterior obtención de NPs-MgO.

2.5. Tamaño de muestra

Se trabajará con una cantidad aproximada de 4 y 8 g de muestra por cada tratamiento. La cantidad total de manzanilla a utilizar se determina mediante el peso utilizado en los procedimientos para la obtención del extracto de *Chamaemelum nobile* dando como resultado una muestra de alrededor de 200g de manzanilla.

2.6. Selección de muestra

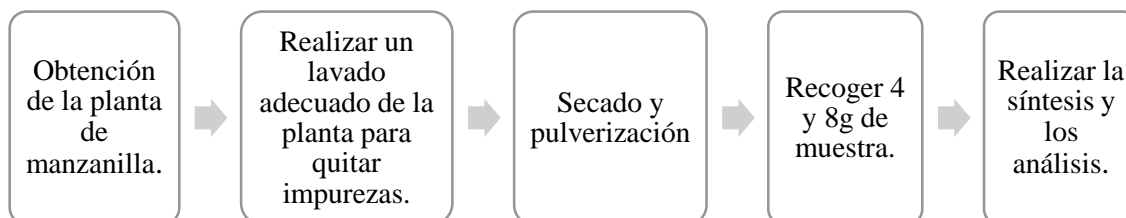


Gráfico 1-2. Selección de la muestra

Realizado Por: Zhañay Andrade, Alex, 2021.

2.7. Técnicas de recolección de datos

La realización del procedimiento experimental de la presente investigación, las técnicas y métodos efectuados en la preparación del extracto de manzanilla, así como la solución del agente precursor y posterior a ello la síntesis de las NPs-MgO, tuvieron lugar en el laboratorio de:

- Química Analítica

Con respecto a la caracterización de las nanopartículas mediante métodos ópticos se lo realizaron en los laboratorios de:

- Química instrumental
- Investigaciones
- Metalografía

Los cuales pertenecen a la Facultad de Ciencias y la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH) ubicada en la Panamericana Sur km 1½, de la ciudad de Riobamba.

2.7.1. Adquisición y tratamiento de la planta *Chamaemelum Nobile*

La muestra utilizada en la presente investigación se adquirió de un comerciante local de la parroquia de Cebadas, ubicado en el cantón Guamote de la provincia de Chimborazo. La planta de manzanilla fue recibida el mismo día de su cosecha sin ser sometida a algún tratamiento posterior a su recolección.



Figura 1-2. Muestra de la planta de manzanilla

Realizado Por: Zhañay Andrade, Alex, 2021.

Con la finalidad de obtener una muestra libre de impurezas y en sus mejores condiciones se realizó una purificación de la planta mediante un lavado con agua destilada, retirando de esta manera cualquier partícula de tierra o suciedad que se encuentre presente en la misma. Posterior a ello se separó la flor, tallos y hojas de la manzanilla para dejar secar al sol y a temperatura ambiente por 5 días.



Figura 2-2. Secado de las flores de manzanilla

Realizado Por: Zhañay Andrade, Alex, 2021.



Figura 3-2. Secado de las hojas y tallos de manzanilla

Realizado Por: Zhañay Andrade, Alex, 2021.

Para finalizar el tratamiento de la planta de manzanilla, una vez transcurrido los cinco días de secado al sol se procedió a triturar las muestras para obtener un polvo fino mismo que será usado en la preparación de su extracto.



Figura 4-2. Polvo de flores, tallos y hojas de manzanilla

Realizado Por: Zhañay Andrade, Alex, 2021.

2.7.2. Preparación del extracto de *Chamaemelum Nobile*

Los extractos de las plantas actúan como agentes reductores y estabilizantes en el proceso de formación de las NPs además de ofrecer un buen control de tamaños y formas de las mismas. Esto se debe principalmente a la acción de los metabolitos primarios y secundarios en las etapas iniciales del proceso. Un claro ejemplo de esto son los Flavonoides los cuales son los responsables de la quelación y reducción de los iones metálicos (Kyzioł et al, 2021, p.3).

Con la finalidad de obtener estos metabolitos primarios y secundarios se aplicó la siguiente técnica para la obtención del extracto de manzanilla.

Materiales

- Vaso de precipitación de 600 ml.
- Vidrio reloj
- Espátula
- Magneto
- Papel filtro
- Probeta de 1 litro.
- Botellas Ámbar
- Termómetro
- Muestra en polvo de manzanilla obtenida de las flores.
- Muestra en polvo de manzanilla obtenida de los tallos y hojas.

Reactivos

- Agua destilada

Equipos



Figura 5-2. Balanza Analítica

Realizado Por: Zhañay Andrade, Alex, 2021.

Especificaciones

- **Modelo:** OHAUS EXPLORER
- **Serie:** B701543856
- **Capacidad:** 220g
- **Resolución:** 0.0001g



Figura 6-2. Agitador magnético con calefacción

Realizado Por: Zhañay Andrade, Alex, 2021.

Especificaciones

- **Modelo:** FISHER SCIENTIFIC
- **Serie:** 1152016SH
- **Velocidad:** 2500 rpm
- **Rango de Temp:** 0 - 538°C
- **Área de superficie :** 45.16 cm^2



Figura 7-2. Bomba al vacío

Realizado Por: Zhañay Andrade, Alex, 2021.

Especificaciones

- **Modelo:** GAST GM-0.5
- **Serie:** RTD569VP
- **Presión:** 60 psi.
- **Succión:** 0.85 bar



Figura 8-2. Refrigerador

Realizado Por: Zhañay Andrade, Alex, 2021.

Especificaciones

- **Modelo:** INNOVA PARROT 1500 VIT
- **Serie:** E000778828000350117
- **Temperatura Max:** 38°C
- **Temperatura Min:** 4°C

Procedimiento

Se lavaron los materiales con agua y jabón para eliminar cualquier impureza, posteriormente se secó con una toalla absorbente. Con la ayuda de una espátula y vidrio reloj se pesó en la balanza analítica una muestra de 4 y 8 g del polvo de las flores de manzanilla, así como de los tallos y hojas, esta se colocó en un vaso de precipitación con 400ml de agua destilada, con la ayuda de un agitador magnético se revolvió la solución a una velocidad de 100 rpm, además mediante la plancha calefactora integrada al agitador se añadió una temperatura con un rango de entre 60 y 70°C, manteniendo este proceso por un lapso de 4 horas. Una vez transcurrido el tiempo establecido se procedió a retirar la muestra y se realizó una filtración al vacío con ayuda de una bomba. Finalmente, el extracto obtenido se colocó en botellas ámbar y se conservó en refrigeración a 4°C.

2.7.3. Preparación del agente precursor

La muestra utilizada en la presente investigación fue adquirida en PROLABOR, misma que se encuentra ubicada en la ciudad de Riobamba. El agente precursor Oxido de Magnesio (MgO) se encuentra en estado sólido (polvo), presenta un color característico amarillo pálido y posee una pureza del 99.99%, es decir es un reactivo de grado analítico.

Para la obtención de la solución 0.5 y 1 M se utilizó la siguiente técnica:

Materiales

- Vaso de precipitación de 1000 ml.
- Balón de aforo de 1000 ml.
- Vidrio reloj
- Espátula
- Botellas Ámbar

Reactivos

- Agua destilada
- Oxido de magnesio

Equipos

- Balanza Analítica
- Refrigeradora

Cálculos

- **1M MgO**

$$\frac{1 \text{ mol MgO}}{\text{L sol}} * \frac{40.3044 \text{ g MgO}}{1 \text{ mol MgO}} * \frac{100 \text{ g MgO}}{99.99 \text{ g MgO}} * 1 \text{ L sol.} = 40.3084 \text{ g MgO}$$

- **0.5M MgO**

$$\frac{0.5 \text{ mol MgO}}{\text{L sol}} * \frac{40.3044 \text{ g MgO}}{1 \text{ mol MgO}} * \frac{100 \text{ g MgO}}{99.99 \text{ g MgO}} * 1 \text{ L sol.} = 20.1542 \text{ g MgO}$$

Procedimiento

Se lavaron los materiales con agua y jabón para eliminar cualquier impureza, posteriormente se secó con una toalla absorbente. Con la ayuda de una espátula y vidrio reloj se pesó aproximadamente en la balanza analítica una muestra de 40.3084 y 20.1542g de óxido de magnesio, esta se colocó en un vaso de precipitación de 1000 ml con una cantidad considerable de agua destilada, se procedió a agitar con una varilla de vidrio para ayudar a disolver el reactivo, posterior a esto se trasvaso la solución a un balón de aforo de 1000 ml enjuagando los residuos

del vaso de precipitación con agua destilada y se aforó a la cantidad establecida. Finalmente, después de agitar la solución para homogenizar la muestra se procedió a almacenar las soluciones en botellas ámbar a temperatura ambiente.

2.7.4. Síntesis de las nanopartículas de óxido de magnesio

Mediante el uso del diseño experimental establecido, se procede con la síntesis de las NPs-MgO. Para lo cual se realizará una mezcla del extracto de manzanilla con el agente precursor en diferentes concentraciones e intervalos de tiempo de acuerdo a la siguiente técnica:

Materiales

- Matraz de 250 ml.
- Probeta de 50 ml.
- Magneto.
- Papel Aluminio.
- Tubos de plástico de 15ml para centrifugadora.

Reactivos

- Extracto de manzanilla (Flores – Tallos y hojas)
- Oxido de magnesio (0.5 - 1) M
- Nitrógeno líquido

Equipos

- Agitador Magnético.



Figura 9-2. Centrifugadora

Realizado Por: Zhañay Andrade, Alex, 2021.

Especificaciones

- **Modelo:** HERMLE Z 206 A
- **Max. Velocidad:** 6000 rpm
- **Min. Velocidad:** 200 rpm
- **Dimensiones:** 28 x 26 x 37 cm
- **Peso:** 12 kg



Figura 10-2. Liofilizador

Realizado Por: Zhañay Andrade, Alex, 2021.

Especificaciones

- **Modelo:** Thermo Micro Modulyo 115 Freeze Dryer System
- **Serie:** 2225B FDRY
- **Temp. de operación:** -50 °C
- **Capacidad máx. de hielo:** 1.5 kg
- **Peso:** 27 kg

Procedimiento

Se lavaron los materiales con agua y jabón para eliminar cualquier impureza, posteriormente se secó con una toalla absorbente. Con la ayuda de una probeta se mezcló en el matraz en relación 1:1 el extracto de manzanilla y la solución de óxido de magnesio en sus diferentes concentraciones, tapando el matraz con un trozo de papel aluminio se ubicó la muestra en el agitador magnético y se agregó movimiento a una velocidad de 100 rpm con ayuda del magneto, este proceso se mantuvo por un lapso de 2 a 4 horas, transcurrido el tiempo establecido se procedió a retirar la muestra para colocarla en los tubos de la centrifuga cuidando de mantener la misma cantidad de mezcla en cada tubo, se realizó un proceso de centrifugación con una velocidad de 6000 rpm por el lapso de 20 min. Una vez terminada la centrifugación se procedió a colocarla en un liofilizador el cual trabajó con nitrógeno líquido para congelar la muestra y poder facilitar la

extracción del agua de esta, este proceso se lo realizó por el lapso de 3 días, sin embargo, es un tiempo variable, se debe mantener la muestra en el liofilizador hasta que esté completamente seca. Una vez finalizado la extracción del líquido de la muestra, se almaceno en envases de vidrio para su posterior caracterización.

2.7.5. Caracterización por espectroscopia infrarroja FT-IR

Con la finalidad de determinar los diferentes grupos funcionales que componen una muestra, para su interpretación, se procedió a someter a las mismas al análisis FT-IR.

Materiales

- Algodón
- Micro pipeta
- Brocha
- Muestra de flores de manzanilla en polvo
- Muestra de hojas y tallos de manzanilla en polvo
- Muestra de nanopartículas de óxido de magnesio

Reactivos

- Alcohol antiséptico
- Agua destilada

Equipos



Especificaciones

- **Modelo:** JASCO FT/IR-4100
- **Rango de medición:** 7800 a 350
- **Resolución:** 0.9 cm^{-1}
- **Sistema óptico:** Haz único
- **Software:** Quick start system.

Figura 11-2. Espectrofotómetro FT-IR

Realizado Por: Zhañay Andrade, Alex, 2021.

Procedimiento

Para realizar la caracterización de la muestra por espectroscopia infrarroja FT-IR se trabajó con un espectrofotómetro modelo JASCO FT/IR-4100. Se procedió a encender el equipo pulsando el switch “Power” que se encuentra ubicado en la parte superior derecha del mismo, una vez encendido se esperó cinco minutos hasta que los parámetros de análisis estén listos para poder ejecutar el programa “JASCO SpectraManager” en el ordenador. Para iniciar el barrido se limpió con alcohol y algodón el área de muestra (Cristal de seleniuro de zinc, soporte y capuchón de tornillo). Se realizó el Background para verificar que no exista alguna sustancia en el área de muestra, una vez corroborado esto se procedió a colocar el espécimen a analizar sobre el cristal del área de muestra, quitar el seguro y ajustar el tornillo hasta que muestre fricción, cerrar la tapa y empezar el análisis. Mediante el uso del programa “Spectra Analysis” se procesó el espectro generado por la muestra y se corrigieron las escalas, tras la obtención de este, se identificó y etiquetó los picos más representativos para su posterior guardado. Finalmente se limpió con alcohol la zona donde se ubicó la muestra, se cerró los programas y apagó el equipo.

2.7.6. Caracterización por espectrofotometría UV-VIS

Materiales

- Piseta
- Celda de cuarzo
- Muestra de flores de manzanilla
- Muestra de hojas y tallos de manzanilla
- Muestra de nanopartículas de óxido de magnesio

Reactivos

- Agua destilada.

Equipos



Figura 12-2. Espectrofotómetro UV-VIS

Realizado Por: Zhañay Andrade, Alex, 2021.

Especificaciones

- **Marca:** Thermo Scientific.
- **Modelo:** Evolution 220
- **Resolución:** ± 0.5 nm
- **Detector:** Fotodiodos de silicio
- **Diseño óptico:** Doble haz

Procedimiento

Para realizar la caracterización de la muestra por espectrofotometría UV-VIS se trabajó con un espectrofotómetro modelo EVOLUTION 220. Se procedió a encender el equipo pulsando el switch “Power” que se encuentra ubicado en la parte superior derecha del mismo y se esperó un tiempo adecuado para permitir que las lámparas se calienten y se estabilicen. Transcurrido este lapso de tiempo se ejecutó el programa “INSIGHT” en el ordenador, para iniciar la medición se preparó un blanco en la cubeta con el agua destilada y se limpió el exterior de la misma con un papel sin pelusa o una tela delgada para quitar rastros de huellas digitales. Una vez limpia se aseguró la cubeta y alineó correctamente en el espacio de muestra del espectrofotómetro y se cerró la tapa para evitar que ingrese luz del ambiente al sistema, se procedió a medir la absorbancia del blanco en un rango de longitud de onda y se grabó la absorbancia que esta genera, la cual deberá ser restada de la absorbancia de la muestra. Una vez que se calibro el equipo se desechó el blanco y se enjuagó la cubeta, para posteriormente llenar las $\frac{3}{4}$ partes con la muestra a analizar, de la misma manera se limpió la cubeta para retirar impurezas que puedan afectar la medición de la muestra. Esta se colocó en el espectrofotómetro y se realizó la medida de la absorbancia a la misma longitud como se lo realizó en el blanco. Una vez que se obtuvo el espectro de la muestra se determinó el máximo de absorbancia y finalmente se procedió a guardar los resultados.

2.7.7. Caracterización por microscopía electrónica de barrido (SEM)

Con el objetivo de visualizar las diferentes características de la muestra, sobre todo de morfología y tamaño se utilizó un microscopio electrónico de barrido (SEM/ Scanning Electron Microscopy),

debido a la gran resolución que posee, permitiendo identificar la estructura, porosidad, morfología superficial e inclusive hasta composición química de la muestra.

Equipos



Especificaciones

- **Marca:** Jeol SEM
- **Modelo:** JSM-IT100
- **Resolución:** 3nm, 4nm, 8nm, 15nm
- **Aumento:** x5 a x300000
- **Tamaño de imagen:** (128x96)

Figura 13-2. Microscopio electrónico de barrido

Realizado Por: Zhañay Andrade, Alex, 2021.

Procedimiento

Se colocó las muestras sobre los portamuestras del microscopio electrónico de barrido con la ayuda de una cinta fijadora o cemento conductor, esta se manipuló con una pinza de precisión la cual facilita el manejo de la muestra, evitando así que entre en contacto con cualquier impureza que pueda interferir en el análisis de esta. Una vez fijada la muestra se procede a colocarla en el soporte del microscopio. La imagen generada por el SEM se obtiene a medida que el haz de electrones incide sobre la superficie a analizar realizado un escaneo general (scannig), lo que permite visualizar la estructura y morfología de la muestra, este procedimiento se lo realizó con dos aumentos uno de 1300x y otro de 27000x.

A su vez se realizó un análisis EDX, el cual permitió conocer la composición química de la muestra, así como la concentración de los elementos presentes en esta.

2.7.8. Evaluación del fertilizante

Para la valoración del fertilizante obtenido mediante el uso de las NPs-MgO se procede a realizar un ensayo de germinación de semillas, en el cual se debe efectuar un tratamiento a las mismas mediante el uso de una solución que contenga concentraciones bajas y altas de las NPs-MgO (López et al, 2016, p.131).

Materiales

- Balón de aforo de 500ml
- Pisseta
- Vidrio reloj
- Frasco Ámbar
- Espátula
- Papel filtro
- Papel Aluminio
- Semillas de maíz
- Probeta de 50 ml.
- Vaso de precipitación de 250ml
- Varilla de agitación

Reactivos

- Agua Destilada
- NPs-MgO

Equipos

- Balanza analítica



Figura 14-2. Cámara climática

Realizado Por: Zhañay Andrade, Alex, 2021.

Especificaciones

- **Marca:** Memmert
- **Modelo:** HPP750eco
- **Humedad:** 10-90% RH
- **Resolución:** $\pm 0.5\%$ RH
- **Temperatura:** 0-70°C

Cálculos

- **10ppm NPs-MgO**

$$10ppm * 0.5kg \text{ sol} = 5mg \text{ NPs} - MgO$$

- **500ppm NPs-MgO**

$$500ppm * 0.5kg \text{ sol} = 250mg \text{ NPs} - MgO$$

Procedimiento

Se lavaron los materiales con agua y jabón para eliminar cualquier impureza, posteriormente se secó con una toalla absorbente. Con la ayuda de una espátula y vidrio reloj se pesó aproximadamente en la balanza analítica una muestra de 5 y 250 mg de NPs-MgO, esta se colocó en un vaso de precipitación de 250 ml con una cantidad considerable de agua destilada, se procedió a agitar con una varilla de vidrio para ayudar a disolver el reactivo, posterior a esto se trasvasó la solución a un balón de aforo de 500 ml enjuagando los residuos del vaso de precipitación con agua destilada y se aforó a la cantidad establecida. Después de agitar la solución para homogenizar la muestra se procedió a almacenar las soluciones en botellas ámbar a temperatura ambiente.

Una vez realizado el fertilizante líquido se establecieron 2 repeticiones de 25 semillas por cada tratamiento, se sembraron las semillas sobre un papel filtro en cajas Petri y se aplicaron las soluciones con diferentes concentraciones sobre las semillas (20-30 ml), además de un grupo de control con agua potable. Posterior a esto se colocó las cajas Petri en una cámara bioclimática a una temperatura de 25°C y una HR de 30% para iniciar el proceso de imbibición de las semillas por el lapso de 24 h. Una vez transcurrido el tiempo establecido se realizó un sembrado de las semillas en papel filtro, colocando las semillas en hileras y manteniendo un espacio de 6 cm del borde superior y 2-3 en los costados, estas se cubrieron con otra hoja de papel filtro previamente humedecida con agua destilada, se enrolló en forma de taco, y recubrió con papel aluminio. Una vez sembradas las semillas se dejó transcurrir 8 días en la cámara climática con una temperatura de 25°C una HR de 50% además de 12h de oscuridad y 8h de luz. Finalmente se realizó un análisis de las plántulas que han germinado (López et al, 2016, p.132-135).

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados

3.1.1. Resultados de la caracterización de la muestra

3.1.1.1. Espectroscopia Infrarroja FT-IR de las flores de la planta *Chamaemelum Nobile*

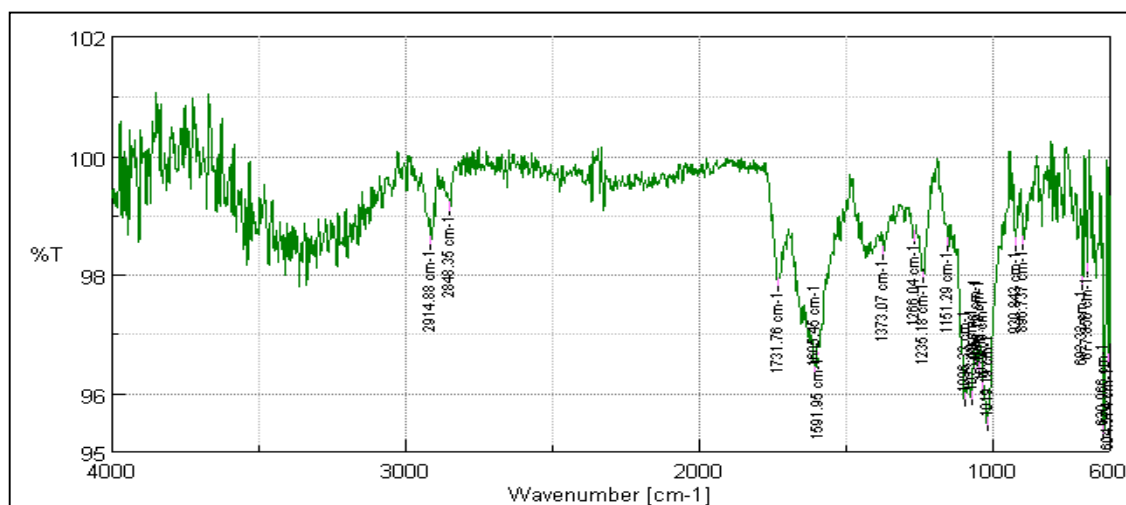


Gráfico 1-3. Espectro IR de las flores de la planta *Chamaemelum Nobile*.

Realizado Por: Zhañay Andrade, Alex, 2021.

El gráfico 1-3 y la tabla 1-3 indican los resultados obtenidos del análisis IR que se realizó al extracto proveniente de las flores de manzanilla, como se puede observar en el gráfico en la longitud de onda entre 3000 y 4000 cm^{-1} un desfase, es decir existe ruido en la señal, lo cual se puede atribuir a un mal calibrado del equipo o a contaminación de la muestra. En esta zona se puede observar una señal característica del estiramiento del puente de hidrogeno (O-H) lo cual se puede atribuir a los rastros de humedad en la muestra. Los picos presentes en el rango de 2848.35 cm^{-1} indican los enlaces de hidrógeno y oxígeno de los grupos fenólicos y de los flavonoides presentes en el extracto. Por otra parte el pico presente en 1591.95 cm^{-1} representan los grupos amina unidos del extracto (-NH). El pico presente en 1235.18 cm^{-1} se lo asigna a los grupos fenólicos de los taninos. Estos picos característicos revelan la presencia de los principales fitoconstituyentes del extracto como son aminas, cetonas y aldehídos.

Tabla 1-3: Wavenumber vs %T. Flores de la planta *Chamaemelum Nobile*.

Nº de pico	Nº de onda (cm^{-1})	Transmitancia (%)	Fragmento	Vibración
1	2914.88	98.5193	R – CH ₃	Media; C-H Tensión asimétrica
2	2848.35	99.1	R – CHO	Media; O-H Tensión
3	1731.76	97.8135	$\begin{array}{c} O \\ \\ R - C - H \end{array}$	Media; C=O Tensión
4	1591.95	96.7015	R – NH ₂	Media; N-H Tensión
5	1235.18	97.953	$\begin{array}{c} O \quad O \\ \quad \\ R - C - O - C - R \end{array}$	Media; C=O Tensión
6	1096.33	95.8624	R – CHO	Fuerte; O-H Tensión
7	1019.19	95.4571	R = C – O – C – R	Fuerte; C-O Tensión

Realizado Por: Zhañay Andrade, Alex, 2021.

3.1.1.2. Espectroscopia infrarroja FT-IR de las hojas y tallos de la planta *Chamaemelum Nobile*

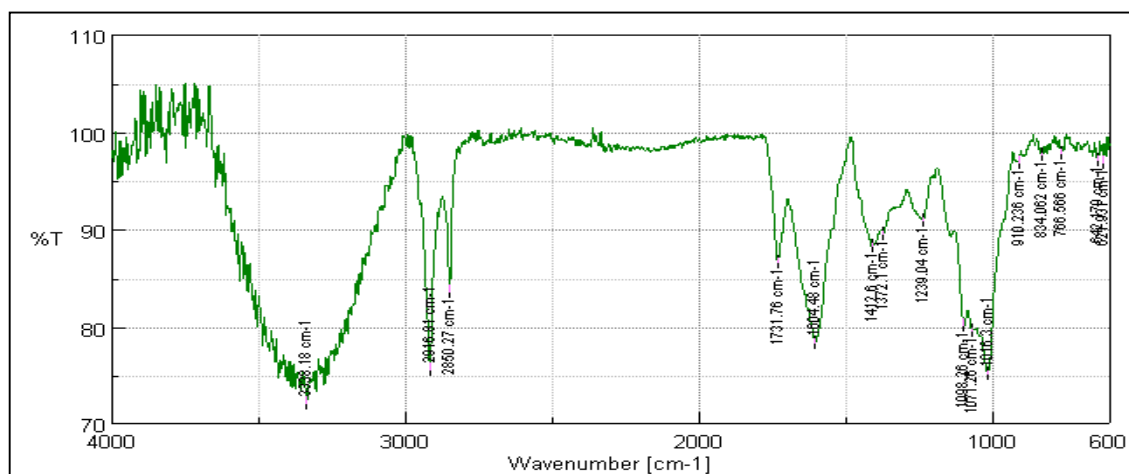


Gráfico 2-3. Espectro IR de las hojas y tallos de la planta *Chamaemelum Nobile*.

Realizado Por: Zhañay Andrade, Alex, 2021.

El gráfico 2-3 y la tabla 2-3 indican los resultados obtenidos del análisis IR que se realizó al extracto proveniente de los tallos y hojas de manzanilla, como se puede observar en el gráfico en la longitud de onda de 3338.18 cm^{-1} existe un pico característico el cual indica el estiramiento

del puente de hidrogeno (O-H), esto se puede atribuir a los rastros de humedad en la muestra. Los picos en el rango de 2850.27 cm^{-1} indican los enlaces de (H-O) de los grupos fenólicos y de los flavonoides presentes en el extracto. Por otra parte, el pico presente en 1604.48 cm^{-1} representan los grupos amina unidos del extracto (-NH). El pico presente en 1239.04 cm^{-1} se lo asigna a los grupos fenólicos de los taninos. Estos picos característicos revelan la presencia de los principales fitoconstituyentes del extracto como son aminas, cetonas y aldehídos.

Tabla 2-3: Wavenumber vs %T. Hojas y tallos de la planta *Chamaemelum Nobile*.

Nº de pico	Nº de onda (cm^{-1})	Transmitancia (%)	Fragmento	Vibración
1	2916.91	75.5022	R – CH ₃	Fuerte; C-H Tensión asimétrica
2	2850.27	83.5613	R – CHO	Fuerte; O-H Tensión
3	1731.76	86.5694	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{R} - \text{C} - \text{H} \end{array}$	Media; C=O Tensión
4	1604.48	78.2956	R – NH ₂	Media; N-H Tensión
5	1412.6	88.2616	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{R} - \text{C} - \text{O}^- \end{array}$	Débil; C=O Tensión
6	1239.04	90.9479	$\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{O} \\ \quad \\ \text{R} - \text{C} - \text{O} - \text{C} - \text{R} \end{array}$	Media; C=O Tensión
7	1016.3	75.0791	R = C – O – C – R	Fuerte; C-O Tensión

Realizado Por: Zhañay Andrade, Alex, 2021.

3.1.1.3. Espectroscopia infrarroja FT-IR de las nanopartículas de óxido de magnesio.

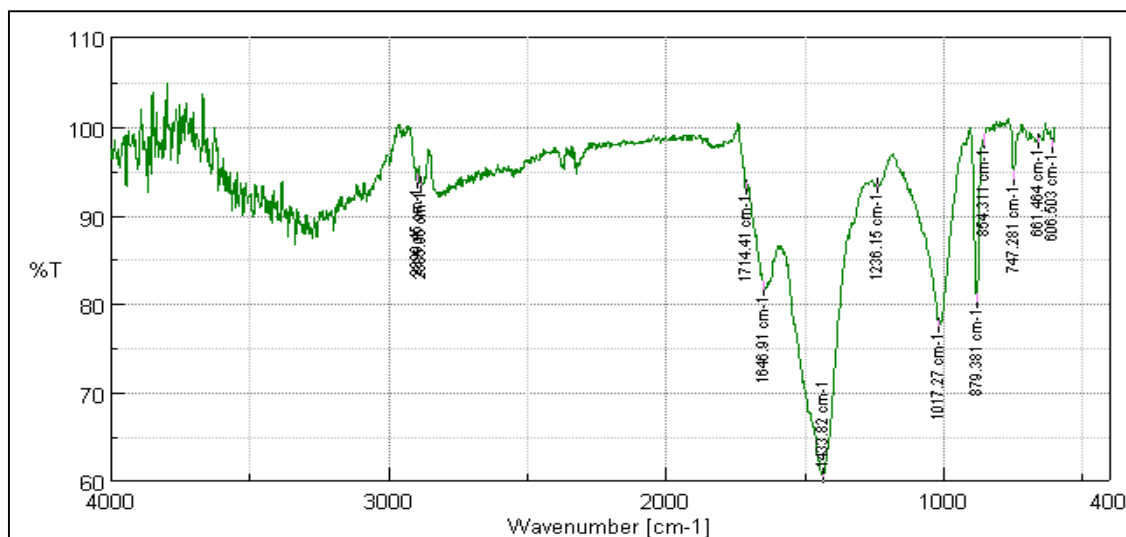


Gráfico 3-3. Espectro IR de las nanopartículas de óxido de magnesio.

Realizado Por: Zhañay Andrade, Alex, 2021.

El gráfico 3-3 y la tabla 3-3 indican los resultados obtenidos del espectro FT-IR obtenido de las NPs-MgO, los pequeños picos presentes en las longitudes de onda de 2899.45 y 2885.95 cm^{-1} indican las vibraciones del estiramiento del enlace (C-H) el cual se encuentra presente en los fotoquímicos provenientes del extracto de manzanilla. El pico presente a 1646.91 cm^{-1} indica la presencia del enlace (N-H) resultante de la flexión de una amina. El pico característico a la longitud de onda de 1433.82 cm^{-1} se asigna a la vibración del Mg-O. Mientras que el pico a 1017.27 cm^{-1} se asocian con los enlaces -C-O-C-.

Por otra parte, el pico presente alrededor de 879.381 cm^{-1} indica la formación de NPs-MgO.

Tabla 3-3: Wavenumber vs %T. Nanopartículas de Oxido de Magnesio

Nº de pico	Nº de onda (cm^{-1})	Transmitancia (%)	Fragmento	Vibración
1	2899.45	93.7527	R – CH ₃	Débil; C-H Tensión asimétrica
2	1646.91	81.6518	R – NH ₂	Media; N-H Tensión
3	1433.82	60.4691	–N – N = O	Fuerte; N=O Tensión
4	1017.27	77.518	R = C – O – C – R	Fuerte; C-O Tensión

Realizado Por: Zhañay Andrade, Alex, 2021.

3.1.1.4. Espectroscopia infrarroja UV-VIS de las nanopartículas de óxido de magnesio.

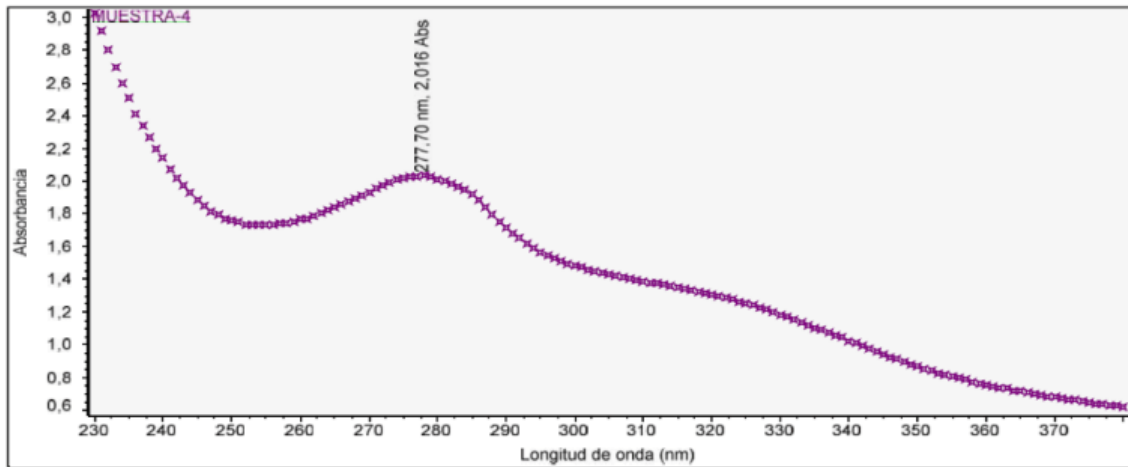


Gráfico 4-3. Espectro UV-VIS de las nanopartículas de óxido de magnesio.

Realizado Por: Zhañay Andrade, Alex, 2021.

El gráfico 4-3 muestra los resultados obtenidos de los análisis de las NPs-MgO al ser sometidas a espectroscopia UV-Vis. Se observa un pico de absorción específico a 277.70 nm mismo que se encuentra en el rango entre 260 y 280 nm, sector específico que indica la presencia de NPs-MgO. Esto permite constatar que se obtuvieron nanopartículas mediante la síntesis con extractos de manzanilla.

3.1.1.5. Microscopía electrónica de barrido (SEM)

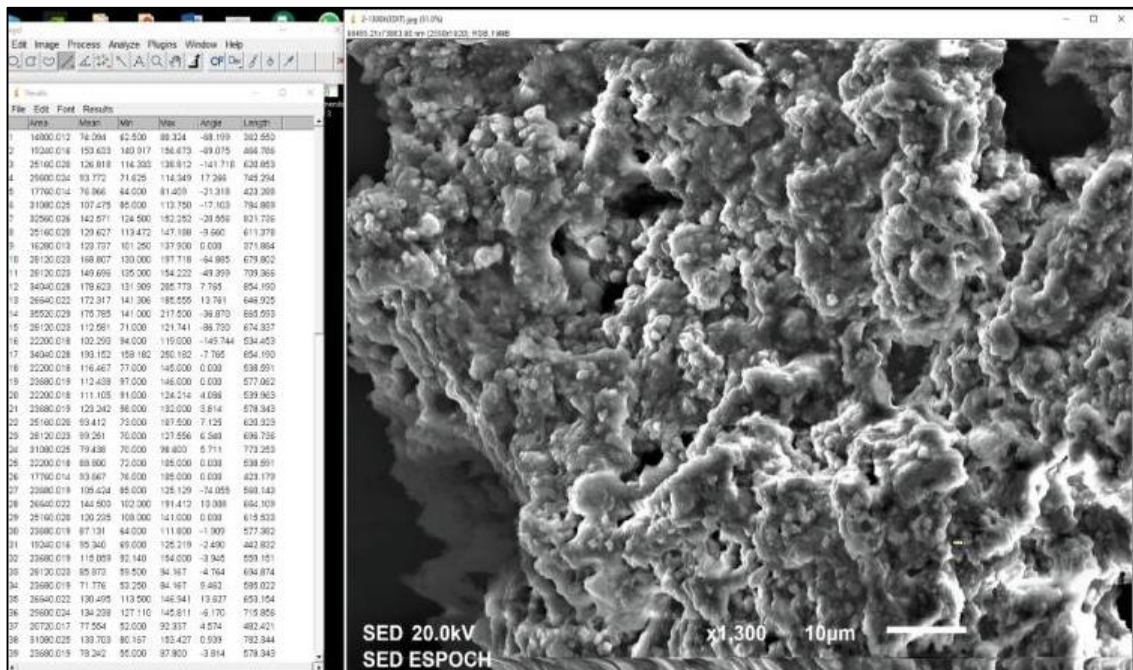
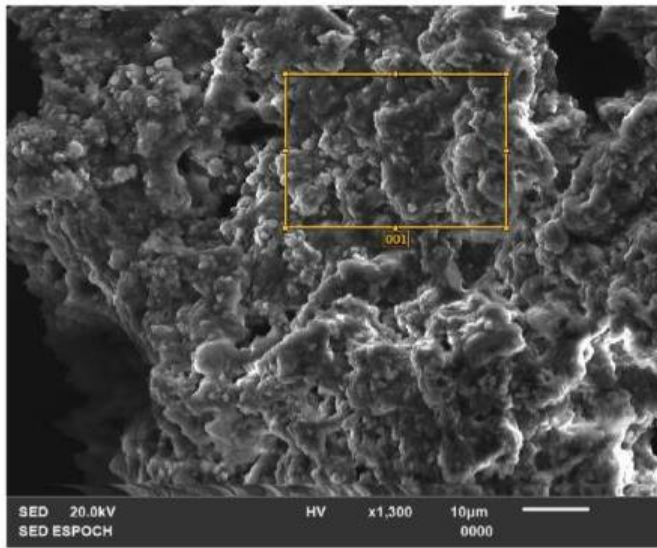


Gráfico 5-3. Microscopía Electrónica de barrido de NPs-MgO con un aumento de 1300X

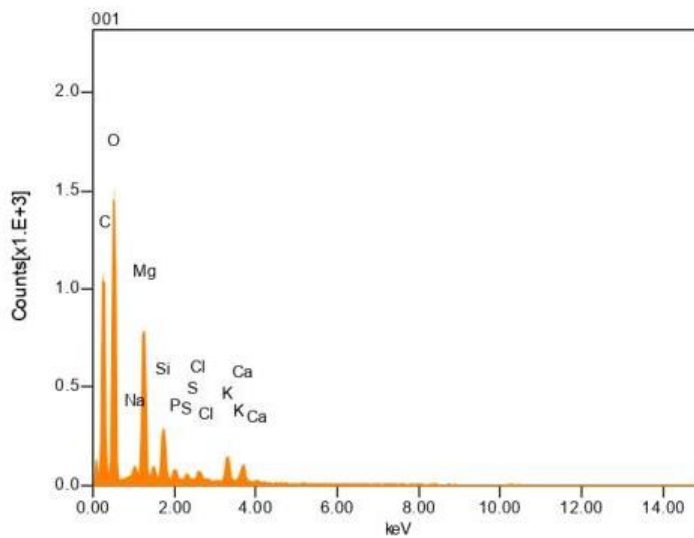
Realizado Por: Zhañay Andrade, Alex, 2021

En el gráfico 5-3. Se observa la muestra de nanopartículas que fueron analizadas mediante el microscopio electrónico de barrido, con un aumento de 1300x y una energía de 20 KV, en la cual se logró identificar la presencia de pequeñas aglomeraciones las cuales se deben al proceso de secado de la muestra, por otra parte, se logra evidenciar que la misma se encuentra formada por una mezcla de granos finos y gruesos con tamaños irregulares mismos que presentan una morfología esférica.

Mediante el uso del software ImageJ y la imagen obtenida se realizó un análisis estadístico del tamaño de las NPs-MgO, tomando una muestra de 100 NPs se logró identificar que el tamaño promedio de las mismas es de 655.32nm. Conjunto al barrido electrónico se realizó un análisis de composición química de la muestra la cual se la puede observar en el grafico 6-3. El cual indica el informe de espectros EDS generado por el equipo, este análisis elemental presenta picos característicos que corresponden a los elementos estructurales de la muestra, determinando así que en la misma existe en mayor cantidad una concentración atómica de 89.35% de C y una concentración molecular de 6.56% de MgO siendo estos los elementos que más predominan en la misma lo que permite corroborar que existió la formación de NPs-MgO.



Volt : 20.00 kV
 Mag. : x 1,300
 Date : 2021/06/18
 Pixel : 1280 x 960



Acquisition Condition

Instrument : IT100LA
 Volt : 20.00 kV
 Current : ---
 Process Time : T4
 Live time : 120.00 sec.
 Real Time : 121.36 sec.
 DeadTime : 1.00 %
 Count Rate : 462.00 CPS

Formula	mass%	mol%	Cation	Sigma	Net	K ratio	Line
C	7.57	89.35	0.00	0.06	5296	0.0271630	K
Na2O	0.19	0.43	1.51	0.01	454	0.0008922	K
MgO	1.87	6.56	11.66	0.02	5885	0.0067209	K
SiO2	0.76	1.81	3.22	0.02	2155	0.0025971	K
P2O5	0.20	0.21	0.74	0.01	485	0.0008635	K
SO3	0.15	0.26	0.46	0.01	364	0.0005739	K
Cl	0.08	0.31	0.00	0.00	473	0.0007832	K
K2O	0.31	0.47	1.66	0.01	1412	0.0026346	K
CaO	0.24	0.60	1.08	0.01	983	0.0018351	K
Total	11.37	100.00	20.34				

JEOL EDS System

JEOL

Gráfico 6-3. Informe de espectros EDS-1 generado por el SEM.

Realizado Por: Zhañay Andrade, Alex, 2021

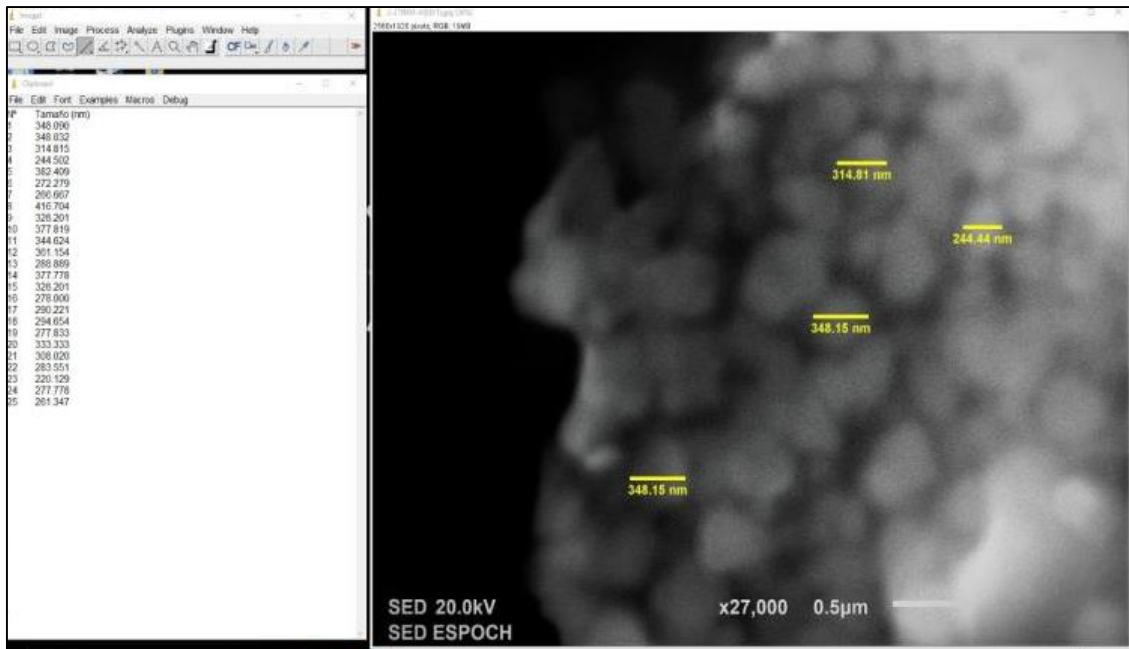


Gráfico 7-3. Microscopia Electrónica de barrido de NPs-MgO con un aumento de 27000X

Realizado Por: Zhañay Andrade, Alex, 2021

En el gráfico 7-3. Se observa la muestra de NPs analizadas mediante el uso del SEM con un aumento de 27000X y una energía de 20 KV, el enfoque obtenido de la imagen es de baja resolución debido a que un mayor aumento disminuye la interacción de los electrones con las NPs-MgO lo que empeora la calidad de la fotografía, sin embargo, se logra apreciar la formación de cristales dentro de los cuales mediante el uso del software ImageJ se tomó una muestra de 25 NPs para su respectiva medición, dando como resultado un tamaño promedio de 313nm.

El gráfico 8-3. Indica el informe de espectros EDS de una segunda muestra de NPs-MgO, el cual presenta picos característicos que representan a los elementos químicos: O, Mg, C y Si (Oxígeno, Magnesio, Carbono y Silicio), mismos que conforman la estructura atómica de la muestra, predominando así el carbono con una concentración de 74.47%. Por otra parte, a nivel molecular el análisis indica la presencia de MgO con una concentración de 16.37% lo que permite corroborar que la muestra analizada corresponde a la formación de NPs-MgO.

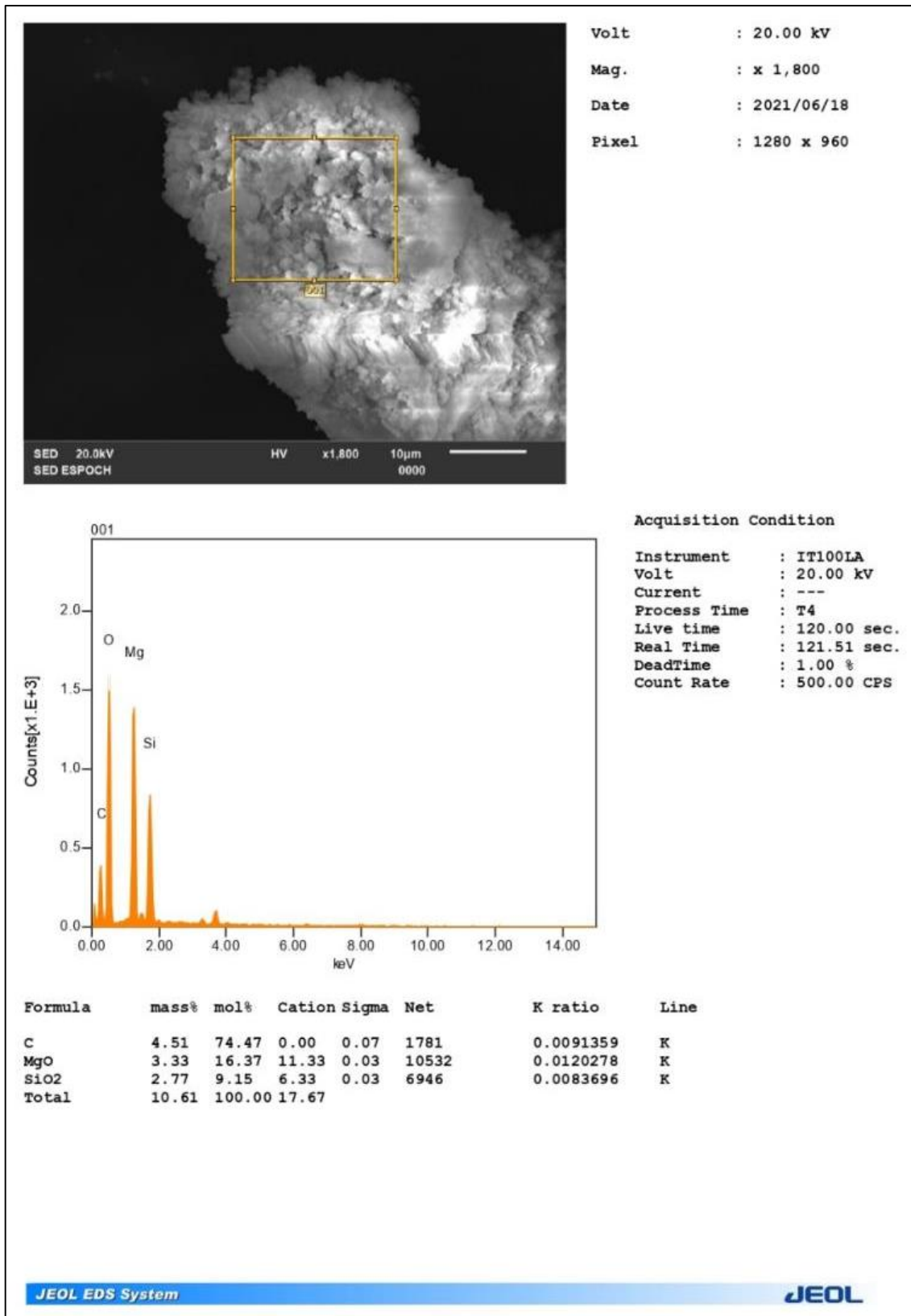


Gráfico 8-3. Informe de espectros EDS-2 generado por el SEM.

Realizado Por: Zhañay Andrade, Alex, 2021

3.1.2. Resultados de la evaluación del fertilizante



Figura 1-3. Imbibición de las semillas

Realizado Por: Zhañay Andrade, Alex, 2021.

En la figura 1-3. Se puede observar el proceso de imbibición de las semillas de maíz con las diferentes soluciones de NPs-MgO como fertilizante, además de un grupo de control en el cual se usó agua potable. Esta metodología tiene como finalidad activar el metabolismo de las semillas además de los procesos enzimáticos que permitirán el desarrollo del embrión, generando el crecimiento de una radícula, tal y como se puede evidenciar en la figura 2-3. En donde las semillas, debido al transcurso del tiempo presentan un hinchamiento de las mismas gracias a la absorción de la solución de NPs-MgO con una concentración de 500ppm además de la presencia de una radícula la cual indica el comienzo del proceso de germinación de las mismas.



Figura 2-3. Finalización del proceso de imbibición

Realizado Por: Zhañay Andrade, Alex, 2021.

Transcurridas las primeras 24 horas, finalizando el proceso de imbibición se logró apreciar el crecimiento de una radícula de mayor tamaño en aquellas semillas que fueron sometidas a la dosis de una solución de NPs-MgO con una concentración alta (500ppm) a diferencia de las que fueron sometidas con una concentración baja (10ppm) y estas a su vez, con aquellas semillas que fueron tratadas con agua potable. Tal y como se puede apreciar en la tabla 4-3. El tratamiento con una concentración alta tuvo como resultado un total de 23 semillas con crecimiento de la radícula y un tamaño de 3.2cm que supera visiblemente a las 17 semillas con radícula y un tamaño de 1.8cm que fueron sometidas al tratamiento con una concentración baja. Además de las 12 semillas con radícula y un tamaño de 1.6cm que fueron tratadas con agua potable.

Tabla 4-3: Resultados del proceso de Imbibición.

Tratamiento	Semillas con Radícula	Mayor Tamaño de Radícula
Control-1	8 Semillas	1.5 cm
Control-2	4 Semillas	1.6 cm
10ppm-1	8 Semillas	1.8 cm
10ppm-2	9 Semillas	1.6 cm
500ppm-1	11 Semillas	3.2 cm
500ppm-2	12 Semillas	1.8 cm

Realizado Por: Zhañay Andrade, Alex, 2021.

Tras el proceso de imbibición, las semillas fueron colocadas nuevamente en la cámara climática con una temperatura de 25°C, una HR de 50% y 12h de oscuridad y 8h de luz. Se realizó un control visual a los 4, 8 y 12 días en donde se pudo corroborar el crecimiento normal de las semillas tal y como se puede observar en la figura 3-3. En donde han transcurrido 4 días y se logra apreciar el crecimiento de la raíz principal, la cual ha atravesado por completo la testa de la semilla, además de poseer un gran tamaño y grosor. Por otra parte, en la figura 4-3(a) se evidencia el crecimiento de las semillas tras el transcurso de 8 días, en donde se observa un aumento de la raíz principal, además del crecimiento de raíces secundarias y el epicótilo. Finalmente, en la figura 4-3(b) después de 12 días de tratamiento, se puede notar claramente el aumento en el crecimiento tanto de la raíz principal como de las raíces secundarias además de la presencia de una plúmula con buen crecimiento y grosor.



Figura 3-3. Germinación de las semillas transcurrido 4 días

Realizado Por: Zhañay Andrade, Alex, 2021.



Figura 4-3. Germinación de las semillas (a) transcurrido 8 días, (b) transcurrido 12 días.

Realizado Por: Zhañay Andrade, Alex, 2021.

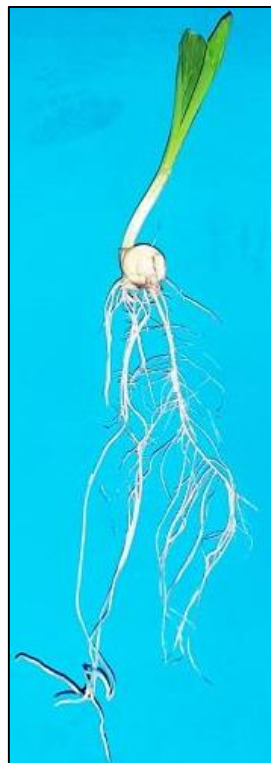


Figura 5-3. Plántula normal

Realizado Por: Zhañay Andrade, Alex, 2021

Finalmente, transcurrido 16 días de tratamiento se obtuvieron plántulas normales que lograron desarrollar todas sus estructuras esenciales, las cuales permitirán la formación de una planta fuerte y vigorosa. Tal y como se puede observar en la figura 5-3, en donde se evidencia el crecimiento apropiado tanto de la raíz principal como de las secundarias además del epicótilo y la plúmula,

mismas que poseen buenas dimensiones. Para un análisis más detallado se tomaron las medidas de las semillas que germinaron generando una plántula con las características mencionadas con anterioridad tal y como se puede observar en la tabla 5-3 en donde se muestra los resultados obtenidos tras someter a las semillas a los tratamientos de control, 10ppm y 500ppm de NPs-MgO. Obteniendo así, que la longitud promedio para la raíz fue de 14.29, 14.49 y 14.54 cm respectivamente, para el epicótilo: 2.82, 2.85 y 2.92 cm y por ultimo para las hojas: 2.10, 2.99 y 3.21 cm.

Mediante las medidas obtenidas de las plántulas se pudo determinar que las semillas que fueron sometidas al tratamiento con una solución de 500ppm de NPs-MgO presentan un aumento significativo de 52.86% en las dimensiones de sus hojas con respecto a las del grupo de control. Por otra parte, el tratamiento con una solución de 10ppm de NPs-MgO poseen un aumento de 42.38% en las dimensiones de sus hojas.

Tabla 5-3: Dimensiones de las Plántulas (cm).

Nº	Tratamiento: Control			Tratamiento: 10ppm			Tratamiento: 500ppm		
	Raíz	Epicótil	Hojas	Raíz	Epicótilo	Hojas	Raíz	Epicótilo	Hojas
1	15.1	2	1.7	17.4	2.4	6.2	15	3	2.6
2	16.1	2.5	2.7	20	2.7	4.5	17.5	4	2.1
3	13.4	4	4.9	19.4	2.1	4.9	19.8	2.6	5.4
4	17.1	2.7	2	17.4	2.6	3.5	16.5	3	4.4
5	15.6	3.3	2.8	23.1	4.6	5.6	18.5	3.4	6.3
6	18.5	4.1	4	23	2.6	3.5	16.5	2.5	4.5
7	16.4	3.1	2.6	18.2	2.1	3.4	19.5	3.2	2.9
8	20.3	2.9	2.5	13.6	2.9	2.3	13.8	1.7	5.7
9	10.9	3.3	2.3	15.9	3.7	4.8	20.5	3.4	6.1
10	23	2.7	1.1	6.7	3.3	2.9	15.2	3.4	2.1
11	19	3.5	2.1	17.2	2.9	2.3	10.6	1.9	0
12	11.1	4	2.7	15.2	2.5	3.5	17	3	2.1
13	11.7	2.9	1.5	15	3	5.5	16.6	3	4.3
14	12.8	2.6	0	7.2	3.3	0.9	16.8	3.2	1.4
15	12.8	3.2	3	14.9	2.6	6.4	19.5	3.6	1.6
16	14.8	3	1.4	12.4	2.6	5	22.5	3.2	5.5
17	14.3	2.8	1.5	18.6	2.7	1.8	11.9	2.2	3.3
18	13.8	2.6	4.7	17.9	4.1	5	20.6	3.8	1.1
19	17.8	2.7	2.9	11.9	3.6	4.3	18.5	3.2	4.6
20	15.4	2.2	2.4	17.2	2.6	1.2	15.2	2.5	3.6
21	29.3	2.7	1.8	15.5	2.8	3	13.2	2	1.8
22	14.9	2.7	2.9	16.1	3.1	5	17.5	2.5	5.5
23	12.5	2.2	2.9	15.6	2.2	3.2	19.7	3.6	3.6
24	16.2	2.7	2.8	14.1	3.2	2.6	11.6	2.8	2.7
25	11.6	1.5	0	2.5	2.5	0	17.1	3	3
26	20.3	2.6	3.5	18.9	1.7	6.2	13.6	3	4.7
27	17.3	3.6	1.7	14.9	3.5	2.3	9.4	2.3	0
28	12.2	3.6	2.4	16.6	2.3	3.9	15.2	3.5	3.7

29	-----	-----	-----	7.1	2.6	0	12.5	3.7	4.4
30	17.6	2.5	4	12.7	2.2	3.8	17.4	3.2	3.2
31	8.6	3.6	0	16.1	3	4.1	14.1	3.4	4
32	13.9	2.8	2.3	14.6	4.1	1.8	14.3	3.2	3.5
33	12.2	2.8	1.7	11.7	2.2	3.7	12.4	3.3	3.6
34	16.6	2.2	2.3	2.9	3.2	0	7.1	3.1	1.9
35	11.4	3.7	0	11.1	3.2	0.7	13.3	3.4	3.9
36	12.1	3.6	1.3	18.3	3.7	3.4	14	3.2	2.8
37	7.2	3.8	0.2	8.4	2.7	3.3	12.1	3.9	5.4
38	21.6	3.3	1.8	14.4	3.2	1.6	16.8	2.3	2.8
39	12.4	3.6	3	15.4	2.4	1.5	11.1	2.9	2.5
40	11.9	3.2	1.7	-----	-----	-----	10.6	2.9	1.4
41	7.1	2.4	0	17.5	2.1	1	15.6	3.9	2.1
42	13.1	2.4	3.6	14.4	2.1	3.3	13	1.5	1.1
43	14.2	2	2.4	15.4	3.4	2.4	6.7	1.2	3.9
44	11.6	2.3	2.7	12.8	2.9	2	9.4	2.1	2
45	12.7	1.8	0	13.4	2.6	0	8.5	2.6	2.1
46	11.6	1	3.3	6.5	2.2	2.5	11.9	2.5	3.2
47	12.9	2.1	2.8	17.6	2.7	1.1	9	3	0
48	12.1	1.6	3.1	11.9	3.5	2.2	12.2	2.7	3.5
49	6.9	2.8	0	15.3	2.3	1.9	11.1	2.6	5.4
50	8.5	3.1	0	16	3.1	2.7	-----	-----	-----
\bar{X}	14.2	2.82	2.10	14.4	2.85	2.99	14.5	2.92	3.21

Realizado Por: Zhañay Andrade, Alex, 2021.

3.2. Análisis estadístico

Tabla 6-3: Análisis FT-IR de los extractos de Manzanilla.

	Flores		Hojas y tallos	
	Nº de onda (cm^{-1})	Transmitancia (%)	Nº de onda (cm^{-1})	Transmitancia (%)
1	2914.88	98.5193	2916.81	75.5022
2	2848.35	99.1	2850.27	83.5613
3	1731.76	97.8135	1731.76	86.5694
4	1605.45	96.3022	1604.48	78.2956
5	1591.95	96.7015	1412.6	88.2616
6	1373.07	98.3535	1372.1	89.5025
7	1235.18	97.953	1239.04	90.9479
8	1096.33	95.8624	1098.26	80.0414
9	1073.19	95.9005	1071.26	79.5386
10	1019.19	95.4571	1016.3	75.0791
11	920.843	98.4855	910.236	96.879
12	896.737	98.5116	834.062	97.6451
13	692.32	97.8365	766.566	97.8478
14	677.856	98.0406	642.179	97.1386
15	620.966	95.3112	621.931	96.8653

Realizado Por: Zhañay Andrade, Alex, 2021.

Tabla 7-3: Resumen Estadístico

	<i>Flores</i>	<i>Hojas y tallos</i>
Recuento	15	15
Promedio	1353,2	1339,2
Desviación Estándar	708,764	707,863
Coefficiente de Variación	52,3767%	52,8573%
Mínimo	620,966	621,931
Máximo	2914,88	2916,91
Rango	2293,91	2294,98
Sesgo Estandarizado	2,19305	2,30948
Curtosis Estandarizada	1,06899	1,22952

Fuente: Statgraphics

Realizado Por: Zhañay Andrade, Alex, 2021.

En la tabla 7-3 se puede observar el resumen estadístico para las dos muestras de datos. Dentro de este análisis se puede evaluar si las diferencias entre los estadísticos de las dos muestras son estadísticamente significativas. De particular interés son el sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada que pueden usarse para comparar si las muestras provienen de distribuciones normales. En este caso, ambas muestras tienen valores de sesgo estandarizado fuera del rango normal. Por otra parte, ambas curtosis estandarizadas se encuentran dentro del rango esperado.

Tabla 8-3: Comparación de Medias

Intervalo de confianza del 95% para la diferencia de medias		
Para la media de Flores	1353,2 +/- 392,501	[960,704; 1745,71]
Para la media de Hojas y tallos	1339,2 +/- 392,002	[947,194; 1731,2]
Suponiendo varianzas iguales	14,0079 +/- 529,8	[-515,792; 543,808]
Prueba-t para comparar medias		
Hipótesis nula	media 1 = media 2	
Hipótesis Alt.	media 1 \neq media 2	
Suponiendo varianzas iguales	t=0.0541598	Valor-P= 0.957192
No se rechaza la hipótesis nula para alfa		0.05

Fuente: Statgraphics

Realizado Por: Zhañay Andrade, Alex, 2021.

En la tabla 8-3 se observa el análisis de la prueba-t, la cual se utiliza para la comparación de medias entre dos muestras. Esto se lo realiza a través de la construcción de los intervalos de confianza para cada media y para la diferencia entre las medias. El intervalo de confianza para la diferencia entre las medias se extiende desde -515,792 hasta 543,808. Debido a que el intervalo contiene el valor de 0, se detalla que no existe diferencia significativa entre las medias de las dos muestras de datos.

Tabla 9-3: Comparación de desviaciones estándar

	Flores	Hojas y tallos
Desviación Estándar	708,764	707,863
Varianza	502346	501070
GI	14	14
Intervalo de confianza del 95%		
Desviación estándar de Flores	[518,905; 1117,79]	
Desviación estándar de Hojas y tallos	[518,246; 1116,37]	
Suponiendo varianzas iguales	[0,336584; 2,98617]	
Prueba-F para comparar desviaciones estándar		
Hipótesis nula	sigma 1 = sigma 2	
Hipótesis Alt.	sigma 1 <> sigma 2	
Suponiendo varianzas iguales	F=1.00255	Valor-P= 0.996273
No se rechaza la hipótesis nula para alfa	0.05	

Fuente: Statgraphics

Realizado Por: Zhañay Andrade, Alex, 2021.

En la tabla 9-3 se observa el análisis de la prueba-F, la cual sirve para comparar las varianzas de dos muestras. Esto se lo realiza construyendo intervalos de confianza para cada desviación estándar y para la razón de varianzas. El intervalo de confianza para la razón de varianzas se extiende desde 0,336584 hasta 2,98617. Puesto que el intervalo contiene el valor de 1, se puede establecer que no hay diferencia estadísticamente significativa entre las desviaciones estándar de las dos muestras con un nivel de confianza del 95,0%. Estos resultados indican que las varianzas de las dos muestras son iguales.

Al no existir una diferencia estadísticamente significativa entre las muestras de los extractos de las flores como de las hojas y tallos se puede determinar que estas pueden ser usadas de igual manera para la síntesis de las NPs-MgO.

3.3. Prueba de hipótesis

3.3.1. Hipótesis 1

- Mediante bibliografía se puede identificar el método más adecuado para la síntesis de NPs-MgO.

El estudio y recopilación bibliográfica permitió analizar los diferentes métodos existentes para la obtención de NPs-MgO, tal y como se puede observar en el punto 1.2.4 del capítulo I, en donde se establecen métodos físicos, químicos y biológicos. Siendo estos últimos los más adecuados

debido a que reducen el impacto ambiental, son más rentables y eliminan procesos innecesarios en la síntesis de las NPs.

3.3.2. Hipótesis 2

- El uso de diversas partes de la planta *Chamaemelum nobile* como agente estabilizante y reductor, permite sintetizar diferente tamaño y cantidad de NPs-MgO.

La utilización del extracto de manzanilla elaborado a través de sus flores, tallos y hojas permitió sintetizar NPs-MgO con diferente tamaño y cantidad, tal y como se puede observar en los resultados presentados en el punto 3.1.1.5 del capítulo III. Esto se debe principalmente a los compuestos activos de la manzanilla, como los polifenoles, flavonoides, taninos, triterpenoides entre otros. Compuestos que se encuentran presentes en el extracto obtenido a bases de las flores de manzanilla como en el extracto obtenido a base de hojas y tallos de manzanilla.

3.3.3. Hipótesis 3

- Las características físico-químicas de las NPs-MgO se pueden determinar mediante la aplicación de métodos ópticos.

La utilización de métodos ópticos tales como FT-IR, UV-VIS y SEM permitieron estudiar, observar y analizar las diferentes características físico-químicas de las NPs-MgO, como son su estructura, morfología, tamaño y composición. Presentando una estructura cristalina con una forma redondeada y un tamaño promedio que varía entre 313 y 655nm, con una composición molecular de 16.37% de MgO. Resultados presentes en la tabla 3-3 y los gráficos 4-3, 5-3, 6-3, 7-3 y 8-3.

3.3.4. Hipótesis 4

- La aplicación de NPs-MgO permite obtener un biofertilizante como alternativa a los abonos inorgánicos tradicionales.

El uso de una solución de 500 y 10 ppm de NPs-MgO permitió obtener plántulas normales tras 16 días de tratamiento, mismas que desarrollaron adecuadamente sus estructuras esenciales. Logrando obtener un aumento del 52.86% en las dimensiones de sus hojas a comparación del grupo de control. Tal como se puede observar en los resultados presentes en la tabla 5-3. Mediante

estos resultados favorables se establece a este biofertilizante como una alternativa a los abonos inorgánicos tradicionales.

3.4. Discusión

El proceso para la obtención de NPs-MgO fue realizado mediante la aplicación de extractos de manzanilla, esta metodología se la conoce como síntesis verde. En la misma se empleó el extracto como un agente reductor y estabilizador que facilitó la formación de las NPs tal como menciona Hernández Díaz (2013, p.23), quien explica que resulta factible el uso de plantas o sus extractos para llevar a cabo el proceso de síntesis, debido a que sus compuestos químicos actúan en la bio-reducción de los metales. Dando como resultado la obtención de NPs que en algunas ocasiones igualan o sobrepasan a las sintetizadas por métodos físicos y químicos.

Mediante la caracterización del extracto de manzanilla por espectroscopia FT-IR se determinó la presencia de sus principales componentes, como son: polifenoles, flavonoides, alcaloides terpenoides y taninos. Estos se evidenciaron gracias a los picos característicos presentes en las diversas longitudes de onda, teniendo así que en la longitud de onda de 3338.18 cm^{-1} se observó un pico que representa el estiramiento del puente de hidrogeno (O-H), mismo que indica la presencia de los grupos fenólicos y flavonoides de la manzanilla, por otra parte el pico presente en 1239.04 cm^{-1} se lo atribuye a los grupos fenólicos de los taninos. Estos datos se constataron con la evidencia presentada por Erjaee, Nazifi y Rajaian (2017, p.697), cuyos resultados muestran la presencia de bandas fuertes a 3430 cm^{-1} el cual indica el tramo (O-H) de los enlaces de hidrogeno de los grupos fenólicos y flavonoides, 2929 cm^{-1} pico que representa el estiramiento (C-H) después de la reducción del metal, 1617 cm^{-1} longitud de onda que se asigna a los grupos amina (-NH) y 1258 cm^{-1} banda característica de los grupos fenólicos de los taninos presentes en el extracto de manzanilla. Por otra parte Parlinska, kus, Depciuch y Sadik (2016, pp.1217-1219), de igual manera lograron identificar el estiramiento del enlace (O-H) gracias a la formación de un pico en la banda comprendida entre 3410 y 3370 cm^{-1} determinando la presencia de los grupos hidroxilo correspondientes a los fenoles, además lograron identificar el pico característico de la leuteolina, flavonoide responsable del efecto antioxidante, mismo que se encontró en la banda entre 1750 y 1620 cm^{-1} . Finalmente gracias al pico presente a 1109 cm^{-1} se pudo determinar la presencia de terpenoides en la muestra.

Al realizar la síntesis mediante el uso del extracto de manzanilla y una solución de MgO como agente precursor se obtuvo un polvo fino y blanquecino, mismo que se sometió a su caracterización por métodos ópticos. Las pruebas FT-IR muestran picos presentes en las longitudes de onda de 1433.82 cm^{-1} y 879.381 cm^{-1} los cuales indican la vibración que se produce del estiramiento del enlace Mg-O y la formación de las NPs-MgO respectivamente. Estos

resultados concuerdan con los datos obtenidos por Essien, Atasié, Okeafor y Nwude (2020, p.47), en donde el espectro FT-IR presenta un pico prominente en la longitud de onda de 1382 cm^{-1} el cual indica la vibración del enlace Mg-O y el pico presente alrededor de 829 cm^{-1} indica la formación de las NPs-MgO. Por otra parte, los resultados de la caracterización por espectroscopia UV-VIS mostraron un pico de absorción específico a 277.70 nm , este pico se encuentra en el rango establecido para determinar la formación de las NPs-MgO tal y como lo mencionan Moorthy, Ashok, Rao y Viswanathan (2015, p.4362), quienes indican que el rango entre 260 a 280 nm es específico para las NPs-MgO. Finalmente, la caracterización por microscopia electrónica de barrido SEM permitió observar el tamaño, forma y estructura de las NPs-MgO, en donde con un aumento de $1300\times$ se observó partículas (Ps) con un tamaño promedio de 655.32 nm y mediante un informe de espectros EDS se determinó que los elementos que más predominan en la muestra son, el C con una concentración atómica de 89.35% y el MgO con una concentración molecular de 6.56% . Sin embargo, al realizar el análisis con un aumento de $27000\times$ se logró identificar Ps con un tamaño promedio de 313 nm , mismos que presentan una estructura cristalina y una morfología esférica. De manera semejante con los datos obtenidos por Moorthy, Ashok, Rao y Viswanathan (2015, p.4364), en donde se identificaron la formación de NPs-MgO con un tamaño promedio de 231.1 nm además de una composición elemental de 46.20% para el Mg y un 53.80% para el O.

Finalmente, la evaluación del fertilizante dio como resultado que tras 16 días de someter las semillas a un tratamiento de germinación se lograron obtener plántulas fuertes y vigorosas capaces de dar paso a la formación de plantas en excelentes condiciones. El tratamiento con una concentración alta (500 ppm) mostró una longitud promedio para la raíz de 14.54 cm , para el epicótilo 2.92 cm y para las hojas de 3.21 cm . Estos datos en comparación con el grupo de control representan un aumento de 52.86% en el tamaño de sus hojas, siendo esta la estructura que indica un aumento más significativo. Estos datos posee una semejanza con los resultados obtenidos por Tarafdar, Raliya, Mahawar y Rathore (2014, p.259), en donde se sometieron a tratamiento mediante el uso de NPs de Zinc el cual mostro una mejora significativa en la longitud de sus brotes en un 15.1% y la longitud de sus raíces en un 4.2% en comparación con el grupo de control.

CONCLUSIONES

- La síntesis de nanopartículas de óxido de magnesio se la realizó mediante el uso de extractos de Manzanilla (*Chamaemelum nobile*), el cual fue elaborado a partir de distintas partes de la planta, como son sus flores, tallos y hojas. Posterior a la síntesis se obtuvo un biofertilizante mediante la aplicación de las nanopartículas en un medio acuoso (agua), actuando como una solución con diferentes concentraciones.
- Mediante el uso de recursos bibliográficos, se identificó el método más adecuado para la síntesis de nanopartículas de óxido de magnesio, siendo éste el método denominado “síntesis verde” el cual a comparación de los métodos tradicionales como son los físico-químicos poseen varias ventajas, entre las cuales destaca la reducción de la contaminación ambiental, debido a que estos procesos así llamados verdes reducen la utilización de químicos, esto se logra mediante la sustitución de los mismos a través del uso de plantas, biomasa, microorganismos entre otros, los cuales actúan como agentes reductores, estabilizadores y protectores. Por otra parte, resulta más accesible económicamente al disminuir procesos innecesarios en la síntesis a comparación de los demás métodos tradicionales.
- Con el uso de la planta de Manzanilla (*Chamaemelum nobile*), se logró sintetizar nanopartículas de óxido de magnesio, el extracto de la planta actúa como un agente estabilizante y reductor, debido a que en sus estructuras poseen compuestos denominados metabolitos primarios y secundarios como son: polifenoles, flavonoides, alcaloides, terpenoides, taninos, entre otros; mismos que actúan como reductores metálicos lo que permite la formación de las nanopartículas de óxido de magnesio y posterior a esto facilita su estabilización.
- Con el empleo de los análisis FT-IR, UV-VIS y SEM se caracterizó las nanopartículas de óxido de magnesio. El estudio FT-IR indica la presencia de un pico en la longitud de onda de 879.381 cm^{-1} el cual representa la formación de las nanopartículas. Por otra parte, los resultados obtenidos mediante los análisis UV-VIS concuerdan con los resultados del FTIR, ya que presenta un pico de absorción específico a 276.93 nm el cual indica la formación de NPs-MgO. Finalmente, los resultados del barrido electrónico SEM muestran gráficamente las estructuras de las NPs-MgO mismas que poseen una forma redondeada, además se pudo determinar un tamaño promedio de 313nm mediante un aumento de 27000X.
- Mediante la aplicación de nanopartículas de óxido de magnesio en agua se obtuvo un biofertilizante, con diferentes concentraciones, una baja de 10 ppm y un alta de 500 ppm. Para la evaluación de este, se realizó una prueba de germinación, la cual mostró que tras 16 días de tratamiento se logran obtener plántulas con buenas características. El tratamiento con una concentración alta posee un aumento de 52.86% en comparación con el grupo de control, que

a su vez es superior al aumento de 42.38% que se obtuvo con una concentración baja, por lo que se determina que para la utilización de las NPs-MgO como biofertilizante es mejor una solución con una alta concentración.

RECOMENDACIONES

- Durante el proceso de secado de la manzanilla, se recomienda realizar el mismo en un ambiente cerrado que evite que la muestra se contamine con partículas de polvo u otros objetos extraños.
- Para la elaboración del extracto de manzanilla se recomienda moler las flores, tallos y hojas hasta obtener un polvo fino, que facilite la mezcla del soluto con el solvente.
- Durante el proceso de centrifugación se recomienda usar tubos de plástico, puesto que estos no se rompen al someterlos a una fuerza centrífuga de 6000rpm.
- Se recomienda investigar más formas de secado en el proceso de obtención de las nanopartículas, puesto que el secado por liofilización presenta pequeñas aglomeraciones en la muestra.
- Para el análisis por microscopía electrónico de barrido se recomienda tener la muestra totalmente seca, ya que esto evitara que existan interferencias en el estudio.
- Se recomienda colocar una pequeña cantidad de muestra para la realización de los análisis por microscopía electrónica de barrido, ya que esto permitirá observar con mayor detalle las estructuras de la muestra.

BIBLIOGRAFÍA

ABDULKHALEQ, N.A., NAYEF, U.M. y ALBARAZANCHI, A.K.H., MgO nanoparticles synthesis via laser ablation stationed on porous silicon for photoconversion application. *Optik* [en línea], 2020, vol. 212, pp. 164793. ISSN 00304026. DOI 10.1016/j.ijleo.2020.164793. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2020.164793>.

ÁLVAREZ, C. y BARBERO SAN JUAN, H., *Nanociencia y Nanotecnología Entre la ciencia ficción del presente y la tecnología del futuro*. S.l.: s.n. 2013. ISBN 9788469172667. 5-12 p.

AYODEJI E, O., CLINTON O, A. y KGOTHATSO, S., Energy Savings and Sustainable Construction: Examining the Advantages of Nanotechnology. *Energy Procedia* [en línea], 2017, vol. 142, pp. 3839-3843. ISSN 18766102. DOI 10.1016/j.egypro.2017.12.285. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.12.285>.

BALAKRISHNAN, G., VELAVAN, R., MUJASAM BATOO, K. y RASLAN, E.H., Microstructure, optical and photocatalytic properties of MgO nanoparticles. *Results in Physics* [en línea], 2020, vol. 16, no. November 2019, pp. 103013. ISSN 22113797. DOI 10.1016/j.rinp.2020.103013. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rinp.2020.103013>.

BANDEIRA, M., GIOVANELA, M., ROESCH-ELY, M., DEVINE, D.M. y DA SILVA CRESPO, J., Green synthesis of zinc oxide nanoparticles: A review of the synthesis methodology and mechanism of formation. *Sustainable Chemistry and Pharmacy* [en línea], 2020, vol. 15, no. January, pp. 100223. ISSN 23525541. DOI 10.1016/j.scp.2020.100223. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scp.2020.100223>.

CAMINO, M., *Electrodeposición de películas delgadas de ZnO para aplicaciones fotovoltaicas* [en línea]. Universidad Nacional De Mar Del Plata. S.l.: 2020. Disponible en: <http://rinfi.fi.mdp.edu.ar/xmlui/handle/123456789/424>.

DILIA, A.M., MAIWEEN, C.T., JHON, D.C. y EYLEEN, P., Espectroscopia infrarroja: una técnica alternativa para la identificación de microorganismos Infrared spectroscopy: an alternative technique for the identification of microorganisms. *Corporación Universitaria Rafael Nuñez*, 2012, vol. 4, no. 1, pp. 123-131. DOI <https://doi.org/10.22519/21455333.254>.

ERJAE, H., NAZIFI, S. y RAJAIAN, H., Effect of Ag-NPs synthesised by Chamaemelum nobile extract on the inflammation and oxidative stress induced by carrageenan in mice paw. *IET*

Nanobiotechnology, 2017, vol. 11, no. 6, pp. 695-701. ISSN 17518741. DOI 10.1049/iet-nbt.2016.0245.

ESSIEN, E.R., ATASIE, V.N., OKEAFOR, A.O. y NWUDE, D.O., Biogenic synthesis of magnesium oxide nanoparticles using *Manihot esculenta* (Crantz) leaf extract. *International Nano Letters* [en línea], 2020, vol. 10, no. 1, pp. 43-48. ISSN 2008-9295. DOI 10.1007/s40089-019-00290-w. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s40089-019-00290-w>.

FOLADORI, G., Políticas Públicas En Nanotecnología En América Latina. *Problemas del Desarrollo* [en línea], 2016, vol. 47, no. 186, pp. 59-81. ISSN 03017036. DOI 10.1016/j.rpd.2016.03.002. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rpd.2016.03.002>.

GARCÍA, D. y PEDROZA, C., *Nanofertilizantes y promotores del crecimiento de plantas para una agricultura sustentable usando nanopartículas y grafenos*. Instituto Tecnológico de Colima. S.l.: 2018.

HERNÁNDEZ DÍAZ, M.P., *Síntesis De Nanopartículas De Plata Biológicamente Asistida Con Opuntia Sp. Y Su Incorporación En Membranas Poliméricas Nanofibrosas* [en línea]. s.n. S.l.: 2013. Disponible en: [https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/64/1/Tesis de maestria Marco Polo Hernadez.pdf](https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/64/1/Tesis%20de%20maestria%20Marco%20Polo%20Hernandez.pdf).

KYZIOŁ, A., ŁUKASIEWICZ, S., SEBASTIAN, V., KUŚTROWSKI, P., KOZIEL, M., MAJDA, D. y CIERNIAK, A., Towards plant-mediated chemistry – Au nanoparticles obtained using aqueous extract of *Rosa damascena* and their biological activity in vitro. *Journal of Inorganic Biochemistry*, 2021, vol. 214, no. November 2020. ISSN 18733344. DOI 10.1016/j.jinorgbio.2020.111300.

LÓPEZ, J., TORRES, N., SALDIVAR, R., REYES, I. y ARGÜELLO, B., Técnicas Para Evaluar Germinación, Vigor y Calidad Fisiológica de Semillas Sometidas a Dosis de Nanopartículas. *Centro de Investigación en Iquímica Aplicada (CIBQ)*, 2016, pp. 129-140.

MOORTHY, S.K., ASHOK, C.H., RAO, K.V. y VISWANATHAN, C., Synthesis and Characterization of Mgo Nanoparticles by Neem Leaves through Green Method. *Materials Today: Proceedings* [en línea], 2015, vol. 2, no. 9, pp. 4360-4368. ISSN 22147853. DOI 10.1016/j.matpr.2015.10.027. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.matpr.2015.10.027>.

PARLINSKA-WOJTAN, M., KUS-LISKIEWICZ, M., DEPCIUCH, J. y SADIK, O., Green synthesis and antibacterial effects of aqueous colloidal solutions of silver nanoparticles using camomile terpenoids as a combined reducing and capping agent. *Bioprocess and Biosystems Engineering*, 2016, vol. 39, no. 8, pp. 1213-1223. ISSN 16157605. DOI 10.1007/s00449-016-1599-4.

PRAVEEN KUMAR, P., LAXMI DEEPAK BHATLU, M., SUKANYA, K., KARTHIKEYAN, S. y JAYAN, N., Synthesis of magnesium oxide nanoparticle by eco friendly method (green synthesis) – A review. *Materials Today: Proceedings* [en línea], 2020, no. xxxx. ISSN 22147853. DOI 10.1016/j.matpr.2020.08.726. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.08.726>.

RANA, A., YADAV, K. y JAGADEVAN, S., A comprehensive review on green synthesis of nature-inspired metal nanoparticles: Mechanism, application and toxicity. *Journal of Cleaner Production* [en línea], 2020, vol. 272, pp. 122880. ISSN 09596526. DOI 10.1016/j.jclepro.2020.122880. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122880>.

REYNOSO, V., 2019. Cómo Cultivar Manzanilla Orgánica en tu Casa . [en línea]. [Consulta: 15 diciembre 2020]. Disponible en: <https://viaorganica.org/manzanilla-como-crecer-esta-planta-medicinal-en-casa/>.

SALDIVAR, R.H., ARGÜELLO, B., REYES, I. y VILLARREAL, G., Potencial de la Nanotecnología Para el Desarrollo de la Agricultura Sustentable. *2º Taller de Agronotecnología*, 2016, pp. 21.

SALDIVAR, R.H., ARGÜELLO, B.M., VILLARREAL, G.D. los S. y REYES, I.V., Potencial de la nanotecnología en la agricultura. *Acta Universitaria*, 2018, vol. 28, no. 2, pp. 9-24. ISSN 0188-6266. DOI 10.15174/au.2018.1575.

SIDDIQUI, M.H. y AL-WHAIBI, M.H., Role of nano-SiO₂ in germination of tomato (*Lycopersicon esculentum* seeds Mill.). *Saudi Journal of Biological Sciences* [en línea], 2014, vol. 21, no. 1, pp. 13-17. ISSN 1319562X. DOI 10.1016/j.sjbs.2013.04.005. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.sjbs.2013.04.005>.

SURESH, J., YUVAKKUMAR, R., SUNDRARAJAN, M. y HONG, S.I., Green synthesis of magnesium oxide nanoparticles. *Advanced Materials Research*, 2014, vol. 952, no. 3, pp. 141-144. ISSN 10226680. DOI 10.4028/www.scientific.net/AMR.952.141.

TARAFDAR, J.C., RALIYA, R., MAHAWAR, H. y RATHORE, I., Development of Zinc Nanofertilizer to Enhance Crop Production in Pearl Millet (*Pennisetum americanum*). *Agricultural Research*, 2014, vol. 3, no. 3, pp. 257-262. ISSN 22497218. DOI 10.1007/s40003-014-0113-y.

TORRES PALLASCO, A.I., *Síntesis verde y caracterización de nanopartículas de oro y plata mediante el uso de algunas plantas endémicas del Ecuador*. s.n. S.l.: 2015.

URQUILLA, A., Impacto de la nanotecnología como revolución industrial a nivel mundial. *Impacto de la nanotecnología como revolución industrial a nivel mundial*, 2019, vol. 49, no. 49, pp. 66-78. ISSN 1992-6510. DOI 10.5377/ryr.v49i49.8063.

VIDAL, M., *Desarrollo de métodos rápidos basados en Espectroscopía UV-VIS-NIR para el análisis de vinos*. s.n. S.l.: 2014.

VIJAI ANAND, K., ANUGRAGA, A.R., KANNAN, M., SINGARAVELU, G. y GOVINDARAJU, K., Bio-engineered magnesium oxide nanoparticles as nano-priming agent for enhancing seed germination and seedling vigour of green gram (*Vigna radiata* L.). *Materials Letters* [en línea], 2020, vol. 271, pp. 127792. ISSN 18734979. DOI 10.1016/j.matlet.2020.127792. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2020.127792>.

ANEXOS

ANEXO A: PREPARACIÓN DEL EXTRACTO DE MANZANILLA

Figura a



Realizado por: Zhañay Andrade, Alex, 2021.

Figura b



Realizado por: Zhañay Andrade, Alex, 2021.

En la figura a se puede observar la obtención del extracto de manzanilla utilizando diferentes partes de la planta. En la figura b Se observa el filtrado del extracto para su posterior almacenamiento.

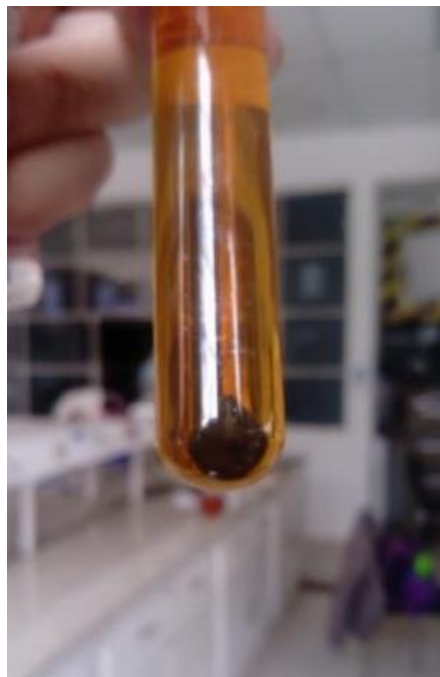
ANEXO B: SÍNTESIS DE LAS NANOPARTÍCULAS

Figura A



Realizado por: Zhañay Andrade, Alex, 2021.

Figura B



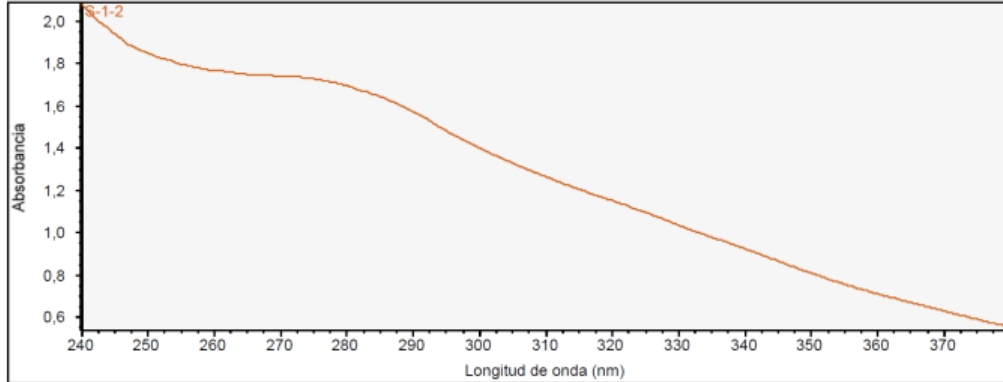
Realizado por: Zhañay Andrade, Alex, 2021.

En la figura a se observa el proceso de síntesis de las nanopartículas al realizar una mezcla del agente precursor y el agente reductor y someterlos a agitación. En la figura b se puede observar la sedimentación de las nanopartículas después de someterlas a centrifugación.

ANEXO C: ANÁLISIS ESPECTROFOTÓMETRO UV-VIS DE LAS NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE MAGNESIO

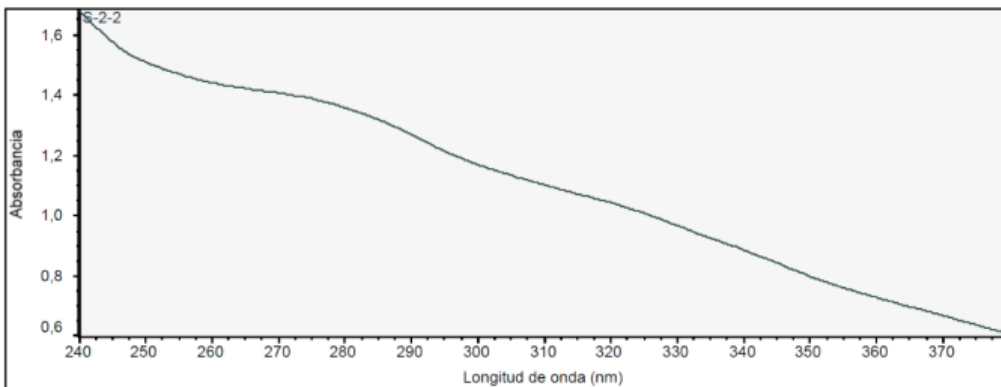
Thermo Scientific

#	ID de muestra	Nombre del Usuario	Fecha y hora
3	S-1-2	Pc	17/03/2021 11:19:44



Thermo Scientific

#	ID de muestra	Nombre del Usuario	Fecha y hora
7	S-2-2	Pc	17/03/2021 11:25:41

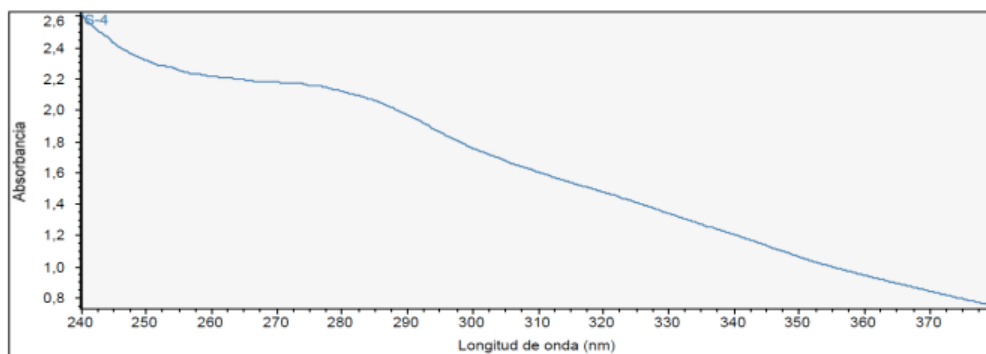


Thermo Scientific

#	ID de muestra	Nombre del Usuario	Fecha y hora
10	S-4	Pc	17/03/2021 11:28:37

Picos:

nm	Abs
279,592	2,195
318,035	2,181

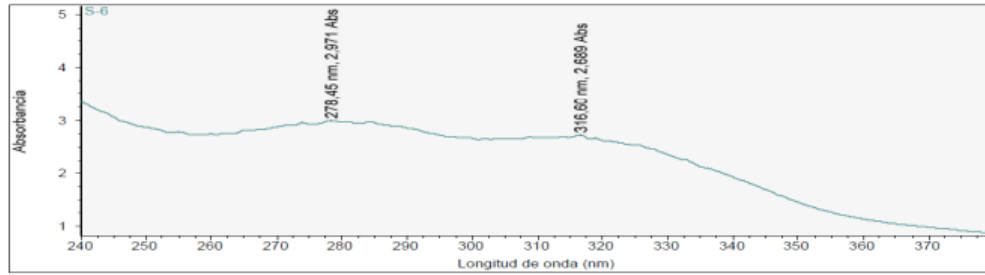


Realizado por: Laboratorio de Investigaciones ESPOCH,2021.

#	ID de muestra	Nombre del Usuario	Fecha y hora
14	S-6	Pc	17/03/2021 11:32:51

Picos:

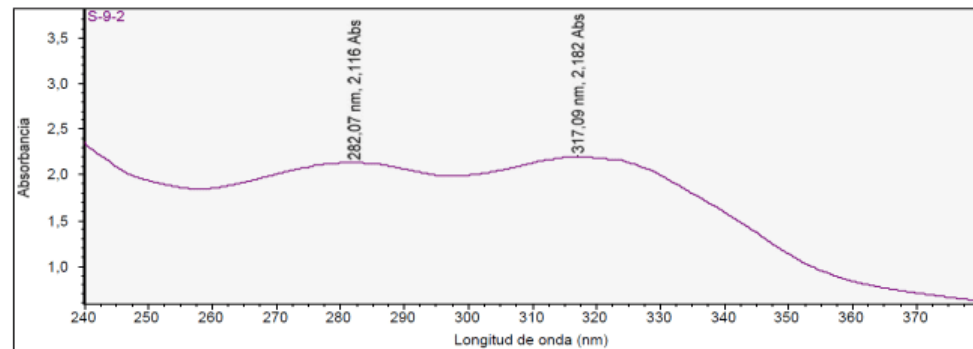
nm	Abs
320,994	3,441
316,760	3,315
280,100	3,310
276,144	3,305
310,143	3,287
273,841	3,254
325,881	3,245
289,001	3,199
331,901	2,976



#	ID de muestra	Nombre del Usuario	Fecha y hora
13	S-9-2	Pc	17/03/2021 11:31:32

Picos:

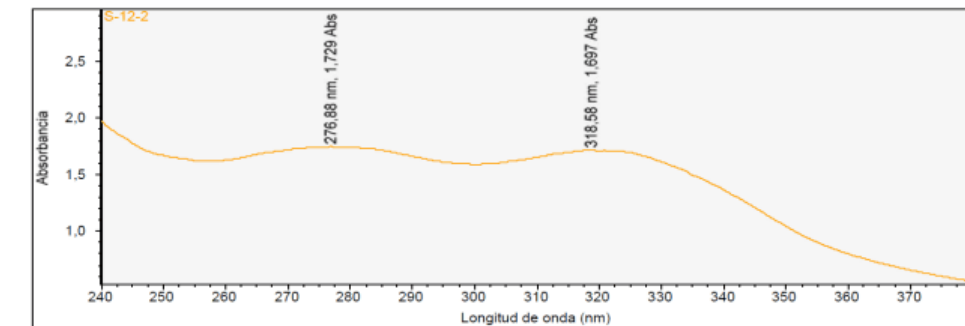
nm	Abs
278,450	2,971
316,601	2,689

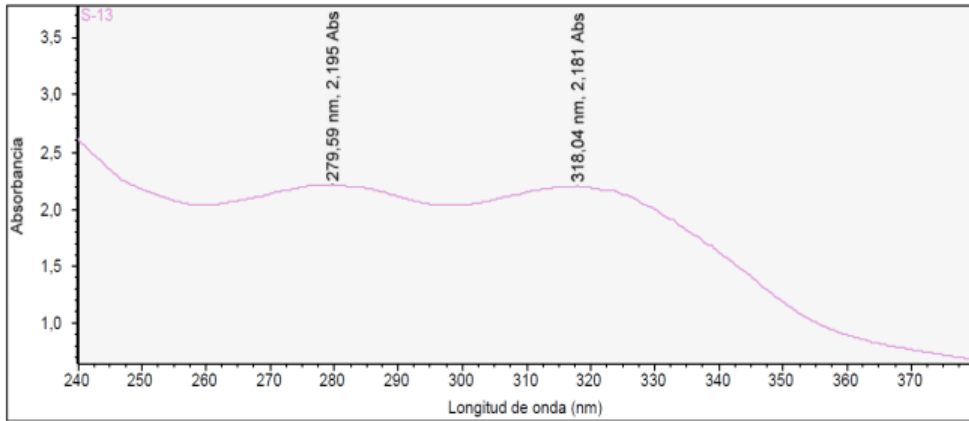


#	ID de muestra	Nombre del Usuario	Fecha y hora
5	S-12-2	Pc	17/03/2021 11:23:16

Picos:

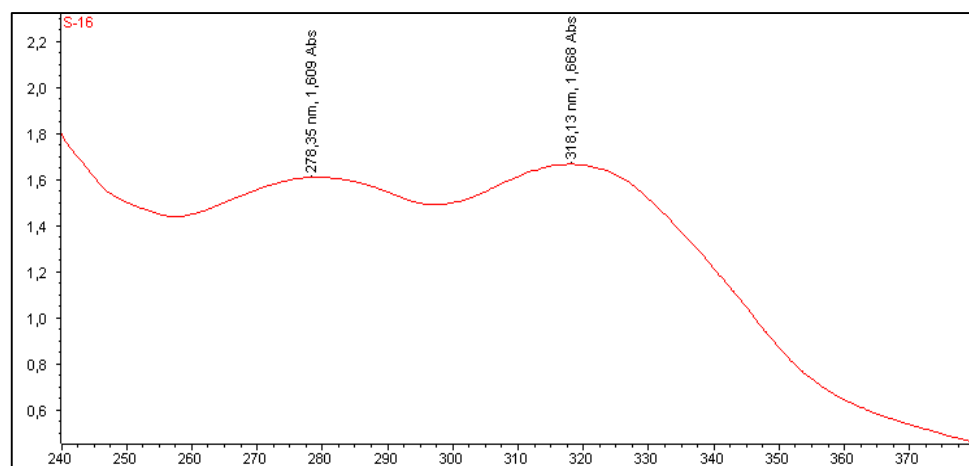
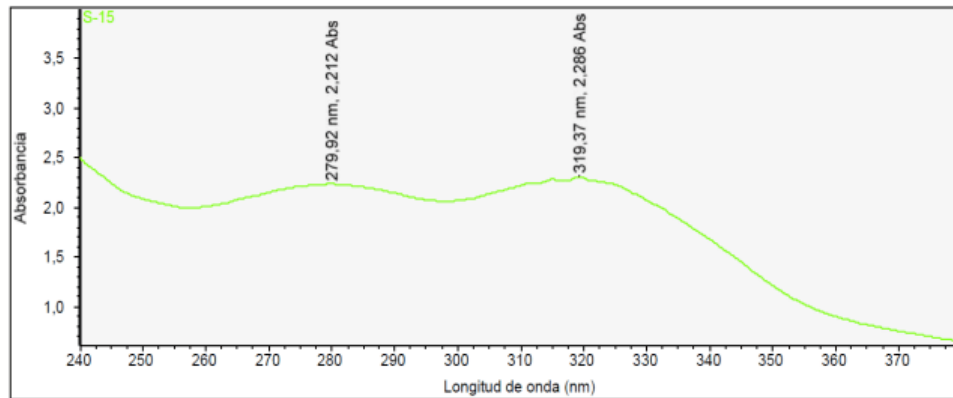
nm	Abs
276,878	1,729
318,585	1,697



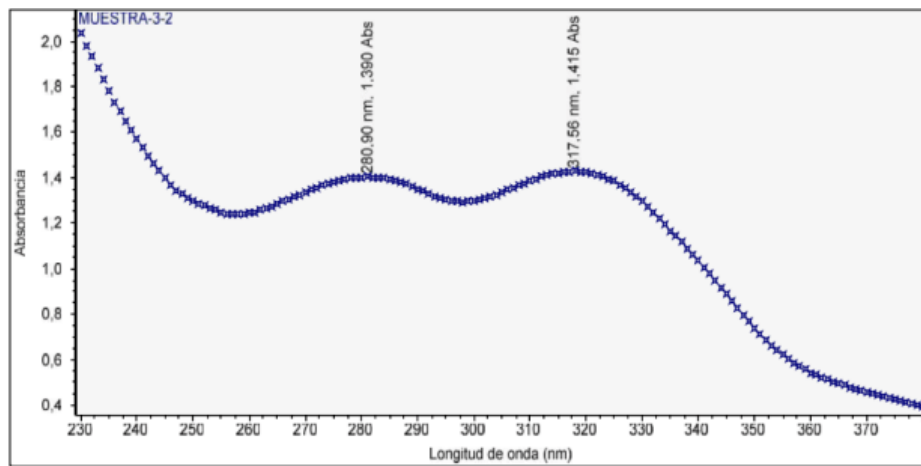
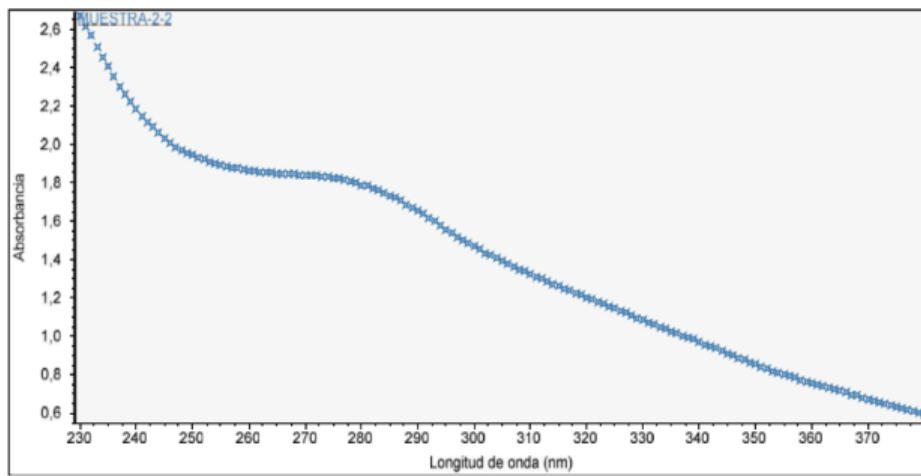
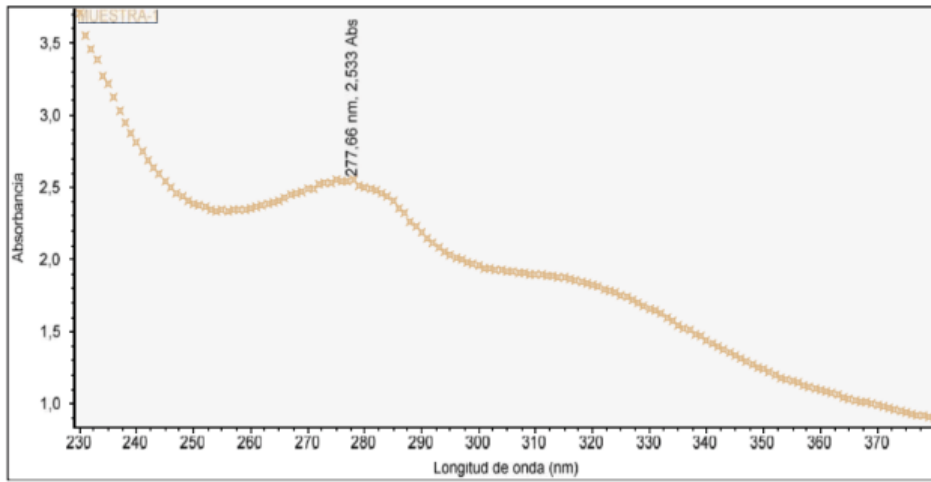


Thermo Scientific

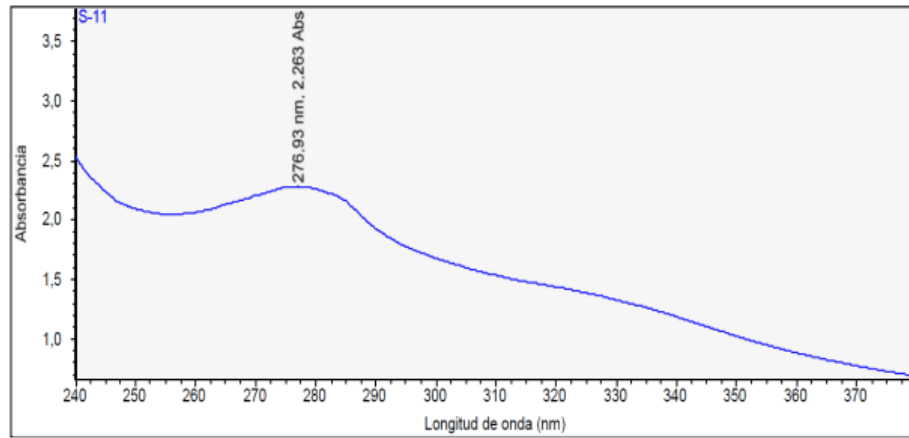
#	ID de muestra	Nombre del Usuario	Fecha y hora
9	S-15	Pc	17/03/2021 11:27:28



Realizado por: Laboratorio de Investigaciones ESPOCH,2021.

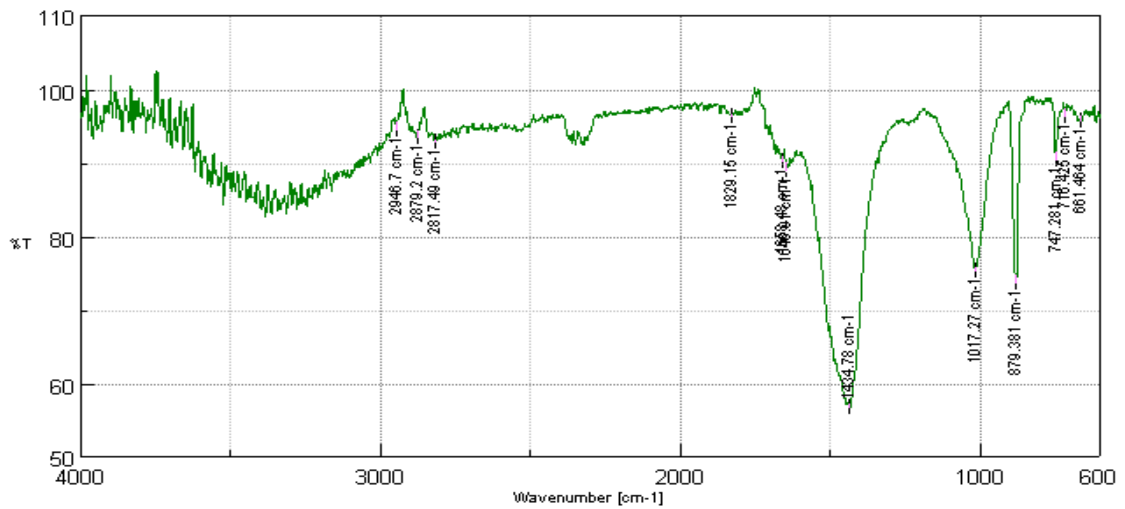
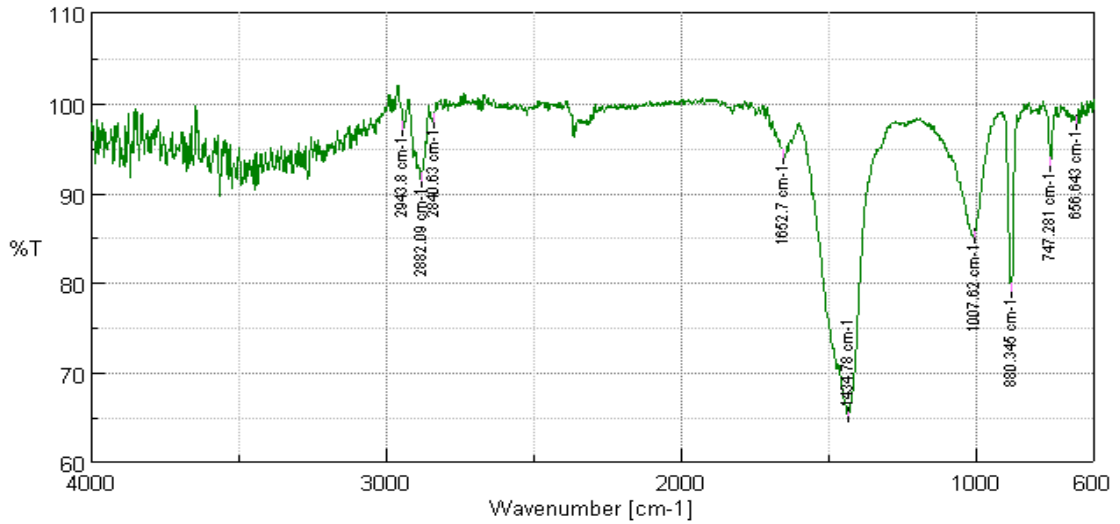
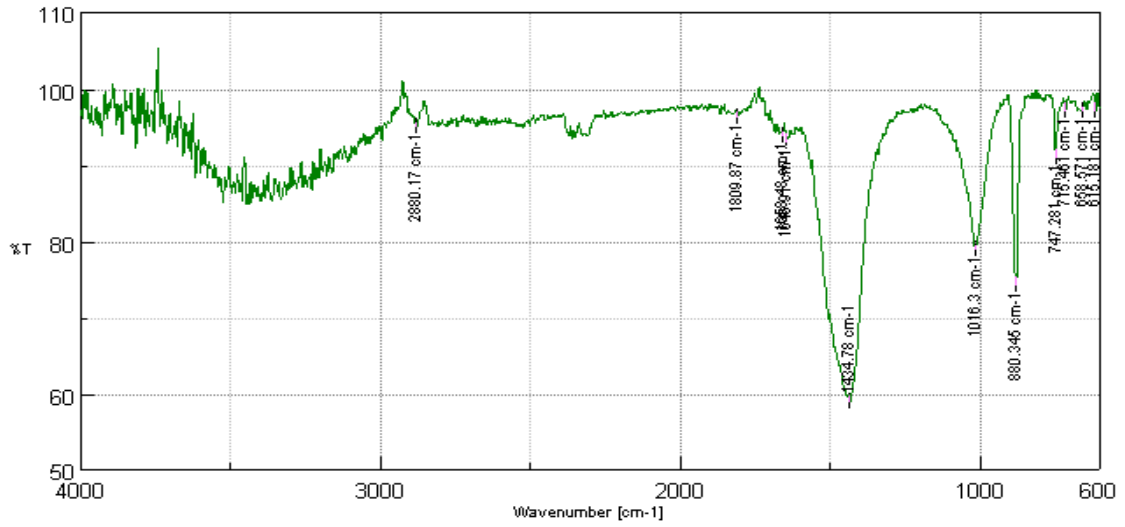


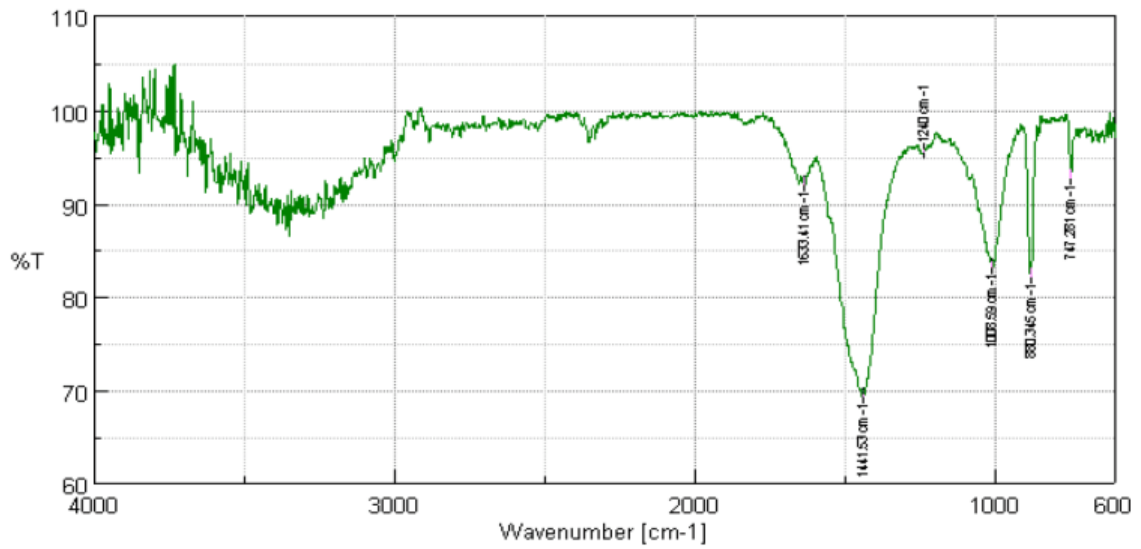
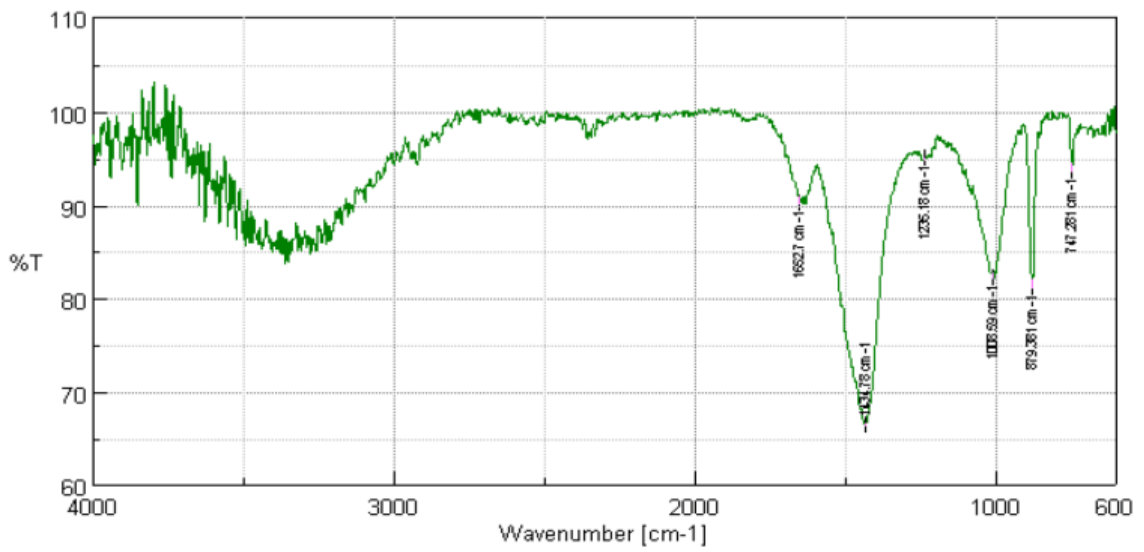
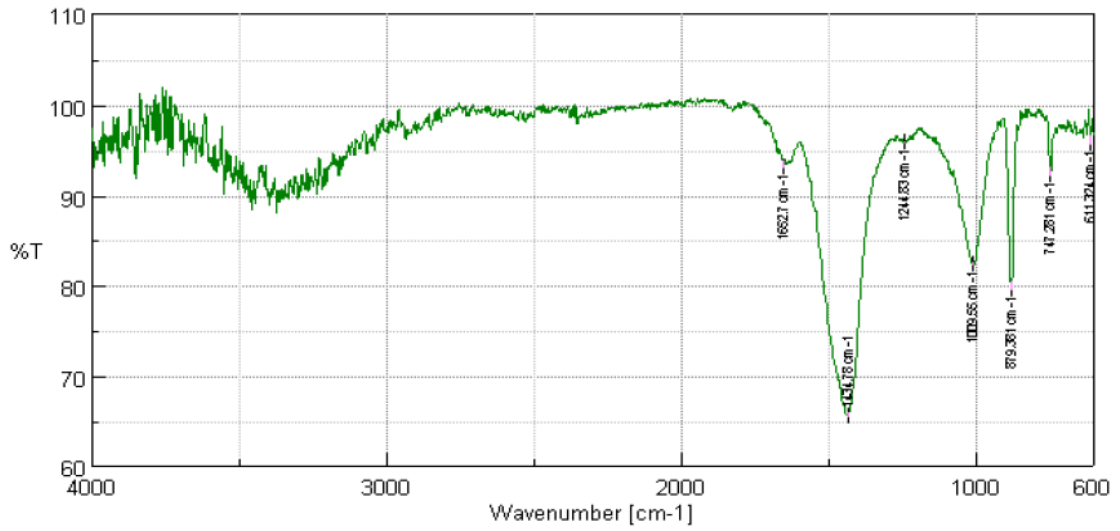
Realizado por: Laboratorio de Investigaciones ESPOCH,2021.



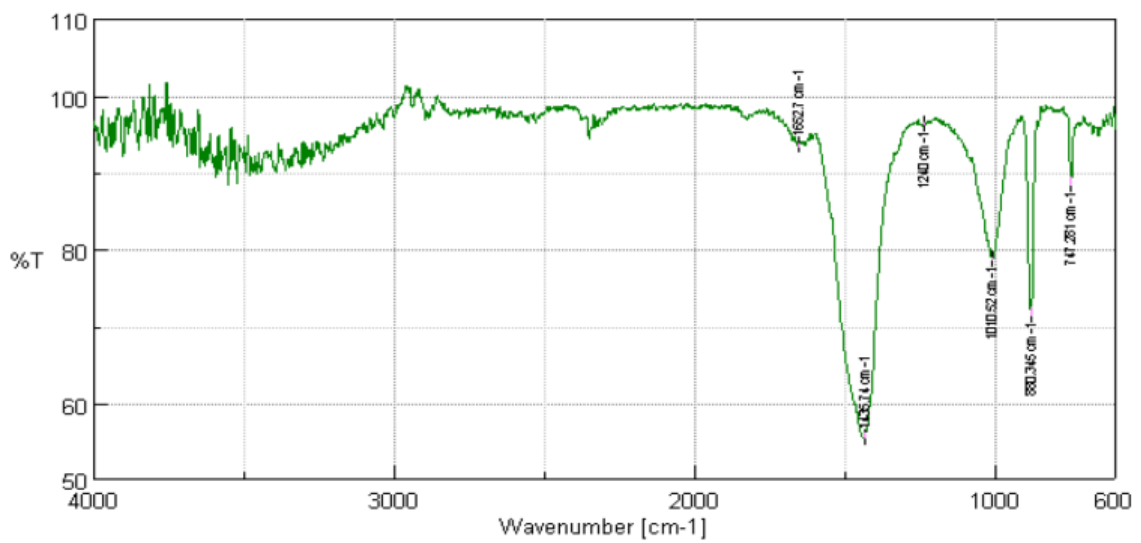
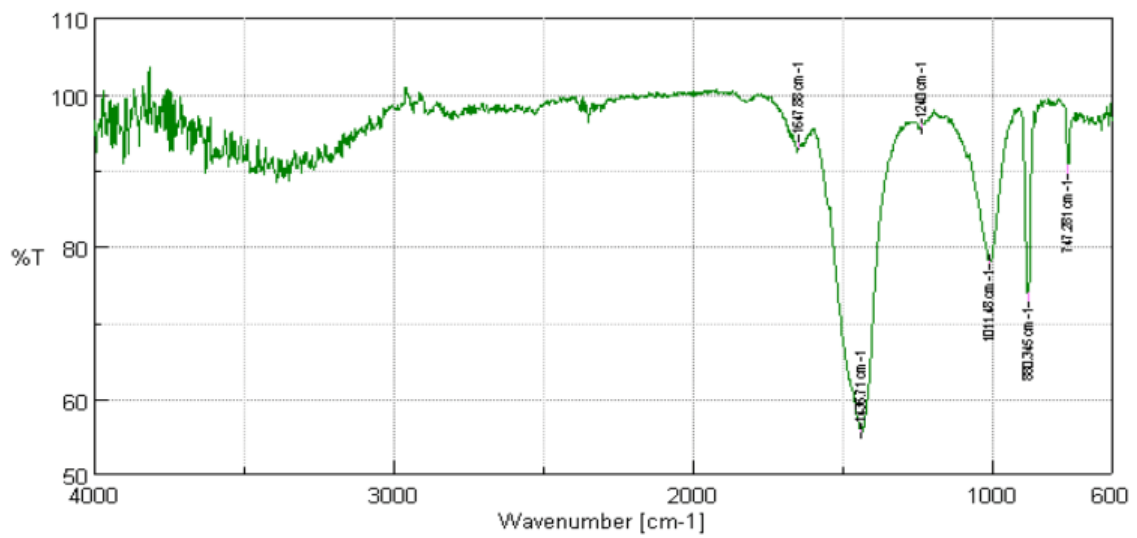
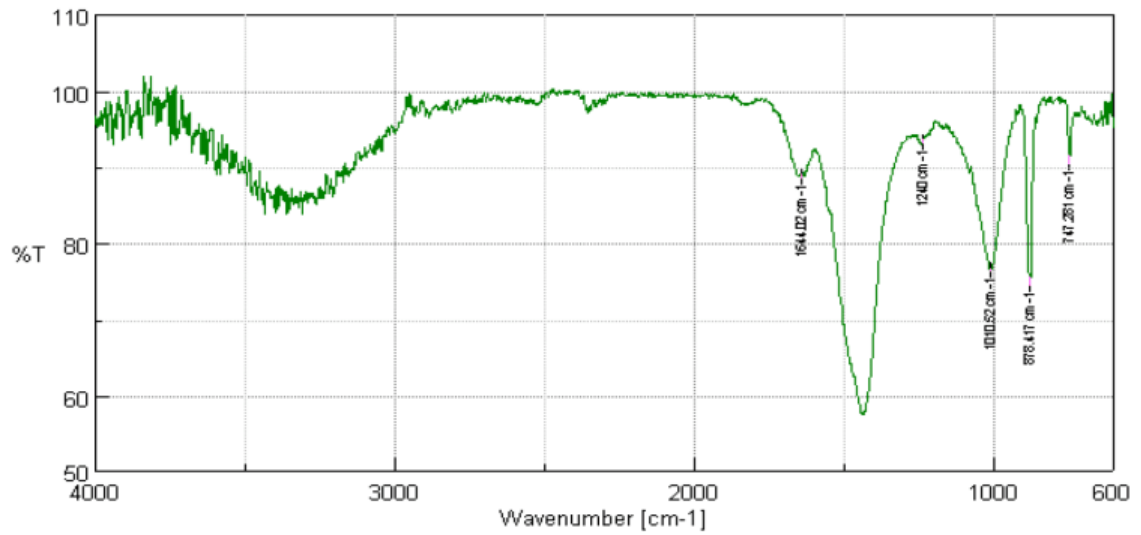
Realizado por: Laboratorio de Investigaciones ESPOCH,2021.

ANEXO D: ANÁLISIS ESPECTROFOTÓMETRO FT-IR DE LAS NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE MAGNESIO

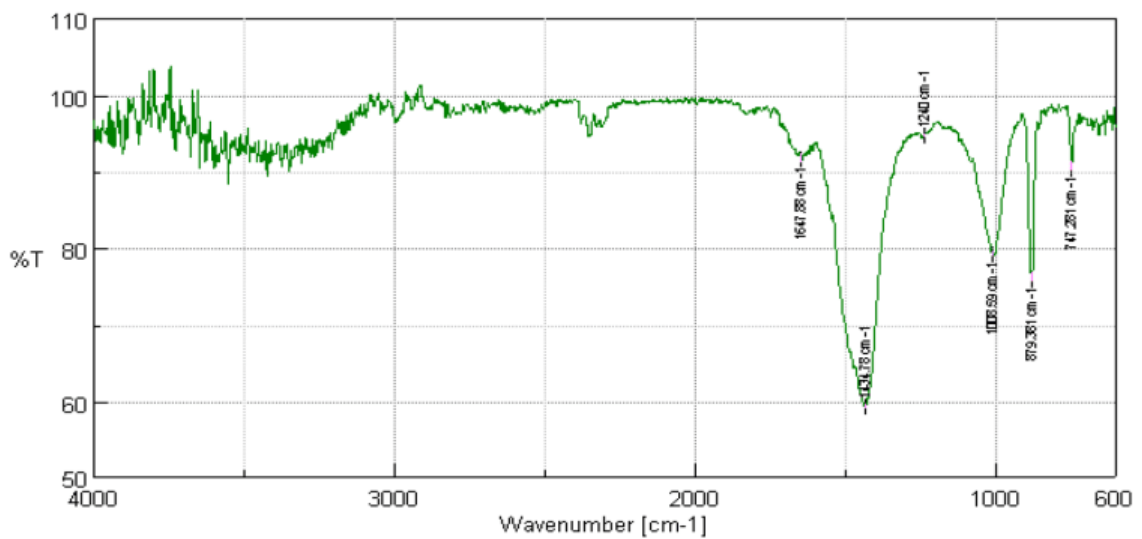
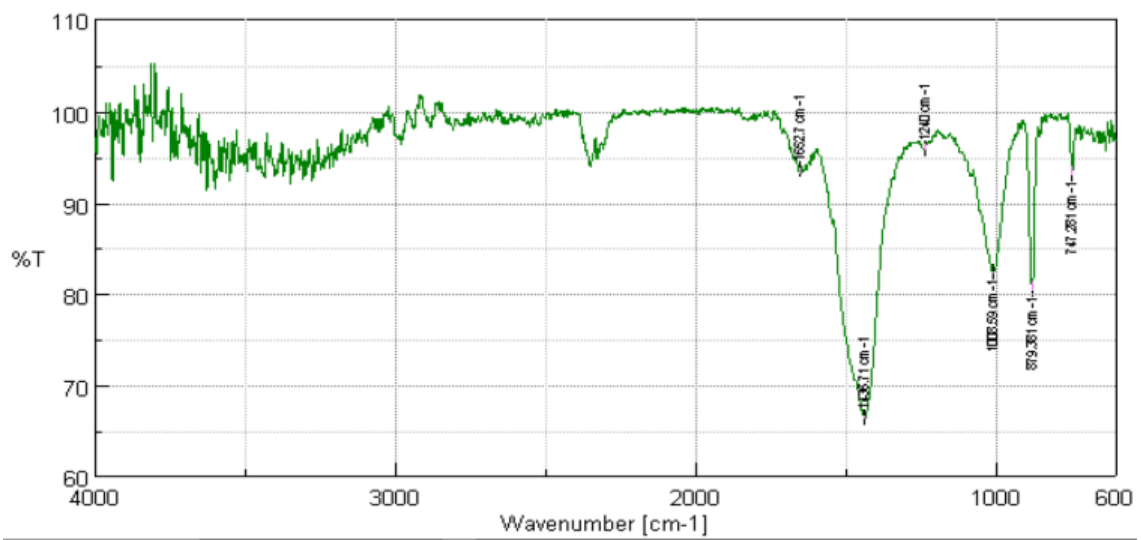
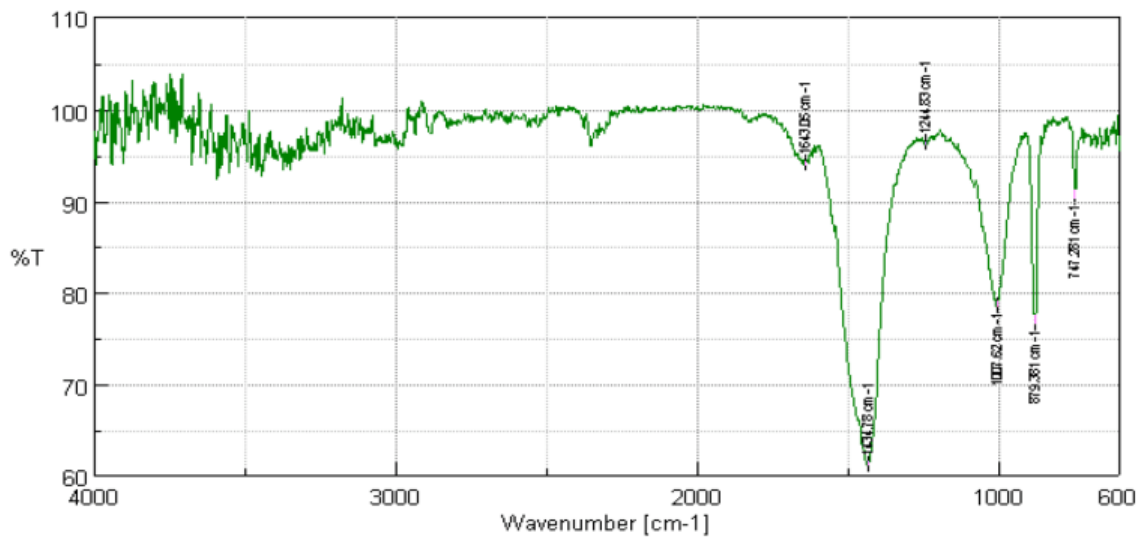




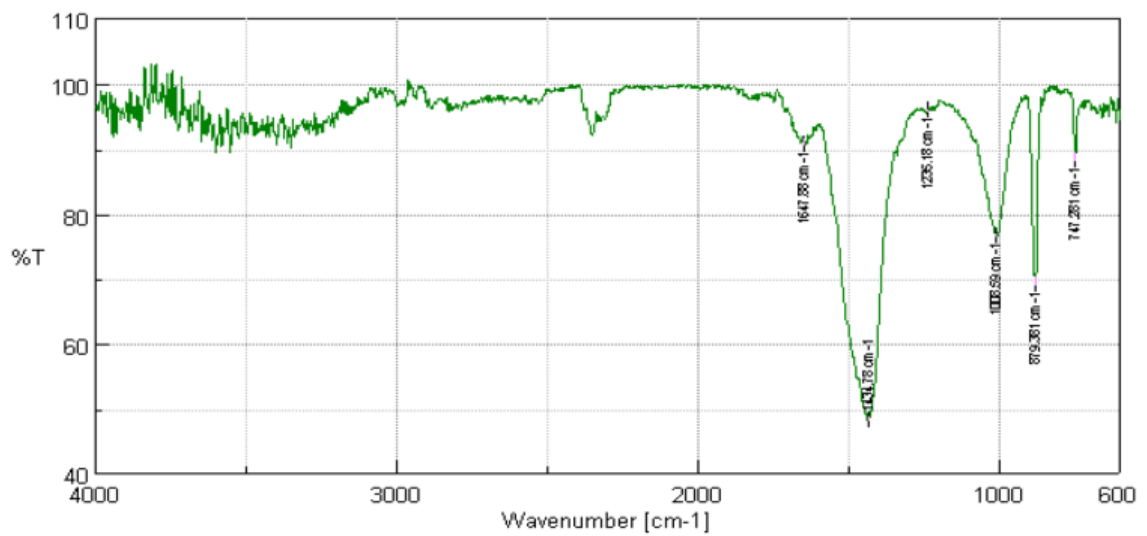
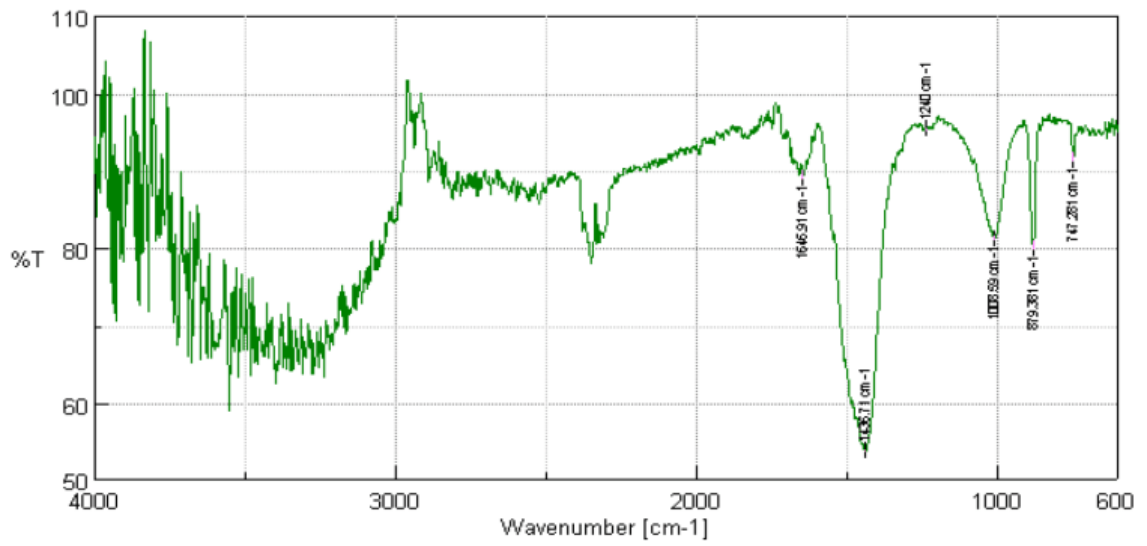
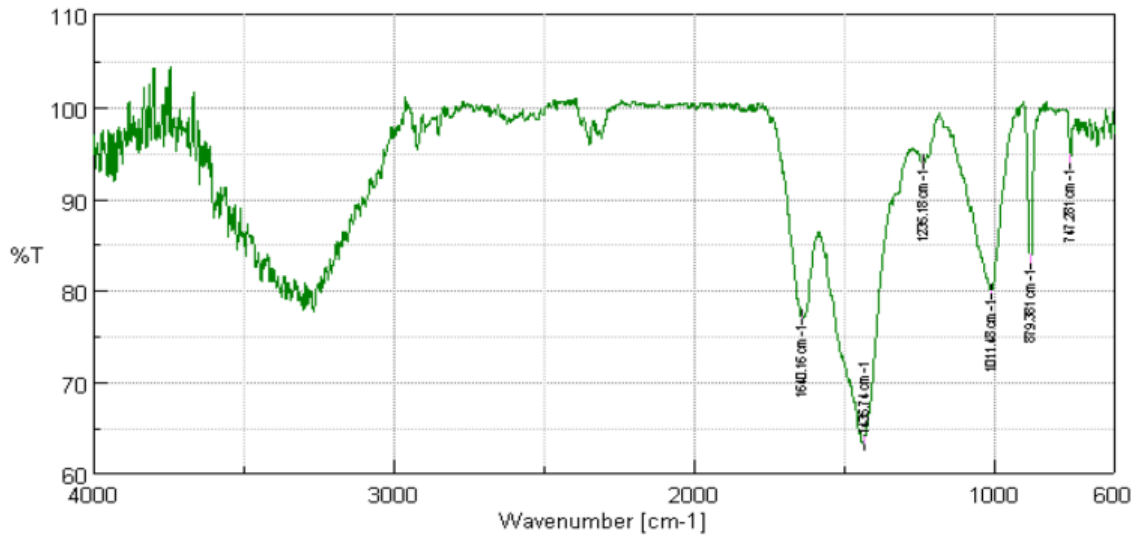
Realizado por: Laboratorio de Química Instrumental ESPOCH, 2021.



Realizado por: Laboratorio de Química Instrumental ESPOCH, 2021.

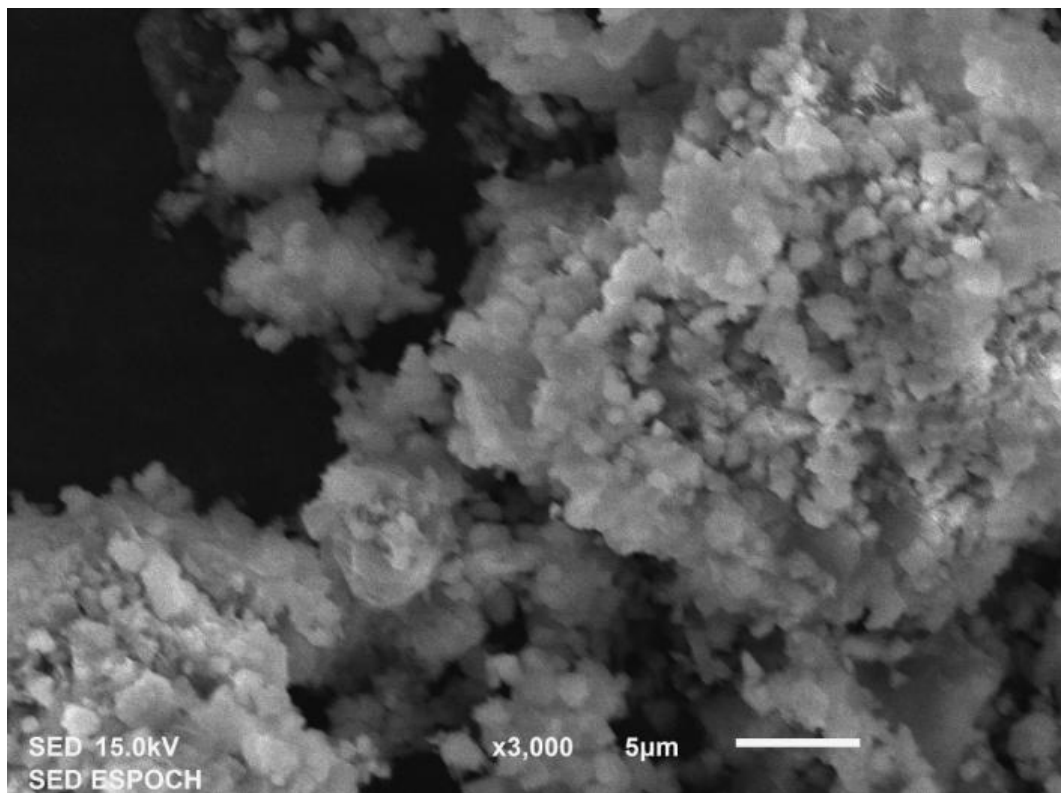
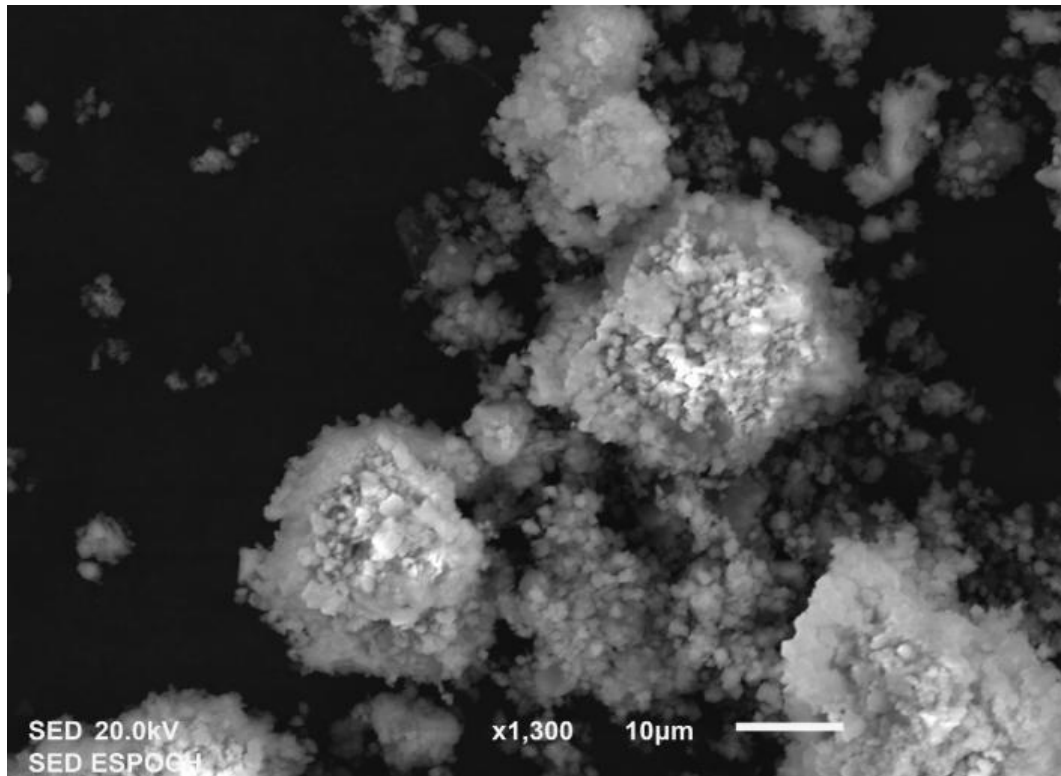


Realizado por: Laboratorio de Química Instrumental ESPOCH, 2021.

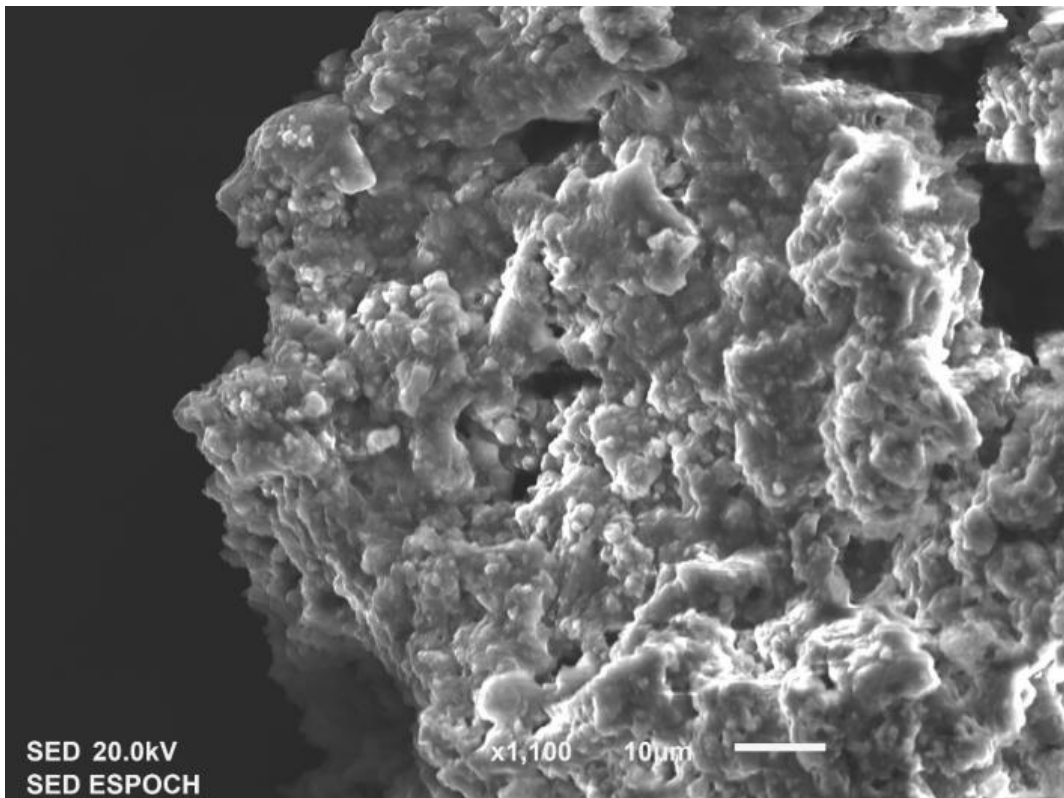
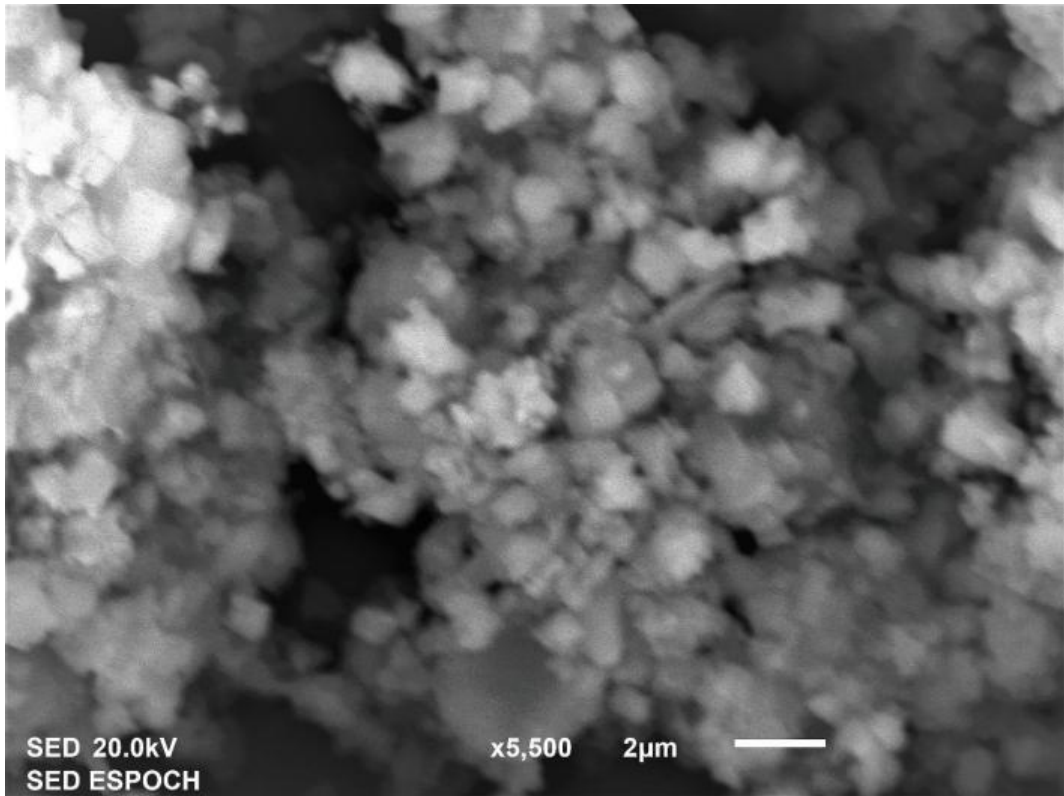


Realizado por: Laboratorio de Química Instrumental ESPOCH, 2021.

ANEXO E: MICROSCOPIA ELECTRÓNICO DE BARRIDO (SEM) DE LAS NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE MAGNESIO.



Realizado por: Laboratorio de Metalografía ESPOCH,2021.



Realizado por: Laboratorio de Metalografía ESPOCH, 2021.

ANEXO F: EVALUACIÓN DEL FERTILIZANTE



Realizado por: Zhañay Andrade, Alex, 2021



Realizado por: Zhañay Andrade, Alex, 2021



Realizado por: Zhañay Andrade, Alex, 2021



Realizado por: Zhañay Andrade, Alex, 2021



Realizado por: Zhañay Andrade, Alex, 2021



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

**DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL APRENDIZAJE
UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y DOCUMENTAL**

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 20 / 10 / 2021

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: <i>Alex Sebastian Zhañay Andrade</i>
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: <i>Ciencias</i>
Carrera: <i>Ingeniería Química</i>
Título a optar: <i>Ingeniero Químico</i>
f. Analista de Biblioteca responsable: <i>Ing. Leonardo Medina Ñuste MSc.</i>

**LEONARDO
FABIO MEDINA
NUSTE**

Firmado digitalmente
por LEONARDO FABIO
MEDINA NUSTE
Fecha: 2021.10.20
08:51:11 -05'00'



1832-DBRA-UTP-2021