

CIENCIAS EXACTAS Y DE LA TIERRA:

Observación, formulación y predicción

2

**FRANCISCO ODÉCIO SALES
HUDSON DE SOUZA FELIX
RAMOM SANTANA REBOUÇAS
(Organizadores)**

CIENCIAS EXACTAS Y DE LA TIERRA:

Observación, formulación y predicción

2

**FRANCISCO ODÉCIO SALES
HUDSON DE SOUZA FELIX
RAMOM SANTANA REBOUÇAS
(Organizadores)**

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná



Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



Ciencias exactas y de la tierra: observación, formulación y predicción 2

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Maiara Ferreira
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadores: Francisco Odécio Sales
Hudson de Souza Felix
Ramom Santana Rebouças

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C569 Ciências exactas y de la tierra: observación, formulación y predicción 2 / Organizadores Francisco Odécio Sales, Hudson de Souza Felix, Ramom Santana Rebouças. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0083-7

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.837221705>

1. Ciências exactas. I. Sales, Francisco Odécio (Organizador). II. Felix, Hudson de Souza (Organizador). III. Rebouças, Ramom Santana (Organizador). IV. Título.

CDD 507

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br



Atena
Editora
Ano 2022

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



APRESENTAÇÃO

A obra “Ciencias exactas y de la tierra: Observación, formulación y predicción 2” aborda uma série de publicações da Atena Editora apresenta, em seus 16 capítulos, discussões de diversas abordagens acerca do ensino, pesquisa e inovação. As Ciências Exatas e da Terra englobam, atualmente, alguns dos campos mais promissores em termos de pesquisas atuais. Estas ciências estudam as diversas relações existentes da Física; Biodiversidade; Ciências Biológicas; Ciência da Computação; Engenharias; Geociências; Matemática/ Probabilidade e Estatística e Química. O conhecimento das mais diversas áreas possibilita o desenvolvimento das habilidades capazes de induzir mudanças de atitudes, resultando na construção de uma nova visão das relações do ser humano com o seu meio, e, portanto, gerando uma crescente demanda por profissionais atuantes nessas áreas. A ideia moderna das Ciências Exatas e da Terra refere-se a um processo de avanço tecnológico, formulada no sentido positivo e natural, temporalmente progressivo e acumulativo, segue certas regras, etapas específicas e contínuas, de suposto caráter universal. Como se tem visto, a ideia não é só o termo descritivo de um processo e sim um artefato mensurador e normalizador de pesquisas. Neste sentido, essa obra é dedicada aos trabalhos relacionados a pesquisa e inovação. A importância dos estudos dessa vertente, é notada no cerne da produção do conhecimento, tendo em vista o volume de artigos publicados. Nota-se também uma preocupação dos profissionais de áreas afins em contribuir para o desenvolvimento e disseminação do conhecimento. Os organizadores da Atena Editora, agradecem especialmente os autores dos diversos capítulos apresentados, parabenizam a dedicação e esforço de cada um, os quais viabilizaram a construção dessa obra no viés da temática apresentada. Por fim, desejamos que esta obra, fruto do esforço de muitos, seja seminal para todos que vierem a utilizá-la.

Francisco Odécio Sales
Hudson de Souza Felix
Ramom Santana Rebouças

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

AUTONOMÍA ACADÉMICA, APOYO INSTITUCIONAL, MOTIVACIÓN Y ACTITUDES HACIA LA ENSEÑANZA, COMPROMISO DOCENTE Y BURNOUT EN DOCENTES DE FÍSICA DE NIVEL TERCARIO EN EL CETP-UTU

Andrea Cabot Echevarría

Alexander Ibarra Flores

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8372217051>

CAPÍTULO 2..... 15

¿QUÉ OPINAN LOS ESTUDIANTES DE CULTURA FÍSICA Y DEPORTE SOBRE EL USO DE LA ESTADÍSTICA EN SU ÁREA?

Alejandrina Bautista Jacobo

Graciela Hoyos Ruiz

Manuel Alejandro Vazquez Bautista

Maria Elena Chavez Valenzuela

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8372217052>

CAPÍTULO 3..... 25

ANÁLISIS DE SISTEMA DE GESTIÓN DE ACCIÓN TUTORIAL BAJO EL ANÁLISIS DEL MODELO DE NEGOCIO CON DIAGRAMAS UML

Isaac Alberto Aldave Rojas

Levi Jared Guevara Cid

Gerardo Espinoza Ramírez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8372217053>

CAPÍTULO 4..... 34

ENSAYO ANTIMICROBIANO DE HIDROGELES DE QUITOSANO CARGADOS CON EXTRACTO DE ROMERO (*ROSMARINUS OFFICINALIS*) Y MODIFICADOS POR TECNOLOGÍA DE PLASMA

Claudia Gabriela Cuellar Gaona

María Cristina Ibarra Alonso

Miriam Desireé Dávila Medina

Aidé Sáenz Galindo

Rosa Idalia Narro Céspedes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8372217054>

CAPÍTULO 5..... 43

LAS FIRMAS DIGITALES Y SU APOORTE EN LA PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

Rómulo Danilo Arévalo Hermida

Jefferson Bayardo Almeida Cedeño

Orlen Ismael Araujo Sandoval

Sergio Fernando Mieles Bachicoria

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8372217055>

CAPÍTULO 6..... 51

LABERINTO DE LOS COMPUESTOS INORGÁNICOS

Jorge Haro-Castellanos
Leticia Ramírez Chavarín
Arturo Salame Méndez
Alondra Castro Campillo
Edith Arenas Rios
Julio César Bracho Pérez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8372217056>

CAPÍTULO 7..... 58

**ESTUDIO DE LA RESPUESTA A LOS ARMÓNICOS DE UN SISTEMA MASA RESORTE:
CUASI-RESONANCIA**

J. Agustín Flores Ávila
Georgina Flores Garduño

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8372217057>

CAPÍTULO 8..... 70

POLINOMIOS GENERADORES DE NÚMEROS PRIMOS

Ronald Cordero Méndez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8372217058>

CAPÍTULO 9..... 81

**DESIGNING AN EXPERIMENTAL PROTOTYPE FOR THE TEACHING OF CONICS
(ELLIPSIS) BASED ON THE LAW OF LIGHT REFLECTION**

Juan Carlos Ruiz Mendoza

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8372217059>

CAPÍTULO 10..... 97

REÚNE LOS COMPUESTOS INORGÁNICOS CORRESPONDIENTES A CADA FAMILIA

Jorge Haro-Castellanos
Leticia Ramírez Chavarín
Arturo Salame Méndez
Alondra Castro Campillo
Edith Arenas Rios
Julio César Bracho Pérez
Yarit Samantha Haro Ramírez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.83722170510>

CAPÍTULO 11..... 103

**VISUALIZANDO DOMINIOS DINÁMICOS DE FUNCIONES VECTORIALES CON
GEOGEBRA**

Clara Regina Moncada Andino
Deyanira Ochoa Vásquez
Enrique López Durán

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.83722170511>

CAPÍTULO 12.....	106
UNA INTRODUCCIÓN A LA MODELACIÓN DE FULLERENOS	
Francisco Javier Sánchez-Bernabe	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.83722170512	
CAPÍTULO 13.....	112
MANUAL DE EXPERIMENTOS PARA UN CURSO DE QUÍMICA ORGÁNICA HETEROCÍCLICA ORIENTADO A LA CARRERA DE QUÍMICA DE ALIMENTOS	
Patricia Elizalde Galván	
Juan Gómez Dueñas	
Cristina del Carmen Jiménez Curiel	
Fernando León Cedeño	
Martha Menes-Arzate	
Margarita Romero Ávila	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.83722170513	
CAPÍTULO 14.....	120
DETECCIÓN DE VINOS PERUANOS CON DIFERENTES TIEMPOS DE EXPOSICIÓN AL AMBIENTE UTILIZANDO NARICES ELECTRÓNICAS	
María del Rosario Sun Kou	
Henry Cárcamo Cabrera	
Ana Lucía Paredes-Doig	
Elizabeth Doig-Camino	
Gino Picasso	
Adolfo La Rosa-Toro Gómez	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.83722170514	
CAPÍTULO 15.....	137
RELAÇÃO ENTRE MATEMÁTICA E MÚSICA: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA	
Antonia Alana Claudino Sousa	
Francisco Odecio Sales	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.83722170515	
CAPÍTULO 16.....	151
FUNCIONALIZACIÓN DEL GEL DE POLISILOXANO CON NANOPARTÍCULAS DE PLATA Y SU CARACTERIZACIÓN	
Rosa Aida Balvin Beltran	
Julia Lilians Zea Álvarez	
Corina Vera Gonzáles	
Luis De Los Santos Valladares	
María Elena Talavera Núñez	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.83722170516	
SOBRE OS ORGANIZADORES	168
ÍNDICE REMISSIVO.....	170

FUNCIONALIZACIÓN DEL GEL DE POLISILOXANO CON NANOPARTÍCULAS DE PLATA Y SU CARACTERIZACIÓN

Data de aceite: 02/05/2022

Rosa Aida Belvin Beltran

Departamento Académico de Química,
Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa

Julia Lilians Zea Álvarez

Departamento Académico de Química,
Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa
Laboratorio de preparación, caracterización
e identificación de nanomateriales (LAPCI-
NANO) de la UNSA

Corina Vera Gonzáles

Departamento Académico de Química,
Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa
Laboratorio de preparación, caracterización
e identificación de nanomateriales (LAPCI-
NANO) de la UNSA

Luis De Los Santos Valladares

School of Materials Science and Engineering,
Northeastern University
People's Republic of China
Cavendish Laboratory, Department of Physics, UK
Laboratorio de Materiales Funcionales,
Facultad de Ciencias Físicas, Universidad
Nacional Mayor de San Marcos
Lima Perú

María Elena Talavera Núñez

Departamento Académico de Química,
Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa
Laboratorio de preparación, caracterización
e identificación de nanomateriales (LAPCI-
NANO) de la UNSA

RESUMEN: En la presente investigación presentamos un compuesto de polisiloxano funcionalizado con nanopartículas de plata (NPs-Ag). Se sintetizó NPs-Ag, por reducción de una solución de nitrato de plata (AgNO_3) con borohidruro de sodio (NaBH_4), las NPs-Ag se caracterizaron por el método espectrofotométrico UV-visible, encontrando que entre 400 – 410 nm se formó el típico pico de las NPs-Ag por la resonancia de plasmón superficial. En el análisis por Dispersión de Luz Dinámica (DLS) de las NPs-Ag se encontró una distribución polidispersa con dos poblaciones de 59,78 nm en un 70 % y de 4,33 nm en un 30 %. Seguidamente, se sintetizó el gel de polisiloxano por hidrólisis de clorosilano, usando como disolvente éter dietílico, el polisiloxano obtenido se caracterizó por espectrofotometría infrarroja con transformada de Fourier (FTIR). En el espectro se observan picos en la región de $1258,88 \text{ cm}^{-1}$ correspondientes al metilo, a $1000 - 1100 \text{ cm}^{-1}$ un pico correspondiente al enlace Si-O-Si y una banda a $792,10 \text{ cm}^{-1}$ característica de los siloxanos, confirmándose la presencia del polisiloxano. Se funcionalizó el gel de polisiloxano (PS) con NPs-Ag, obteniéndose un gel de color amarillo lechoso, debido a la absorción por resonancia de los plasmones superficiales. El análisis por DLS del gel de PS-NPs-Ag, mostró una distribución monodispersa con un tamaño promedio de 158,7 nm en un 100%, debido a que el gel incluye en su estructura las NPs-Ag. El gel de PS-NPs-Ag se caracterizó por FTIR observándose un pico entre 1000 y 1100 cm^{-1} correspondiente al Si-O-Si y una banda a $803,33 \text{ cm}^{-1}$ propia de los siloxanos, así mismo se observa una banda de absorción a 3384 cm^{-1}

correspondiente a las NPs-Ag. En el análisis termogravimétrico (TGA) del gel de PS-NPs-Ag se muestra que a la temperatura de 374,96 °C alcanza el punto de fusión, característico de un polisiloxano y a 630,22 °C la muestra se descompone. Mediante Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-MS) se encontró una concentración de plata de 5,2 ppm. Por SEM-EDX se observa la morfología típica del gel de PS-NPs-Ag, además se observa una señal que corresponde a la presencia de plata.

PALABRAS CLAVE: Funcionalización, polisiloxano, nanopartículas de plata, gel.

FUNCTIONALIZATION OF THE POLYSILOXAN GEL WITH SILVER NANOPARTICLES AND ITS CHARACTERIZATION

ABSTRACT: In the present investigation, we present a polysiloxane composition functionalized with silver nanoparticles (NPs-Ag). NPs-Ag was synthesized, by reduction of a solution of silver nitrate (AgNO_3) with sodium borohydride (NaBH_4), the NPs-Ag were characterized by the UV-visible spectrophotometric method, finding that between 400 - 410 nm the typical peak of NPs-Ag by surface plasmon resonance. In the Dynamic Light Dispersion (DLS) analysis of NPs-Ag, a polydisperse distribution was found with two populations of 59.78 nm in 70% and 4.33 nm in 30%. Next, the polysiloxane gel was synthesized by chlorosilane hydrolyzing, using diethyl ether as solvent, the polysiloxane obtained was characterized by Fourier transform infrared spectrophotometry (FTIR). In the spectrum peaks in the region of 1258.88 cm^{-1} corresponding to methyl are observed, at $1000 - 1100 \text{ cm}^{-1}$ a peak corresponding to the Si-O-Si bond and a band at 792.10 cm^{-1} characteristic of the siloxanes, confirming the presence of polysiloxane. The polysiloxane (PS) gel was functionalized with NPs-Ag, obtaining a milky yellow gel, due to the resonance absorption of the surface plasmons. The DLS analysis of the PS-NPs-Ag gel showed a monodisperse distribution with an average size of 158.7 nm in 100%, because the gel includes NPs-Ag in its structure. The PS-NPs-Ag gel was characterized by FTIR, observing a peak between 1000 and 1100 cm^{-1} corresponding to Si-O-Si and a band at 803.33 cm^{-1} typical of siloxanes, also a band is observed absorption at 3384 cm^{-1} corresponding to the NPs-Ag. The thermogravimetric analysis (TGA) of the PS-NPs-Ag gel shows that at the temperature of $374.96 \text{ }^\circ\text{C}$ it reaches the melting point, characteristic of a polysiloxane and at $630.22 \text{ }^\circ\text{C}$ the sample decomposes. A silver concentration of 5.2 ppm was found by Mass Spectrometry with Inductively Coupled Plasma (ICP-MS). The typical morphology of the PS-NPs-Ag gel is observed by SEM-EDX, and a signal corresponding to the presence of silver is observed.

KEYWORDS: Functionalization, polysiloxane, silver nanoparticles, gel.

1 | INTRODUCCIÓN

Los polisiloxanos son polímeros inorgánicos que están adquiriendo gran importancia por sus propiedades fisicoquímicas, en su cadena principal presentan átomos diferentes al carbono, en comparación con sus homólogos orgánicos¹. Los principales polímeros inorgánicos son los polisilanos, polifosfacenos y polisiloxanos como el polidimetilsiloxano (PDMS), el cual es un derivado del siloxano que presenta propiedades de gran interés como alta flexibilidad, alta estabilidad química, hidrofobicidad, resistencia a la radiación

ultravioleta y biocompatibilidad².

La Tabla 1 lista algunos métodos para funcionalizar polisiloxano con distintos materiales usando distintas metodologías reportadas en la literatura. Algunos de los materiales funcionales reportados son, sales de amonio cuaternario, nanopartículas de sílica, ZrO_2 , ZnO , SiO_2 y Fe_2O_3 ^{3,4}.

Buenas candidatas para la funcionalización de polisiloxanos son las nanopartículas de plata, que destacan por su versatilidad, porque son aplicables en optoelectrónica, catálisis, procesos de remediación ambiental, en aplicaciones biomédicas, por sus propiedades ópticas, eléctricas, mecánicas y estructurales; su fotoactividad las promueve como agente antimicrobiano (bactericida-fungicida) y han resultado ideales para marcaje celular⁵.

A pesar de la importancia de las NPs-Ag, hasta el momento hay pocos trabajos que reportan la funcionalización del polisiloxano con estos materiales, la poca literatura reporta la síntesis de una composición de goma de sílica antimicrobiana curable, que comprende una matriz orgánica que contiene nanopartículas de plata metálica de un tamaño de 1 a 50 nm, en una concentración de plata eficaz como antimicrobiano pero no citotóxica de más de 1 nmol/L a menos de 1 μ mol/L⁶.

Se obtuvo el compuesto de fibras de nylon con NPs-Ag y evaluado sus propiedades antimicrobianas. Las NPS-Ag se obtuvieron por reducción del nitrato de plata con ácido ascórbico, borohidruro de sodio y citrato trisódico. Las NPs-Ag mostraron un tamaño de 50-150 nm y una longitud de onda máxima de 418.5 nm. Las NPs-Ag se depositaron en fibra de nylon con adición de polisiloxano y alcohol polivinílico (PVA) como estabilizador. Los espectros infrarrojos con transformada de Fourier (FTIR) del compuesto de NPs-Ag-nylon mostraron picos atribuidos al grupo nanoplatina-amida, alcohol vinílico y siloxano. La prueba antibacteriana del compuesto se realizó por el método de unidades formadoras de colonias (UFC). Las nanopartículas de plata coloidal mostraron propiedades antibacterianas para las bacterias *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*. En estas pruebas antibacterianas se demostró que la concentración de polisiloxano al 2% y el tiempo de deposición de 5 minutos dieron la estabilidad del antibacteriano con el tratamiento de varias veces de lavado⁷.

Se obtuvo una membrana de sílica con partículas de plata para recubrir estent (stent), en el que cumple una función protectora y antibacteriana. Para reducir el crecimiento de tejido o tumor, se han colocado stents metálicos autoexpandibles (SEMS) cubiertos. La efectividad de los SEMS cubiertos puede verse atenuada por la formación de lodos o cálculos o por obstrucción del stent debido a la formación de una biopelícula en la membrana de cobertura. En este estudio, se probó la hipótesis que una membrana de sílica que contiene partículas de plata (P-Ag) evitaría el lodo y la formación de biopelícula en los SEMS cubiertos. In vitro, la membrana cubierta de polímero de sílica integrada con P-Ag exhibió actividad antibacteriana sostenida, y no hubo liberación definitiva de iones de plata de la membrana de polímero de sílica integrada con P-Ag⁸. Se estudió la

incorporación de NPs-Ag en espumas de poliuretano (PU) para ser utilizadas como filtros de agua potable y eliminar la contaminación bacteriana. Se incorporaron nanopartículas de plata en espumas de poliuretano (PU) por exposición nocturna de las espumas en soluciones de nanopartículas, lavado repetido y secado al aire produciéndose una espuma de PU con un revestimiento uniforme, que puede ser utilizada como filtro de agua potable donde la contaminación bacteriana del agua superficial es un riesgo para la salud, las nanopartículas son estables en la espuma y no son arrastradas por el agua. La morfología de la espuma se conservó después del recubrimiento con las nanopartículas, la unión se debe a su interacción con el átomo de nitrógeno del PU. Las pruebas se realizaron con un filtro de agua prototípico. A un caudal de 0,5 L / min, en cuyo tiempo de contacto era del orden de un segundo, en la salida el recuento de *Escherichia coli* fue nulo cuando el agua de entrada tenía un carga bacteriana de 105 unidades formadoras de colonias (UFC) por ml. Combinado con el bajo costo y efectividad en sus aplicaciones, la tecnología puede tener grandes implicaciones en los países en desarrollo⁹.

Usando como precursor el compuesto organometálico [Ag (C₆F₅)] se sintetizaron NPs-Ag y se caracterizaron. Se realizaron métodos de síntesis de NPs-Ag mediante reacciones en disolución modificando parámetros para un control en el tamaño, forma, monodispersidad y superficie de las NPs-Ag, se caracterizaron por espectrofotometría UV-visible mostrando una banda correspondiente al plasmón superficial a 412 nm indicando la presencia de NPs-Ag, esféricas pequeñas. Este resultado se confirmó por microscopía de transmisión electrónica (TEM) observándose NPs-Ag uniformes de 9.8 nm de tamaño. Su naturaleza cristalina se confirma mediante difracción de rayos X de polvos donde se obtiene el patrón característico de la plata metálica con estructura cúbica centrada en las caras¹⁰.

En el presente trabajo se reporta la funcionalización del gel de polisiloxano con nanopartículas de plata, el polisiloxano fue obtenido por el método de hidrólisis del diclorodimetilsilano en agua y éter etílico y funcionalizado con NPs-Ag. Lo que se busca es obtener un nanocomposito con propiedades protectoras, de recubrimiento y bactericidas.

Método	Síntesis	Caracterización	Referencia
Funcionalización de poli (dimetilsiloxano-co-metilhidrosiloxano) con sales de amonio cuaternario.	Reacción de hidrosililación catalítica.	RNM de ^1H , ^{13}C , y ^{29}Si , con sistema acoplado de GPC/LS, caracterización fisicoquímica, viscosidad intrínseca (η) peso molecular promedio viscoso (Mv).	[3]
Síntesis de goma de silicona antimicrobiana curable dispersa con nanopartículas plata de tamaño de 1 a 50 nm.	En la matriz orgánica goma de organopolisiloxano se dispersó homogéneamente nanopartículas de plata.	Morfología por SEM y TEM. Viscosidad intrínseca (η), tamaño.	[6]
Método Stöber: Nanopartículas de sílice de dos tamaños fueron funcionalizadas con AMPS.	Las nanopartículas de sílice fueron funcionalizadas con 3-aminopropiltrimetoxisilano (AMPS) en medio básico.	Se determinó efectividad de la funcionalización de las nanopartículas por ^{29}Si RMN, FTIR y TGA, su tamaño y morfología por SEM y TEM, su estabilidad por TGA.	[4]
Obtención de hule silicón con trimetoxipropilsilil isocianato (ITPS) y NPs-SiO ₂ .	Polimerización aniónica viviente, con la reacción de ambos grupos terminales (NCO en la sílice y OH en el polímero).	Espectrofotometría de escaneo UV-VIS-NIR, SEM, TEM, AFM, ATG.	[11]
Determinación de la influencia de la humedad relativa (HR) en nanopartículas coloidales de SiO ₂ .	Nanosílice coloidal se expone a ambientes con alta HR, forma NPs esféricas de sílice amorfa con menor cantidad de grupos de silanol en la superficie.	Espectrofotometría TEM-EDS, ESEM-EDS, XRD, DTA-TG. Microscopía SEM.	[12]
Se incorporan nanopartículas un sistema de recubrimiento epóxico.	Incorporación de nanopartículas: ZrO ₂ , ZnO, SiO ₂ , y Fe ₂ O ₃ , de refuerzo.	Propiedades mecánicas, TGA, TEM, SEM	[13]
Se colocaron stents metálicos autoexpandibles (SEMS) con recubrimiento de silicona con P-Ag, para reducir el crecimiento de tejido.	El stents tiene actividad antibacteriana sostenida.	Recubrimientos de membrana de silicona que contienen partículas de plata (P-Ag).	[8]
Se incorporaron nanopartículas de plata en espumas de poliuretano (PU).	Exposición nocturna de las espumas a soluciones de nanopartículas de plata.	Las nanopartículas de plata son estables en la espuma de PU y en un filtro tienen propiedades antibacterianas.	[10]

Tabla 1: Algunos de los métodos para funcionalizar polisiloxano reportados en la Literatura.

Fuente: Elaboración propia

2 I PARTE EXPERIMENTAL

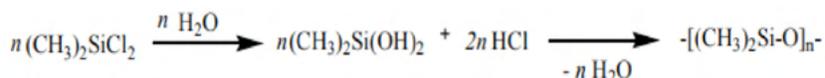
2.1 Síntesis de Nanopartículas de plata

La Síntesis de Nanopartículas de plata se realizó por reducción de nitrato de plata (AgNO_3) 1 mM, con borohidruro de sodio (NaBH_4) 2mM, con agitación constante, produciéndose la siguiente reacción:



2.2 Obtención del gel de polisiloxano

Para la obtención del gel de polisiloxano se mezcló éter dietílico con diclorodimetilsilano en un matraz con refrigerante a reflujo colocado sobre un agitador magnético. Se adicionó 10 ml de agua gota a gota, manteniendo la agitación por 10 min. Transcurrido este tiempo, se extrajo la mayor cantidad de agua posible con una pipeta Pasteur. A continuación se agregó al matraz por la parte superior del refrigerante 5 ml de disolución de bicarbonato de sodio al 10 % gota a gota y manteniendo la agitación. Una vez que el desprendimiento gaseoso se detuvo, se retiró el refrigerante y se separó la mayor parte de la fase acuosa de la orgánica usando una pipeta Pasteur. Se comprobó el pH de la fase acuosa resultante neutralizando hasta que la fase acuosa no presentó pH ácido. La disolución etérea resultante se secó añadiendo MgSO_4 anhidro y filtrando (lavando luego con dos porciones de éter) pasando el polímero a la fase orgánica. La reacción que se produce es la siguiente:



En la Figura 1, se observan imágenes de la secuencia de síntesis del polisiloxano, que se realiza en tres etapas.



Figura 1: Secuencia de síntesis del polisiloxano a) Éter con diclorodimetilsilano b) Equipo de reacción a reflujo c) polisiloxano

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 2 se muestran las características fisicoquímicas del polisiloxano obtenido, como color, olor, textura, solubilidad.

Color	Traslucido
Olor	Característico a silicona
Textura	Aceitoso
Solubilidad	Soluble en alcohol, éter dietílico, insoluble en agua

Tabla 2: Características fisicoquímicas del polisiloxano obtenido

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 2 se listan las características fisicoquímicas del polisiloxano obtenido. Se efectuaron pruebas de solubilidad para elegir el solvente adecuado para realizar la funcionalización del polisiloxano con nanopartículas de plata, de acuerdo a los resultados obtenidos se escogió el éter dietílico como disolvente.

2.3 Funcionalización del Polisiloxano

Para la funcionalización del polisiloxano, se disolvió 3 ml de poliepóxido con éter dietílico en la proporción de 1:2 se mezcló con 3 ml del polisiloxano y se añadió 3 ml de solución de nanopartículas de plata, agitando en un zonicador por 20 minutos a temperatura ambiente para dispersar las nanopartículas y asegurar que no se formen agregados. En la Figura 2 se observa la imagen del polisiloxano funcionalizado:



Figura 2: Nanocomposito de polisiloxano funcionalizado con nanopartículas de plata

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 2 se observa que al funcionalizar el polisiloxano con nanopartículas de plata, se forma un gel de color amarillo opalescente.

A continuación en la Figura 3, tenemos el diagrama de bloques del proceso de obtención del polisiloxano funcionalizado con nanopartículas de plata.

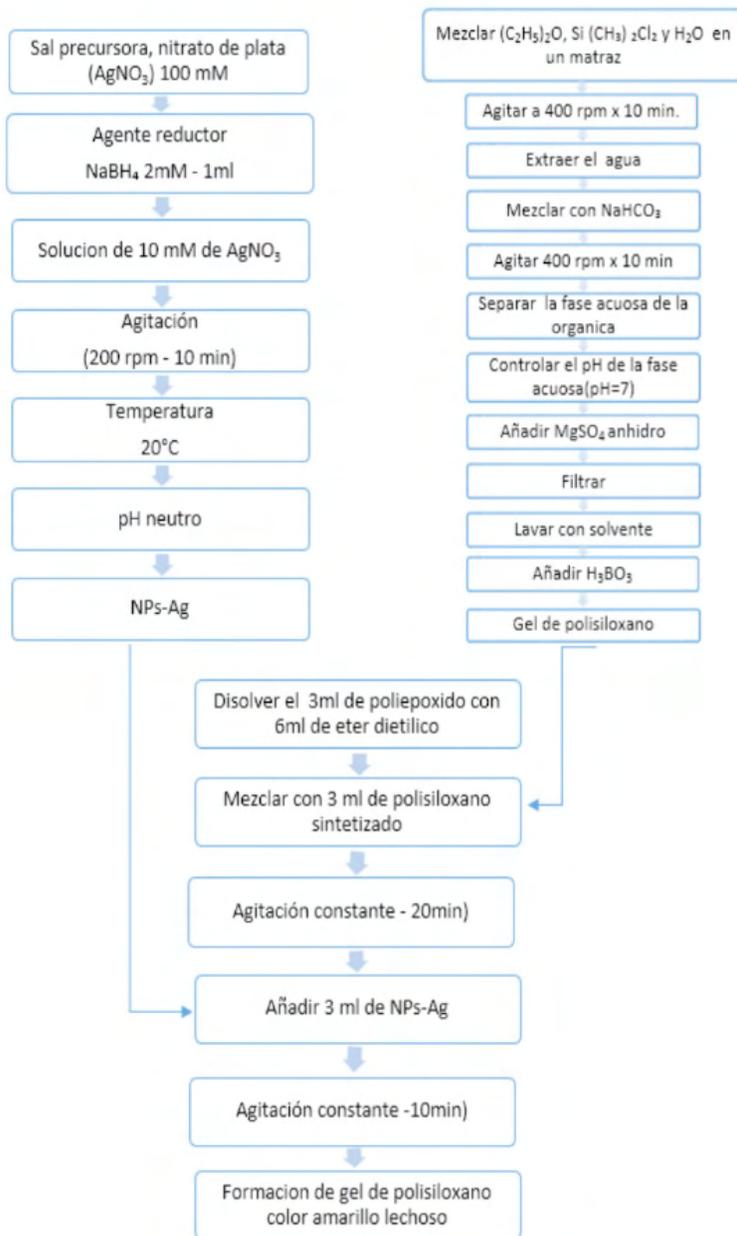


Figura 3: Diagrama de bloques del proceso de obtención del polisiloxano funcionalizado con NPs-Ag

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 3 se observa el Diagrama de bloques del proceso de obtención del polisiloxano funcionalizado con NPs-Ag, que se realizó en tres etapas.

2.4 Caracterización de las NPs-Ag y del Nanocomposito

La caracterización de las NPs-Ag se realizó por espectroscopia de absorción de luz UV- Visible, en un equipo SPECTRONIC© 20 GENESYS TM con celdas de cuarzo con 1 cm de longitud de paso óptico, con un rango espectral de 300 a 1100 nm. Asimismo, se caracterizaron por Dispersión de Luz Dinámica (Dynamic lighth scatterig) usando un equipo DLS marca ZETASIZER NANO ZS.

El gel de polisiloxano se caracterizó en un Espectrofotómetro Infrarrojo con Transformadas de Fourier (FTIR), marca Nicolet iS50 FT-IR de Thermo Scientific, en el rango espectral de 4000 a 800 cm^{-1} de longitud de onda y con 4 cm^{-1} de resolución, igualmente se hizo el análisis termogravimétrico (TGA) en un equipo marca Discovery SDT 650 en celdas de porcelana con flujo de aire y una velocidad de calentamiento de 5°C/min, desde la temperatura ambiente hasta 630°C. Se caracterizó por SEM-EDX en un equipo marca Carl Zeiss, EVO 10 MA, con un voltaje de aceleración en el rango de 1 a 20 KV y corriente de haz de 1 a 500 Pa y detector de electrones secundarios, acoplado a un analizador por EDX. Asimismo se caracterizó por Espectrometría de masas con plasma de acoplamiento inductivamente ICP-MS, en un equipo marca iCAP TQ ICP-MS.

3 | RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la obtención de las NPs-Ag, se observó una coloración amarilla que indica la formación de las nanoparticulas, este color es debido a la absorción por la resonancia de los plasmones superficiales. El seguimiento de la formación de NPs-Ag fue por espectroscopía UV- visible, el espectro se presenta en la Figura 4.

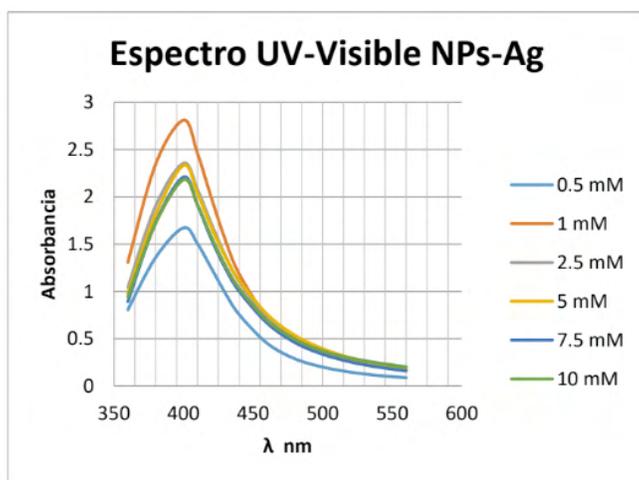


Figura 4: Espectro UV-Visible de las nanopartículas de plata

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 4 del Espectro UV-Visible de las NPs-Ag, se observa un máximo de absorbancia en la longitud de onda entre 400 a 410 nm, debido a la absorción por resonancia de los plasmones superficiales. Esto se produce debido a los electrones libres en la banda de conducción de la superficie de las nanopartículas, que reciben un haz de luz incidente, esto induce a una excitación de estos electrones libres y como consecuencia; se produce una oscilación coherente deslocalizada de los electrones de la superficie de las nanopartículas metálicas, la excitación electromagnética se llama polaritón del plasmón de superficie. Para determinadas frecuencias de la energía incidente, se produce un acoplamiento entre las frecuencias de la onda incidente y de la oscilación del polaritón; a este fenómeno se le llama resonancia del plasmón de superficie y tiene la capacidad de absorber determinadas frecuencias de la luz incidente y de transmitir las frecuencias no absorbidas, lo que se asocia a un determinado color¹⁴. Se experimentó con varias concentraciones de AgNO_3 , se eligió para trabajar la concentración 1mM en la que el espectro es más estable por presentar el pico más alto y definido.

En la evaluación del tamaño de las nanopartículas de plata y del polisiloxano funcionalizado con nanopartículas de plata se usó la técnica de Dispersión de luz dinámica (DLS). En la Figura 5, se muestran los histogramas correspondientes.

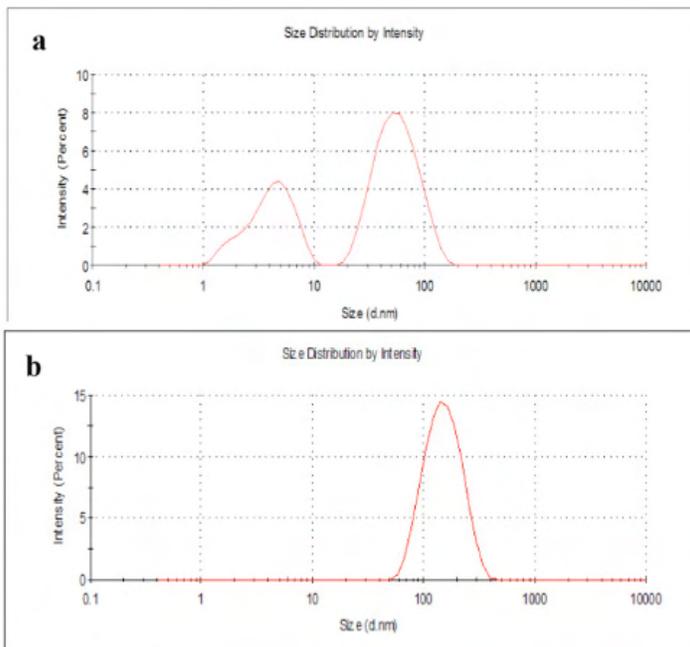


Figura 5 (a) Histograma de los diámetros hidrodinámicos de las NPs-Ag,
5 (b) Histograma del nanocomposito de polisiloxano funcionalizado con NPs-Ag por DLS

Fuente: Elaboración propia

En la figura 5 (a) correspondiente al histograma de los diámetros hidrodinámicos de las nanopartículas de plata, donde se relaciona el inverso del tamaño de partícula con el movimiento browniano que tienen las partículas dispersas en un medio, el diámetro hidrodinámico es afectado por los iones presentes en el medio y las modificaciones superficiales¹⁵. Se observa una distribución polidispersa de dos poblaciones, con tamaños hidrodinámicos de 4.33 nm en un 30% y de 59.78 nm en un 70%, por ser el tamaño menor a 100 nm se confirma la presencia de nanopartículas.

En la figura 5 (b) correspondiente al histograma de los diámetros hidrodinámicos del nanocomposito del PS-NPs-Ag, se observa una distribución de una población monodispersa, con un tamaño hidrodinámico de 158.7 nm en un 100%, debido a que el polímero al funcionalizarse aumenta de tamaño, por contener en su estructura matriz las nanopartículas de plata.

Se caracterizó el polisiloxano, el polisiloxano epóxico y el polisiloxano epóxico funcionalizado con nanopartículas de plata por Espectrofotometría Infraroja con transformadas de Fourier (FTIR), identificándose sus modos vibracionales característicos.

En la Figura 6 se observan los espectros IR: 6 a) Polisiloxano sintetizado, 6 b) Polisiloxano epóxico, 6 c) polisiloxano epóxico funcionalizado con nanopartículas de plata.

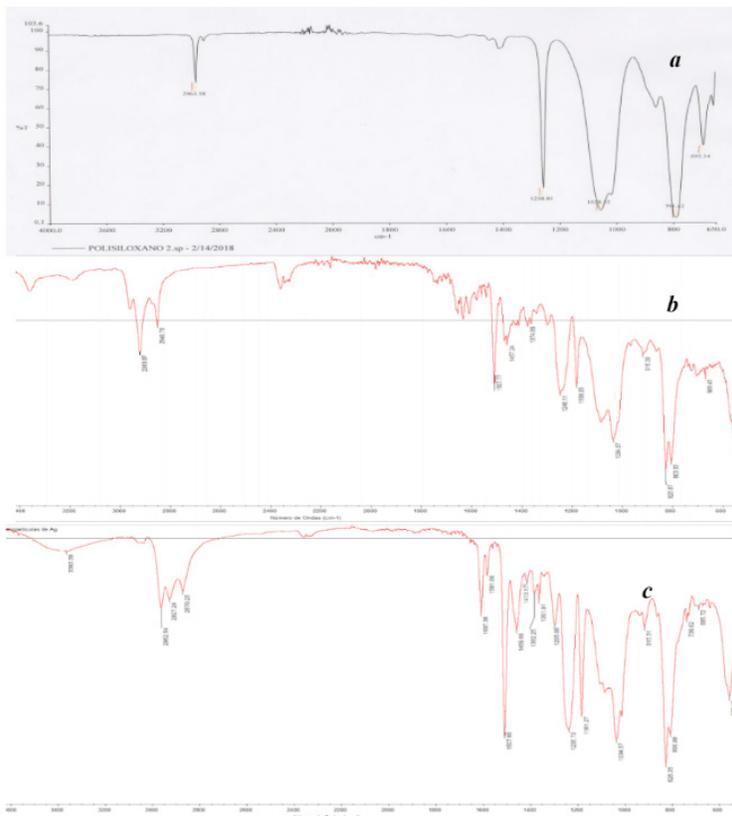


Figura N° 6: a) Espectro FTIR del polisiloxano, b) Espectro FTIR del Polisiloxano epóxico, c) Espectro FTIR del polisiloxano epóxico funcionalizado con nanopartículas de plata.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 6 (a) correspondiente al espectro FTIR del polisiloxano se observa que en la región de 1258.88 cm^{-1} aparecen las deformaciones simétricas correspondientes al dimetilo. A $1000 - 1100\text{ cm}^{-1}$ aparece una doble banda correspondiente a cambios en la distancia del enlace Si-O-Si (“stretching”) y a 792.10 cm^{-1} se observa las bandas correspondientes a modificaciones en el ángulo del enlace CH_3 (“rock”) y los cambios en la distancia del enlace Si-C (“stretching”) con lo que queda confirmado la síntesis del polisiloxano por la presencia de los grupos del siloxano.

En la figura 6 (b) correspondiente al espectro por FTIR del polisiloxano epóxico, se observa el pico del grupo oxirano en la región $970 - 914\text{ cm}^{-1}$, característico del grupo epoxi, el pico en el rango de $1000 - 1100\text{ cm}^{-1}$ se observa una doble banda correspondiente a cambios en la distancia del enlace Si-O-Si (“stretching”), en el pico 803.33 cm^{-1} se observan las bandas correspondientes a modificaciones en el ángulo del enlace CH_3 (“rock”) y a los cambios en la distancia del enlace Si-C (“stretching”) picos característicos del polisiloxano.

En la figura 6 (c) correspondiente al espectro por FTIR del polisiloxano epóxico funcionalizado con nanopartículas de plata, se observa una banda ancha de absorción a 3384 cm^{-1} provocada por la tensión del $-\text{OH}$ proveniente de las moléculas de agua asociadas a la solución de nanopartículas de plata, asimismo se evidencia el pico 1581 cm^{-1} característico de la plata, además de los picos característicos del polisiloxano.

Comparando las Figuras 6 (a), (b) y (c) referidas a los resultados del FTIR de los polisiloxanos, que fueron caracterizados a fin determinar de manera experimental sus principales bandas (correspondientes a los enlaces presentes en su estructura química), y posteriormente determinar el efecto de la funcionalización del polisiloxano con nanopartículas de plata. En todos los casos se observan picos similares entre 792 y 825 cm^{-1} por el estiramiento del enlace Si-C , entre 1000 y 1100 cm^{-1} por el estiramiento del enlace Si-O-Si , entre 1101 y 1258 cm^{-1} debidos al estiramiento del enlace Si-O . También son evidenciadas bandas características para cada uno de ellos: a 914 cm^{-1} corresponde los grupos epoxi ($\text{CH}_2\text{-O-CH-}$), a 1581 cm^{-1} característico de la plata, una banda ancha de absorción a 3384 cm^{-1} por las moléculas de agua asociadas a la solución de nanopartículas de plata.

Seguidamente en la Figura 7 se muestra la caracterización del polisiloxano funcionalizado con nanopartículas de plata en el que se utilizó el analizador termogravimétrico (TGA).

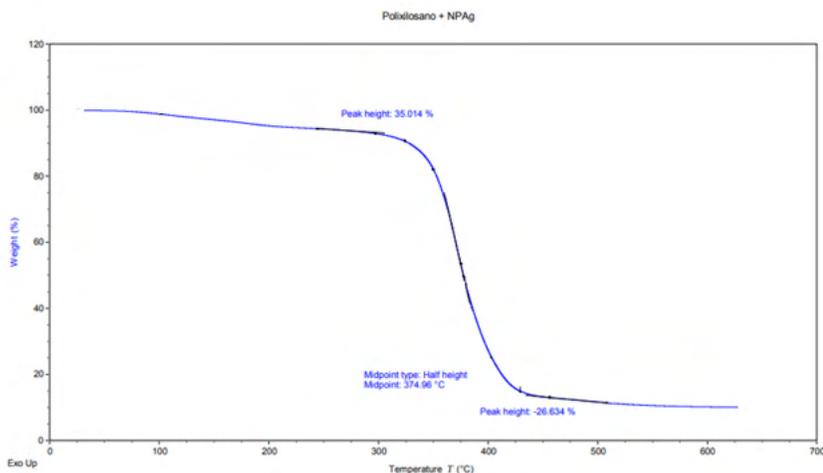


Figura 7: Análisis termogravimétrico del nanocompuesto del polisiloxano con nanopartículas de plata

Fuente: Elaboración propia

La Figura 7 corresponde al Termograma de la degradación térmica del polisiloxano funcionalizado con nanopartículas de plata, se observa que a 374.96°C llega al punto de

fusión y a 630.22 °C la muestra se descompone totalmente, desprendiendo gases, lo que nos indica que la muestra tiene resistencia a la temperatura.

En la caracterización del polisiloxano funcionalizado con nanopartículas de plata por Espectrometría de masas con plasma de acoplamiento inductivamente ICP- MS, se obtuvo 5,2 mg/L de plata, como se observa en la Tabla 4.

N°	ELEMENTO	LECTURA mg/L
1	Aluminio total	0,13
2	Antimonio Total	<0,00005
3	Arsénico Total	0,00004
4	Bario Total	0,0321
5	Berilio Total	<0,00002
6	Bismuto Total	0,00008
7	Boro Total	0,039
8	Calcio Total	0,43
9	Cadmio Total	0,00001
10	Cerio Total	0,00019
11	Cobalto Total	0,00006
12	Cobre Total	0,002
13	Estaño Total	0,00015
14	Estroncio Total	0,0074
15	Fosforo Total	<0,02
16	Hierro Total	0,04
17	Litio Total	0,00058
18	Magnesio Total	0,05
19	Manganeso Total	0,0009
20	Mercurio Total	<0.0005
21	Molibdeno Total	0,00005
22	Níquel Total	0,0004
23	Potasio Total	<0,02
24	Plata Total	5,2
25	Plomo Total	0,0004

Tabla 4: Análisis de ICP-MS en el polisiloxano funcionalizado con nanopartículas de plata

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 4, corresponde a los resultados de ICP-MS, se encontró 5,2 mg/L de plata, confirmando que las nanopartículas de plata se incorporaron en la estructura del polisiloxano.

En la caracterización morfológica del polisiloxano funcionalizado con nanopartículas de plata por SEM-EDX, se observa en la microfotografía del nanocomposito en la Figura 8

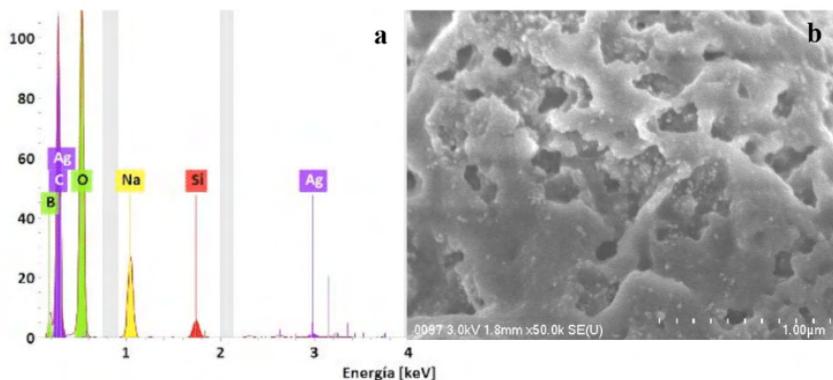


Figura 8: Microscopía Electrónica de barrido del polidimetilsiloxano funcionalizado con nanopartículas de plata: a) Imagen EDX y b) Imagen SEM

Fuente: Elaboración propia

La figura 8 (a) correspondiente a la imagen por Espectroscopía de dispersión de energía (EDX), proporciona información complementaria en cuanto a la composición química de la muestra, se observan diferentes señales que muestran mayor proporción de plata por la presencia de nanopartículas de plata. Las zonas grises: 1, 2, 3, corresponden a zonas sin lecturas.

La figura 8 (b) correspondiente a la microfotografía del PS-NPs-Ag tomada por SEM, presenta una magnificación de las superficies de 10 mil veces, se observa la morfología típica de un gel, siendo las fases más dominantes, en este caso corresponden al gel de polisiloxano funcionalizado con nanopartículas de plata.

4 | CONCLUSIONES

Se obtuvieron nanopartículas de plata por reducción del nitrato de plata AgNO_3 con borohidruro de sodio, las cuales se caracterizaron por espectroscopía UV-visible, presentando un plasmón con un máximo de absorbancia a 400 nm. Se encontró el tamaño hidrodinámico de las NPs-Ag por dispersión de luz dinámica (DLS) el histograma muestra una distribución polidispersa de dos poblaciones de 59.78 nm en un 70% y de 4.33 nm 30%.

Se sintetizó el polisiloxano por el método de hidrolización de clorosilano en agua y éter dietílico luego se funcionalizó el gel con NPs-Ag, el cual se caracterizó el por espectrofotometría infrarroja con transformadas de Fourier (FTIR), en el que se observan picos en la región de $1258,88 \text{ cm}^{-1}$ correspondientes al metilo, a $1000 - 1100 \text{ cm}^{-1}$ un

pico correspondiente al enlace Si-O-Si y una banda a $792,10\text{ cm}^{-1}$ característica de los siloxanos, confirmándose la presencia del polisiloxano, además se evidencia el pico 1581 cm^{-1} característico de la plata.

En la caracterización por Análisis termogravimétrico se observa que a $374,96^{\circ}\text{C}$ llega al punto de fusión y a $630,22\text{ }^{\circ}\text{C}$ se descompone, lo que indica que la muestra tiene resistencia a la temperatura. Por ICP Masas se encontró 5.2 ppm de plata en el gel de polisiloxano funcionalizado con NPs-Ag. Por SEM-EDX, se observa la morfología típica de un gel, por EDX se observan diferentes señales que revelan mayor proporción de plata, por lo que se confirma la presencia de plata en el gel de polisiloxano funcionalizado con NPs-Ag.

AGRADECIMIENTO

Al Proyecto de Investigación Básica y Aplicada IBA-045-2016 – UNSA, titulado: “Funcionalización de un gel de polisiloxano con nanopartículas de plata y su potencial aplicación como recubrimiento para evitar la degradación del sillar (IGNIMBRITA)”.

REFERENCIAS

1. Meléndez Z. Gasca J., Jauregui J., & Amavisca M. (2015). “Polisiloxanos Materiales para aplicaciones de alta tecnología”. México.
2. Vásquez H. (2014). “Uso de Emulsión epóxica de base agua como alternativa ecológica”. Lima. Perú.
3. Gerra J. & Villegas J. (2013) “Síntesis y caracterización de un polisiloxano funcionalizado: Estudio de sus propiedades en un disolvente polar”. México.
4. Echeverri M., Giraldo, L., & López, B. (2007). “Síntesis y funcionalización de nanopartículas de sílica con morfología esférica”. *Scientia et Technica*, 13(36), 169-173. Pereira. Colombia.
5. Gómez Quintero, T., Arroyo Ornelas, M. A., Hernandez Padrón, G., & Acosta Torres, L. S. (2013). “Nanopartículas de plata: Aplicaciones biomédicas”. UNED. España.
6. Hanke B. (2007). Patente N° 2286026. Oficina Española de Patentes y Marcas. Madrid. España.
7. Laksmono J., Haryono A., Handaya A. “Functionality of Polysiloxane in the Attachment of Silver Nanoparticles on Nylon Fiber Surface”. Indonesia. 2014.
8. Lee T. et al. (2016) “Fabrication of a silver particle integrated silicone polymercovered metal stent against sludge and biofilm formation and stentinduced tissue inflammation”. Estados Unidos.
9. Prashant J., & Pradeep T. (2005). “Potential of Silver Nanoparticle-Coated Polyurethane Foam As an Antibacterial Water Filter”. India.

10. Monge M. (2009). "Nanopartículas de plata: métodos de síntesis en disolución y propiedades bactericidas". Dialnet, 33- 41. La Rioja. España.
11. Yeveerino C. (2013). "Síntesis de materiales superhidrófobos mediante la funcionalización de nanopartículas de sílice en hule silicona empleando polimerización aniónica viviente". México.
12. Zornoza-Indart, A., & Lopez-Arce, P. (2016). "Silica nanoparticles (SiO_2): Influence of relative humidity in stone consolidation". Journal of Cultural Heritage (18), 258-270. Estados Unidos.
13. Boumaza, M., Khan, R., & Zahrani, S. (2016). "An experimental investigation of the effects of nanoparticles on the mechanical properties of epoxy coating". Thin Solid Films, 160-164. Crossref Doi. Estados Unidos.
14. Sánchez M. (2017). "Nanopartículas de plata: Preparación, caracterización y propiedades con aplicación en inocuidad de los alimentos". Universidad Nacional de Educación a Distancia. Madrid. España.
15. Portillo D. (2015). "Potencial de Nanopartículas de plata inmovilizadas mediante la técnica de ultrasonido recubiertas en corcho granular como agente microbiano". Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona.

SOBRE OS ORGANIZADORES

FRANCISCO ODÉCIO SALES - Doutorando em Educação (Ensino de Matemática) pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Bacharel em Matemática pela Universidade Federal do Ceará (2008) onde foi monitor de Cálculo Diferencial e Integral (2005) e bolsista de Iniciação Científica (PIBIC) financiado pelo CNPq (2005-2008) desenvolvendo pesquisa na área de Geometria Diferencial, com ênfase em Superfícies Mínimas e Equações Diferenciais Aplicadas. Licenciado Pleno em Matemática pela Universidade Estadual do Ceará (2009). Especialista em Ensino de Matemática pela Universidade Estadual do Ceará (2015). Mestre em Matemática pela Universidade Estadual do Ceará (2019). Especialista em Docência na Educação Profissional, Científica e tecnológica pelo Instituto Federal do Ceará (2020). Foi professor da rede pública estadual do Ceará entre 2009 e 2019, atuando no magistério do ensino fundamental e médio. Atuou entre 2013 e 2016 como Assessor Pedagógico na Secretaria de Educação do Ceará (SEDUC/CE) onde coordenou projetos relacionados a educação Financeira, Educação Fiscal, Educação Científica e Formação de Professores. Representou o Ceará nas reuniões iniciais para implementação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) na área de Matemática. Professor tutor da Universidade Aberta do Brasil (UAB/IFCE) desde de 2010 atuando na Licenciatura Plena em Matemática. Atualmente é Professor de Educação Básica, técnica e tecnológica (EBTT) do Instituto Federal do Ceará (IFCE) atuando nas licenciaturas em Matemática e Física. Tem experiência na área de Matemática, com ênfase em Geometria Diferencial. Coordena o Polo Olímpico de Treinamento Intensivo (POTI) de Crateús e o Projeto de Intervenção em Matemática (PIM). Atua nas seguintes frentes de pesquisa: Superfícies Mínimas, Geometria não euclidiana, Olimpíadas de Matemática e Equações Diferenciais Aplicadas. É membro do Laboratório de Ensino de Ciências Naturais, Matemática e Música (IFCE Campus Crateús), do Grupo de Pesquisa em Matemática e Educação Matemática do IFCE e Professor Coordenador do Grupo de Pesquisa e Estudos em Ensino de Matemática do Ceará - GEPEMAC (em reconhecimento pelo CNPq). Orientador de Graduação e pós graduação (Monografia e TCC). Membro do corpo editorial das editoras Atena, DINCE e InVivo e da Revista Clube dos Matemáticos. Autor de livros na área de Matemática e Educação.

HUDSON DE SOUZA FELIX - Mestre em Matemática (PROFMAT) pela UFC, atualmente docente efetivo do IFCE. Ex docente da rede pública do Ceará, tendo atuado como professor de escolas militares, como também tendo uma vasta atuação pela Universidade Aberta do Brasil - EAD/UFC. Atualmente no IFCE tem realizado um trabalho nos campos da Álgebra, Análise e Geometria.

RAMOM SANTANA REBOUÇAS - Mestre em Matemática pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) com trabalho final desenvolvido na área de otimização, abordando problemas de roteamento de veículo e Licenciado em Matemática pelo Instituto Federal do Ceará (IFCE) onde apresentou o TCC na área de Geometria Algébrica. Atuou como professor de Matemática nos cursos de Engenharia da UFC, nos anos de 2017 e 2018 e, atualmente,

é professor efetivo do IFCE campus Crateús onde coordena o curso de Licenciatura em Matemática desde Março de 2020.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Acercamiento normalizado de la base de datos 25

Actitud 1, 3, 6, 13, 15, 17, 18, 19, 21, 22, 23

Antimicrobiano 34, 35, 36, 37, 38, 39, 41, 153

B

Burnout docente 1, 7

C

Cálculo vectorial 103, 105

Cero papel 43, 45, 48

Compromiso docente 1, 3, 6, 7, 12

Creencias 15, 16

Criba 70, 75, 77, 80

Cuasiresonancia 58, 66, 67, 68

Curvas planas 103

E

Ecuaciones diferenciales 58, 68, 69

Educational experiment 81

Escala 6, 7, 12, 15, 18, 19, 22, 23, 24, 138, 141, 144, 148

F

Firmas digitales 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50

G

Geometry 81, 86

H

Heterocíclica 112

Hidrogel 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40

I

Irracional 58

Isolated pentagon rule 106

L

Laboratory experiment 81

M

Matemática 16, 24, 68, 71, 80, 81, 105, 137, 138, 139, 140, 141, 144, 146, 148, 149, 150, 168, 169

Medio ambiente 36, 43, 44, 45, 48, 112, 115, 118

Modelado interacciones 25

Motivación hacia la enseñanza 1

Musica 149

N

Nonclassical fullerene 106

Números afortunados de Euler 70, 71, 72

Números primos 70, 71, 72, 73, 74, 76, 78, 79, 80, 139

O

Optical geometry 81

Oscilador mecánico 58, 59

P

Plasma 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 152, 159, 164

Polinomios 70, 71, 72

Q

Química verde 112, 113, 115, 116, 117, 118, 119

Quitosano 34, 36, 37, 38, 39, 40, 41

R

Reacción de maillard 113

Requerimientos tempranos 25

S

Schlegel diagram 106

Seguridad 17, 18, 20, 21, 43, 45, 47, 48, 49, 50, 115

Señal de excitación 58, 59, 60, 62, 63, 65

Superficies 36, 103, 165

T

Teoría musical 137, 138, 139, 140, 141, 144, 146, 148

U

UML 25, 26, 28

V

Vocación científica 1, 14

CIENCIAS EXACTAS Y DE LA TIERRA:

Observación, formulación y predicción

2

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

CIENCIAS EXACTAS Y DE LA TIERRA:

Observación, formulación y predicción

2

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 