

# 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-Não-Derivativos 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](http://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 APORTE 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>

<b>CAPÍTULO 12.....</b>	<b>106</b>
UNA INTRODUCCIÓN A LA MODELACIÓN DE FULLERENOS	
Francisco Javier Sánchez-Bernabe	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.83722170512">https://doi.org/10.22533/at.ed.83722170512</a>	
<b>CAPÍTULO 13.....</b>	<b>112</b>
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	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.83722170513">https://doi.org/10.22533/at.ed.83722170513</a>	
<b>CAPÍTULO 14.....</b>	<b>120</b>
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	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.83722170514">https://doi.org/10.22533/at.ed.83722170514</a>	
<b>CAPÍTULO 15.....</b>	<b>137</b>
RELAÇÃO ENTRE MATEMÁTICA E MÚSICA: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA	
Antonia Alana Claudino Sousa	
Francisco Odecio Sales	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.83722170515">https://doi.org/10.22533/at.ed.83722170515</a>	
<b>CAPÍTULO 16.....</b>	<b>151</b>
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	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.83722170516">https://doi.org/10.22533/at.ed.83722170516</a>	
<b>SOBRE OS ORGANIZADORES .....</b>	<b>168</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>	<b>170</b>

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

Data de aceite: 02/05/2022

### Claudia Gabriela Cuellar Gaona

Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Autónoma de Coahuila  
Saltillo, Coahuila, México  
ORCID: 0000-0002-1173-0055

### María Cristina Ibarra Alonso

Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Autónoma de Coahuila  
Saltillo, Coahuila, México  
ORCID: 0000-0002-5719-8164

### Miriam Desireé Dávila Medina

Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Autónoma de Coahuila  
Saltillo, Coahuila, México  
ORCID: 0000-0001-8897-0375

### Aidé Sáenz Galindo

Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Autónoma de Coahuila  
Saltillo, Coahuila, México  
ORCID: 0000-0001-7554-7439

### Rosa Idalia Narro Céspedes

Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Autónoma de Coahuila  
Saltillo, Coahuila, México  
ORCID: 0000-0002-3559-1520

**RESUMEN:** Los hidrogeles son materiales blandos muy versátiles que pueden contener gran contenido de agua en su interior sin deformar su estructura. Se pueden obtener a partir de diferentes polímeros tanto sintéticos como

naturales. Dentro de los polímeros naturales más utilizados se encuentra el quitosano, el alginato, ácido hialurónico y colágeno. Los hidrogeles son capaces de servir como apósitos en heridas con el fin de mantener un ambiente húmedo en la herida y como vehículo para la entrega de agentes terapéuticos, entre otros. El objetivo de este trabajo fue evaluar cualitativamente la capacidad antimicrobiana de un hidrogel de quitosano cargado con extracto de romero (*Rosmarinus officinalis*) y modificado superficialmente por tecnología de plasma a diferentes potencias, utilizando aire como recurso. Se sembraron las cepas *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli* en placas de agar nutritivo seguido de la colocación de los hidrogeles, se incubaron durante 24 horas para analizar la zona de inhibición. Los hidrogeles presentaron evidentes halos de inhibición contra las cepas patógenas utilizadas, por lo que podrían ser prometedoras herramientas para ser utilizados como apósitos antimicrobianos para heridas.

**PALABRAS CLAVE:** Hidrogel, quitosano, plasma, antimicrobiano.

### ENSAIO ANTIMICROBIANO DE HIDROGÉIS DE QUITOSANA CARREGADOS COM EXTRATO DE ALECRIM (*ROSMARINUS OFFICINALIS*) E MODIFICADOS POR TECNOLOGIA DE PLASMA

**RESUMO:** Os hidrogéis são materiais macios muito versáteis que podem conter um grande teor de água em seu interior sem deformar sua estrutura. Podem ser obtidos a partir de diferentes polímeros, sintéticos ou naturais.

Entre los polímeros naturales más utilizados están quitosana, alginato, ácido hialurónico e colágeno. Los hidrogéis son capaces de servir como curativos para mantener un ambiente húmedo de la herida e como vehículo para la entrega de agentes terapéuticos, entre otros. El objetivo de este trabajo fue evaluar cualitativamente la capacidad antimicrobiana de un hidrogel de quitosana cargado con extracto de alecrim (*Rosmarinus officinalis*) e modificado superficialmente por tecnología de plasma en diferentes potencias, utilizando el aire como recurso. Las cepas de *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli* fueron sembradas en placas de agar nutriente seguido de la colocación de hidrogéis, incubados por 24 horas para análisis de la zona de inhibición. Los hidrogéis presentaron evidentes halos de inhibición contra las cepas patógenas utilizadas, pudiendo ser herramientas promisoras para ser utilizadas como curativos antimicrobianos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Hidrogel, quitosana, plasma, antimicrobiano.

### ANTIMICROBIAL ASSAY OF CHITOSAN HYDROGELS LOADED WITH ROSEMARY EXTRACT (*ROSMARINUS OFFICINALIS*) AND MODIFIED BY PLASMA TECHNOLOGY

**ABSTRACT:** Hydrogels are very versatile materials that can contain a large content of water inside without deforming their structure. They can be obtained from different polymers, synthetic or natural. Among the most used natural polymers are chitosan, alginate, hyaluronic acid, and collagen. Hydrogels are capable of serving as wound dressings to maintain a moist wound environment and as a vehicle for the delivery of therapeutic agents, among others. The objective of this work was to qualitatively evaluate the antimicrobial capacity of a chitosan hydrogel loaded with rosemary extract (*Rosmarinus officinalis*) and superficially modified by plasma technology at different powers, using air as a resource. *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* strains were seeded on nutrient agar plates followed by placement of hydrogels, incubated for 24 hours to analyze the zone of inhibition. The hydrogels presented evident inhibition halos against the pathogenic strains used, so they could be promising tools to be used as antimicrobial wound dressings.

**KEYWORDS:** Hydrogel, chitosan, plasma, antimicrobial.

## 1 | INTRODUCCIÓN

La piel es el órgano más grande del cuerpo, compuesto por varias capas de células, y sirve como la primera barrera contra lesiones y patógenos (Patarroyo et al. 2022). Las heridas en la piel representan uno de los principales problemas sanitarios. La causa principal del cierre fallido en una herida es la propagación de una gran cantidad de bacterias en el sitio de la herida, que promueven la formación de biopelículas (Laurano et al. 2021). Además, la resistencia a agentes farmacéuticos es actualmente un gran desafío, ya que su uso ha sido excesivo e inadecuado, provocando la aparición de numerosas cepas microbianas resistentes. Una de las bacterias más comunes en las heridas y generadora de abscesos es el *Staphylococcus aureus*, ya que muestra diferentes mecanismos de resistencia, por lo que su eliminación es un reto diario. Sin embargo, innovadores sistemas de administración de fármacos a base de polímeros pueden ofrecer soluciones potenciales (Hemmingsen y

Col., 2021). Debido a que la regeneración de la piel y la cicatrización de heridas involucra varios procesos biológicos complejos que intentan restaurar la función de barrera de la piel, los procesos de cicatrización se retrasan o alteran especialmente en aquellos pacientes con inflamación crónica o cuando la herida está infectada (Rivero-Buceta et al. 2020).

Un hidrogel se define como un material polimérico que tiene la capacidad de retener grandes cantidades de agua en su interior sin disolver la red polimérica reticulada. Los hidrogeles se usan en diversas aplicaciones desde vendajes para heridas, sistemas de liberación de fármacos, o andamios para ingeniería de tejidos (Wang et al. 2022). Se pueden preparar utilizando diversos polímeros y diferentes técnicas (Alcântara et al. 2020). Entre los polímeros naturales más utilizados se encuentran el quitosano alginato, ácido hialurónico, gelatina, entre otros. El quitosano es un polisacárido no tóxico, es biodegradable, biocompatible, y antimicrobiano; ampliamente usado en hidrogeles, con la ventaja de tener propiedades mejor controladas, incluida resistencia mecánica (Lu y Col., 2020). (Wang et al. 2021). Los hidrogeles de quitosano son una herramienta novedosa para ser utilizados como apósitos para heridas ya que han servido principalmente como sistemas de administración de fármacos (Tran y Col., 2020).

El tratamiento con plasma se puede utilizar en varios tipos de objetivos, ya sean sólidos o líquidos. Estas modificaciones pueden cambiar las características físicas de la superficie (Busco et al. 2020). Esta tecnología se puede realizar a baja presión o presión atmosférica. Además del bajo costo energético, el plasma es una técnica asequible porque no requiere una costosa cámara de reacción para regular las condiciones de presión y temperatura (Rashid, Bao et al. 2020) y no produce residuos tóxicos (Zhu, Li et al. 2020). Es muy utilizado para la modificación y funcionalización de polímeros porque tiene capacidades probadas para modular la humectabilidad y la rugosidad de la superficie (Bao, Reddivari et al. 2020, Li, Liu et al. 2020). Otra de las ventajas de la modificación con plasma es que no requiere utilizar estabilizadores, como en los procesos clásicos, por lo que son seguros para el medio ambiente, además, las superficies que se obtienen son uniformes y reproducibles, por otro lado, se pueden utilizar una gran variedad de gases y monómeros (Akdoğan and Şirin 2021), con el fin de obtener las características superficiales específicas deseadas. Los plasmas gaseosos a baja presión son ampliamente utilizados en la investigación de biomateriales, ya que la descarga es más estable y las reacciones del plasma se pueden controlar más fácilmente. Dependiendo de la interacción entre la superficie del sustrato y el plasma a baja presión o a presión atmosférica, pueden ocurrir diferentes procesos, como activación de superficies, polimerización, grabado o erosión por plasma. En el tratamiento con plasma, los gases como argón, helio y nitrógeno, se utilizan para anclar grupos funcionales en las superficies y con el fin de mejorar la adhesión de las superficies, con otra capa polimérica, para injertar polímeros al sustrato, o para inducir hidrofiliidad superficial (Sundriyal, Sahu et al. 2021). Esta tecnología se puede utilizar también para lograr actividad antimicrobiana en las superficies. Los grupos funcionales o

radicales libres de la superficie creados con el tratamiento con plasma, sirven como puntos de anclaje para injertar agentes antibacterianos como antibióticos o, enzimas que disuelven biopelículas, entre otros (Akdoğan and Şirin 2021).

El objetivo de este estudio fue analizar cualitativamente la capacidad antimicrobiana de hidrogeles de quitosano cargados con extracto de romero (*Rosmarinus officinalis*) a diferentes concentraciones y modificados por tecnología de plasma frío a tres diferentes frecuencias: 100, 150 y 200 W.

## 2 | MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Materiales

Los reactivos para la síntesis del hidrogel se adquirieron en Sigma Aldrich y se utilizaron sin tratamiento adicional; quitosano de alto peso molecular (quitina desacetilada, poli (D-glucosamina)), ácido acético glacial ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ , 99.98%) e hidróxido de sodio (NaOH). El extracto de *Rosmarinus officinalis* se obtuvo por radiación ultrasónica a una frecuencia de 40 a 60 kW durante 60 min. Las cepas bacterianas *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli* fueron proporcionadas por el laboratorio de microbiología de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Coahuila.

### 2.2 Síntesis de hidrogeles de quitosano con extracto de *Rosmarinus Officinalis*

Los hidrogeles se prepararon utilizando 3% de quitosano disuelto en ácido acético glacial al 2%, en agitación constante durante un periodo de 2 h y a una temperatura de 60 °C. Se prepararon hidrogeles a diferentes concentraciones de extracto de *Rosmarinus officinalis* (0.001, 0.005 y 0.01 mg/mL), el extracto se agregó transcurridas las 2 horas de agitación del quitosano. Se vació la solución en una placa celular de 24 pocillos y se ajustó el pH a 7 con NaOH 0.1 M. Se incubaron durante 24 horas a 37 °C. Posteriormente, se dejaron secar para realizar la modificación con plasma de radiofrecuencia a 13.56 MHz, utilizando aire como recurso, los tratamientos se realizaron a 100, 150 y 200 W, a una presión de  $4.5 \times 10^{-1}$  mbar durante 30 minutos. El hidrogel blanco no contenía extracto de *Rosmarinus officinalis*, ni sufrió modificación por plasma.

### 2.3 Ensayo antimicrobiano

Las cepas bacterianas se activaron en caldo nutritivo por una semana. Se realizaron diluciones seriales con agua destilada estéril, donde se agregó 1 mL del caldo nutritivo con cada cepa activada a 9 mL de agua destilada. Se tomó el tercer tubo de las diluciones para sembrar las bacterias en placas. Se prepararon placas con agar nutritivo, y se vaciaron 200  $\mu\text{L}$  de la tercera dilución en el centro de la placa, la cual se esparció de manera uniforme en toda la placa. Seguido a esto, se colocaron los hidrogeles secos, previamente esterilizados por radiación ultravioleta. Se incubaron a 37 °C durante 24 horas para analizar el área de

inhibición de cada placa.

### 3 | RESULTADOS Y DISCUSIONES

Se sintetizaron hidrogeles a diferentes concentraciones de extracto de romero (*Rosmarinus officinalis*) (0.001, 0.005 y 0.01 mg/mL). Cada hidrogel fue secado y modificado por tecnología de plasma utilizando diferentes potencias (100, 150 y 200 W). Posterior a la modificación, se realizó el ensayo cualitativo antimicrobiano a los hidrogeles. La Tabla 1 muestra las diferentes nomenclaturas para los hidrogeles obtenidos.

Nomenclatura del hidrogel	Potencia aplicada para la modificación con plasma (W)	Concentración de extracto de romero ( <i>Rosmarinus officinalis</i> ) (mg/mL)
Blanco	---	---
a	100	0.001
b	150	0.001
c	200	0.001
d	100	0.005
e	150	0.005
f	200	0.005
g	100	0.010
h	150	0.010
i	200	0.010

\*--- Sin modificación con plasma y sin extracto de *Rosmarinus officinalis*

Tabla 1. Nomenclatura de los diferentes hidrogeles sintetizados

En este ensayo cualitativo, se observó que el extracto de *Rosmarinus officinalis* posee actividad antibacteriana contra la cepa *Staphylococcus aureus*. Todas las placas donde se inoculó la cepa *Staphylococcus aureus*, presentaron halo de inhibición con los hidrogeles cargados a diferentes concentraciones de extracto de *Rosmarinus officinalis* que se evaluaron (Figura 1). En los hidrogeles a, b, d y e, se observó una inhibición abundante (+++), en comparación con los hidrogeles g y h, que tenían una mayor concentración y los cuales presentaban una inhibición intermedia (++) . Los resultados también mostraron que al modificar con plasma los hidrogeles, a una potencia de 200 W, la inhibición aumentaba, por lo que los hidrogeles c, f, e i presentaron una inhibición abundante (+++), ya que el halo de inhibición fue muy evidente. Mientras que el blanco no presentaba inhibición contra la cepa *Staphylococcus aureus*. Hernández y Col., en 2011, evaluaron películas de quitosano, sin adición de extractos naturales (blanco) contra la cepa *Staphylococcus aureus* y no exhibieron zona de inhibición contra la cepa probada, mencionan que independientemente del efecto antimicrobiano del quitosano, esta actividad ocurre sin la migración de agentes



activos y que el quitosano no se difunde a través del agar, por lo tanto, solo produce inhibición en contacto directo con los sitios activos del quitosano (Hernández et al., 2011). El extracto de *Rosmarinus officinalis* posee compuestos fenólicos como el ácido rosmarínico y el ácido caféico; y diterpenos tricíclicos que le otorgan la propiedad antimicrobiana. El efecto antimicrobiano del quitosano, posiblemente se debe a la interacción de grupos  $\text{NH}_3^+$ , que provocan la lisis celular en membranas con carga negativa, como es el caso de las bacterias gram positivas, que tienen carga negativa por la presencia de ácidos teicoicos en su pared celular, aunado a esto, el tratamiento con plasma ayuda a la injercción de grupos aminados en el hidrogel de quitosano, que posiblemente potencializan este efecto (Campo Vera, Delgado et al. 2017).

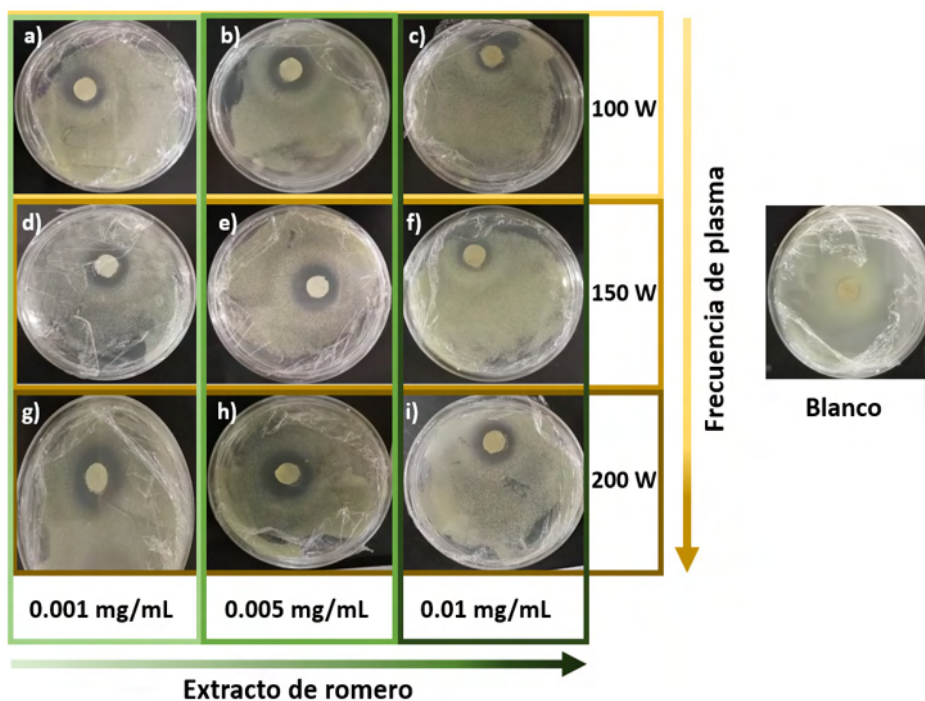


Figura 1. Halos de inhibición de los hidrogel de quitosano cargados con diferentes concentraciones de extracto de romero (*Rosmarinus officinalis*) contra la cepa *Staphylococcus aureus*.

Las placas que fueron inoculadas con la cepa *Escherichia coli*, también presentaron halo de inhibición (Figura 2), pero la inhibición no fue tan evidente en comparación con la inhibición presentada para *Staphylococcus aureus*. Los hidrogel modificados a una potencia de 100 y 150 W tuvieron una ligera inhibición (+). Mientras que los hidrogel modificados a 200 W, en las tres diferentes concentraciones de extracto de *Rosmarinus officinalis* presentaron una inhibición intermedia (++). El hidrogel blanco no presentó inhibición contra la cepa *Escherichia coli*. El efecto del plasma está provocando un

incremento en la actividad antimicrobiana del quitosano y del extracto de *Rosmarinus officinalis*, las bacterias gram positivas son más sensibles a los compuestos antimicrobianos del quitosano y del extracto de *Rosmarinus officinalis* que las gram negativas, debido posiblemente a las diferencias estructurales de las bacterias, la pared de las bacterias gram negativas contiene una membrana externa con un alto porcentaje de lípidos, que protege la integridad de la pared celular (Campo Vera, Delgado et al. 2017).

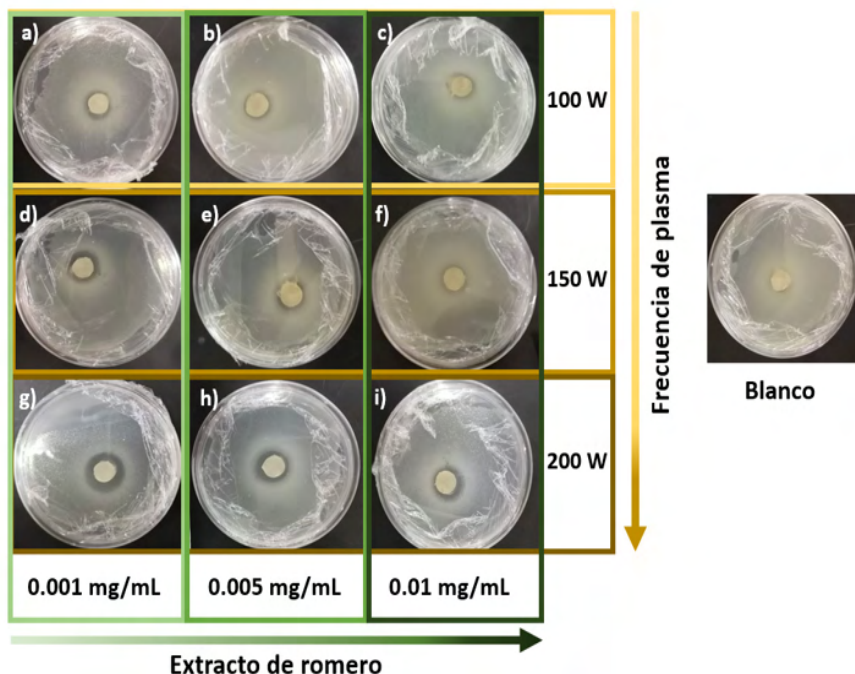


Figura 2. Halos de inhibición de los hidrogeles de quitosano cargados con diferentes concentraciones de extracto de romero (*Rosmarinus officinalis*) contra la cepa *Escherichia coli*.

#### 4 | CONCLUSIONES

Se puede concluir que es posible obtener hidrogeles de quitosano cargados con extracto de *Rosmarinus officinalis* con potencial actividad antimicrobiana, esto gracias a los halos de inhibición presentados en las placas de agar nutritivo.

Se encontró que la mejor actividad antimicrobiana fue contra la bacteria patógena *Staphylococcus aureus*, ya que presentó abundante inhibición, aunque al aumentar la concentración de extracto de *Rosmarinus officinalis*, no se observó mayor inhibición, como se esperaba.

En los ensayos para ambas cepas, la zona de inhibición aumentó conforme se incrementó la potencia de modificación de los hidrogeles con tecnología de plasma. Se concluye que esta tecnología permite que el hidrogel obtenga mejores propiedades

antimicrobianas por lo que los hidrogeles podrían utilizarse como novedosas herramientas para el tratamiento de heridas y/o abscesos y la tecnología de plasma utilizarse para potencializar las propiedades antimicrobianas de los materiales.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), por la beca otorgada a Claudia Gabriela Cuéllar Gaona, con número de CVU 618041, para sus estudios doctorales.

## REFERENCIAS

- Akdoğan, E. and H. T. Şirin “**Plasma surface modification strategies for the preparation of antibacterial biomaterials: A review of the recent literature.**” *Materials Science and Engineering: C* 131: 112474. 2021
- Alcántara, M. T. S., N. Lincopan, P. M. Santos, P. A. Ramirez, A. J. C. Brant, H. G. Riella, and A. B. Lugão. ‘**Simultaneous hydrogel crosslinking and silver nanoparticle formation by using ionizing radiation to obtain antimicrobial hydrogels**’, *Radiation Physics and Chemistry*, 169: 108777. 2020
- Bao, Y., et al. “**Enhancement of phenolic compounds extraction from grape pomace by high voltage atmospheric cold plasma.**” *LWT* 133: 109970. 2020
- Busco, G., Robert, E., Chettouh-Hammas, N., Pouvesle, Jean-Michel Grillon, C. “**The emerging potential of cold atmospheric plasma in skin biology.**” *Free Radical Biology and Medicine* 161: 290-304. 2020
- Campo Vera, Y., Delgado, M.A., Roa, Y., Mora, G. “**Efecto antimicrobiano del quitosano y cascara de naranja en el tratamiento de aguas residuales**” *J Revista de Investigaciones Altoandinas*. 19: 381-388. 2017
- Hemningsen, L.; Giordani, B.; Pettersen, A.; Vitali, B.; Basnet, P.; Skalko-Basnet, N. **Liposomes-in-chitosan hydrogel boosts potential of chlorhexidine in biofilm eradication in vitro.** *Carbohydrates Polymers*. 117939. 2021
- Hernández-Ochoa, L., Gonzales-Gonzales, A., Gutiérrez-Mendez, N., Muñoz-Castellanos, L.N., Quintero-Ramos, A. (2011). “**Estudio de la actividad antibacteriana de películas elaboradas con quitosano a diferentes pesos moleculares incorporando aceites esenciales y extractos de especias como agentes antimicrobianos**” *J Revista mexicana de ingeniería química*. 10: 455-463. 2011
- Laurano, Rossella, Valeria Chiono, Chiara Ceresa, Letizia Fracchia, Alice Zoso, Gianluca Ciardelli, and Monica Boffito. ‘**Custom-design of intrinsically antimicrobial polyurethane hydrogels as multifunctional injectable delivery systems for mini-invasive wound treatment**’, *Engineered Regeneration*, 2: 263-78. 2021
- Li, K., Liu, G., Wang, C., Li, K., Sun, X., Song, X., Ning, P. “**Acidic and basic groups introducing on the surface of activated carbon during the plasma-surface modification for changing of COS catalytic hydrolysis activity.**” *Catalysis Communications* 144: 106093. 2020

Lu, T. ; Huang, W. **Effect of Varied Hair Protein Fractions on the Gel Properties of Keratin/Chitosan Hydrogels for the Use in Tissue Engineering.** *Colloids and surfaces B: Biointerfaces.* 195: 111258. 2020

Patarroyo, Jorge Luis, Javier Cifuentes, Laura N. Muñoz, Juan C. Cruz, and Luis H. Reyes. **'Novel antibacterial hydrogels based on gelatin/polyvinyl-alcohol and graphene oxide/silver nanoconjugates: formulation, characterization, and preliminary biocompatibility evaluation'**, *Heliyon*, 8: e09145. 2022

Rashid, F., et al. **"Effect of high voltage atmospheric cold plasma on extraction of fenugreek galactomannan and its physicochemical properties."** *Food Research International* 138: 109776. 2020

Rivero-Buceta, Virginia, María Rosa Aguilar, Ana María Hernández-Arriaga, Francisco G. Blanco, Antonia Rojas, Marta Tortajada, Rosa Ana Ramírez-Jiménez, Blanca Vázquez-Lasa, and Auxiliadora Prieto. **'Anti-staphylococcal hydrogels based on bacterial cellulose and the antimicrobial biopolyester poly(3-hydroxy-acetylthioalkanoate-co-3-hydroxyalkanoate)'**, *International Journal of Biological Macromolecules*, 162: 1869-79. 2020

Sundriyal, P., Sahu, M., Prakash, O., Bhattacharya, S. **"Long-term surface modification of PEEK polymer using plasma and PEG silane treatment."** *Surfaces and Interfaces* 25: 101253. 2021

Tran, D. L.; Le Thi, P.; Thai, H.; Ki, P. **Progress in natural Science.** *Materials International.* 2020

Wang, Li, Govindasami Periyasami, Ali Aldalbahi, and Vincenzo Fogliano. **'The antimicrobial activity of silver nanoparticles biocomposite films depends on the silver ions release behaviour'**, *Food Chemistry*, 359: 129859. 2021

Wang, Luyao, Qingbo Wang, Anna Slita, Oskar Backman, Zahra Gounani, Emil Rosqvist, Jouko Peltonen, Stefan Willför, Chunlin Xu, Jessica M. Rosenholm, and Xiaoju Wang. **'Digital light processing (DLP) 3D-fabricated antimicrobial hydrogel with a sustainable resin of methacrylated woody polysaccharides and hybrid silver-lignin nanospheres†'**, *Green Chemistry*, 24: 2129-45. 2022

Zhu, Y., Chen, Zhi P., Hong, Zhan P., Zhang, L., Liang, X., Li, Y., Duan, X., Luo, H., Peng, J., Guo, J. **"Feasibility of cold plasma for the control of biofilms in food industry."** *Trends in Food Science & Technology* 99: 142-151. 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](http://www.atenaeditora.com.br) 

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

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

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 




# CIENCIAS EXACTAS Y DE LA TIERRA:

Observación, formulación y predicción

# 2

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br) 

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

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

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 