

O ensino e a pesquisa em **QU** **MICA**

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)

2


Atena
Editora
Ano 2021

O ensino e a pesquisa em **QU** **MICA**

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)

2


Atena
Editora
Ano 2021

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes editoriais

Natalia Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 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 Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Profª Drª Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Arnaldo Oliveira Souza Júnior – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof. Dr. Humberto Costa – Universidade Federal do Paraná
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. José Luis Montesillo-Cedillo – Universidad Autónoma del Estado de México
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Miguel Rodrigues Netto – Universidade do Estado de Mato Grosso
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Rio de Janeiro
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro – Universidade do Vale do Sapucaí
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie
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 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
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 Gonçalves de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Edna Alencar da Silva Rivera – Instituto Federal de São Paulo
Profª Drª Fernanda Tonelli – Instituto Federal de São Paulo,
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Profª Drª Miraniilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Diagramação: Camila Alves de Cremona
Correção: Giovanna Sandrini de Azevedo
Indexação: Gabriel Motomu Teshima
Revisão: Os autores
Organizador: Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E59 O ensino e a pesquisa em química 2 / Organizador
Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. - Ponta Grossa -
PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-423-5

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.235213108>

1. Química - Estudo e ensino. I. Paniagua, Cleiseano
Emanuel da Silva (Organizador). II. Título.

CDD 540.7

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

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

O e-book: “O ensino e a pesquisa em química” volume II é constituído por quinze capítulos de livro que foram reunidos em três grandes áreas temáticas, a saber: *i)* química analítica: determinação, otimização e validação; *ii)* desenvolvimento de adsorventes e catalisadores para remoção de diferentes classes de contaminantes e aplicação industrial e *iii)* temas diversos.

A primeira temática é constituída por seis capítulos e apresentam diversos estudos, entre os quais: *i)* determinação quantitativa de glicazida em comprimidos e os problemas provenientes do uso de comprimidos pelo sistema de partição não homogêneo; *ii)* a determinação de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs) empregando-se a técnica de voltametria; *iii)* a validação de um sistema fotocolorímetro em análises para o ensino de química na Universidade Tecnológica de Gutiérrez Zamora na cidade de Vera Cruz no México; *iv)* a importância da otimização para melhor entendimento dos estudos cinéticos em uma reação de hidroalogenação; *v)* a triagem fitoquímica e análise de propriedades antioxidantes e *vi)* avaliação de estruturas metálicas orgânicas como fase estacionária em Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (HPLC).

A segunda temática é composta por cinco capítulos e apresentam: estudo de revisão que demonstram: *i)* o potencial de extração de fósforo em efluentes líquidos; *ii)* estudo de Montmorilonita como potencial adsorvente e aplicação em sistemas de fluxo contínuo e *iii)* avaliação e estudo de diferentes catalisadores para remoção de inúmeras classes de poluentes em matrizes aquáticas e reforma do etanol com vapor d’água.

Por fim, a terceira temática que apresenta quatro diferentes estudos que contemplam a corrosão obtida por pulverização de gás frio, a importância e utilização de supressores de poeira na mineração, preparação de nanopartículas poliméricas enriquecidas com óleos essenciais poliméricas e estudo de revisão das propriedades químicas da série de lantanídeos.

Nesta perspectiva, a Atena Editora vem trabalhando por meio do incentivo de publicações de trabalhos de pesquisadores de todas as regiões do Brasil e de outros países com o intuito de colaborar com a publicação de e-books e, conseqüentemente, sua divulgação de forma gratuita em diferentes plataformas digitais de fácil acesso. Logo, a Atena Editora contribui para a divulgação e disseminação do conhecimento científico gerado dentro de instituições de ensino e pesquisa e que pode ser acessado de qualquer lugar e em tempo real por qualquer pessoa interessada na busca pelo conhecimento.

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua


SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

DETERMINAÇÃO QUANTITATIVA DE GLICLAZIDA EM COMPRIMIDOS SULCADOS

Jacqueline Cristinne Guimarães Vidal

Maria Amélia Albergaria Estrela

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2352131081>

CAPÍTULO 2..... 13

DETERMINAÇÃO VOLTAMÉTRICA DE HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS USANDO UM ELETRODO DE PASTA DE CARBONO MODIFICADO COM FTALOCIANINA DE ZINCO

Daniel Jackson Estevam da Costa

Rhayane Silva Rodrigues do Nascimento

Larissa da Silva Pereira

Janete Clair da Silva Santos


Camila Luciana Silva de Mesquita

Fátima Aparecida Castriani Sanches-Brandão

William Farias Ribeiro

Francisco Antonio da Silva Cunha

Mário César Ugulino de Araújo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2352131082>

CAPÍTULO 3..... 25

VALIDACIÓN DE UN FOTOCOLORÍMETRO PARA ANÁLISIS CUANTITATIVOS EN LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA

Raúl Alejandro Limón Hernández

Verónica López Hernández


Fidel Alejandro Aguilar Aguilar

Iriana Hernández Martínez

José Luis Xochihua Juan

Arsenio Sosa Fomperosa

Oscar Enrique Morales Moguel

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2352131083>

CAPÍTULO 4..... 40

OTIMIZAÇÃO NUMÉRICA E ESTUDO CINÉTICO DA REAÇÃO DE HIDROALOGENAÇÃO DO ALFA-PINENO

Vladimir Lavayen

Thágor Moreira Klein

Chádia Schissler

Leticia Antunes Natividade

Alexandre Chagas

Jacqueline Arguello da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2352131084>


CAPÍTULO 5..... 50

TRIAMEN FITOQUÍMICA E ANÁLISE QUALITATIVA DO POTENCIAL ANTIOXIDANTE DOS EXTRATOS FOLIARES DE *Cinnamomum zeylanicum* E *Cinnamomum burmannii*

Ana Francisca Gomes da Silva

Valéria Flávia Batista da Silva

Carolina Lopes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2352131085>

CAPÍTULO 6..... 58

MOFs (METAL ORGANIC FRAMEWORKS) AS A STATIONARY PHASE IN LIQUID CHROMATOGRAPHY (HPLC)


Tamires dos Reis Menezes

Kátilla Monique Costa Santos

Silvia Maria Egues Dariva

Juliana Faccin de Conto Borges

Cesar Costapinto Santana

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2352131086>

CAPÍTULO 7..... 76

POTENCIAL DE EXTRAÇÃO DE FÓSFORO DE EFLUENTES LÍQUIDOS – REVISÃO DE LITERATURA

Luciana Faria Caetano de Souza

Suzana Maria Loures de Oliveira Marcionilio

Ana Carolina Ribeiro Aguiar

Ana Paula Cardoso Gomide

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2352131087>


CAPÍTULO 8..... 84

ESTUDO DE OBTENÇÃO DE MONTMORILONITA POR PRECIPITAÇÃO SEQUENCIAL PARA USO COMO ADSORVENTE PARA SISTEMAS DE FLUXO CONTÍNUO

Kathely Priscila de Souza Trindade

Graciele Vieira Barbosa

Alberto Adriano Cavalheiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2352131088>

CAPÍTULO 9..... 97

OXIDAÇÃO CATALÍTICA DO CORANTE AZUL DE METILENO USANDO NOVOS CATALISADORES Fe₂O₃


Matheus de Araújo Moura

Henrique Rebouças Marques Santos

Márcio Souza Santos

Rennan Noronha de Franca

Alexilda Oliveira de Souza

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2352131089>

CAPÍTULO 10..... 107

AVALIAÇÃO DA SELETIVIDADE DO CATALISADOR FORMADO A PARTIR DO SULFATO DE MAGNÉSIO *in situ* NA PIRÓLISE CATALÍTICA DA BIOMASSA DE MACRÓFITA AQUÁTICA PARA OBTENÇÃO DE BIO-ÓLEO PIROLÍTICO


Júnior da Silva Camargo
Sonia Tomie Tanimoto
Fernando Alves Ferreira
Vitor Vinícius Anjos Bonfim Ribeiro
Regineide de Oliveira Lima
Ricardo Faustino Rits de Barros
José Alfredo Valverde
Layssa Aline Okamura
Paulo Renato dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.23521310810>

CAPÍTULO 11 120

REFORMA DO ETANOL COM VAPOR D' ÁGUA: AVALIAÇÃO DA ATIVAÇÃO PRÉVIA DO CATALISADOR Cu/Ni/Na₂O-Nb₂O₅


Laura dos Santos Costa
Maria Eduarda Bogado dos Santos
Marília de Oliveira Camargo
Marcos de Souza
Isabela Dancini Pontes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.23521310811>

CAPÍTULO 12..... 129

STUDY OF CORROSION AND MECHANISMS OF COATINGS OBTAINED BY COLD GAS SPRAY USING OPEN CIRCUIT POTENTIAL AND MICROSCOPIC ANALYSIS


Fernando Santos da Silva
Sergi Dosta
Assis Vicente Benedetti

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.23521310812>

CAPÍTULO 13..... 144

SUPRESSORES DE POEIRA DE MINERAÇÃO

Stéphane Miranda Francisco
Enio Nazaré de Oliveira Júnior
Ana Maria de Oliveira


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.23521310813>

CAPÍTULO 14..... 156

PREPARATION OF SUB-50 NM POLYMERIC NANOPARTICLES LOADED WITH ESSENTIAL OILS

Hened Saade Caballero

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.23521310814>

CAPÍTULO 15.....	160
QUÍMICA DE LANTANÍDEOS	
Jorge Fernando Silva de Menezes	
Rodrigo Galvão dos Santos	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.23521310815	
SOBRE O ORGANIZADOR.....	192
ÍNDICE REMISSIVO.....	193

CAPÍTULO 3

VALIDACIÓN DE UN FOTOCOLORÍMETRO PARA ANÁLISIS CUANTITATIVOS EN LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA

Data de aceite: 23/08/2021

Raúl Alejandro Limón Hernández

Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora,
P.E. de Química área Industrial
Veracruz, México
<https://orcid.org/0000-0002-3533-1518>

Verónica López Hernández

Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora,
P.E. de Química área Industrial
Veracruz, México
<https://orcid.org/0000-0003-1730-656X>

Fidel Alejandro Aguilar Aguilar

Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora,
P.E. de Química área Industrial
Veracruz, México
<https://orcid.org/0000-0003-3021-1186>

Iriana Hernández Martínez

Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora,
P.E. de Química área Industrial
Veracruz, México
<https://orcid.org/0000-0003-4976-7360>

José Luis Xochihua Juan

Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora,
P.E. de Química área Industrial
Veracruz, México
<https://orcid.org/0000-0002-7796-2131>

Arsenio Sosa Fomperosa

Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora,
P.E. de Química área Industrial
Veracruz, México
<https://orcid.org/0000-0002-1308-5766>

Oscar Enrique Morales Moguel

Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora,
P.E. de Química área Industrial
Veracruz, México
<https://orcid.org/0000-0002-4630-0696>

RESUMEN: Dentro de la química analítica la elaboración de curvas de calibración con espectrofotometría es un tema muy importante debido a su amplio uso en cuantificaciones de analitos. Un colorímetro es un dispositivo que permite determinar la concentración química de un compuesto en una solución, tomando en cuenta la absorción de una parte de la radiación electromagnética en una muestra, al pasar un haz de luz con una longitud de onda (λ) determinada. En el presente proyecto se reporta la construcción de un prototipo de un fotolorímetro construido con materiales de bajo costo y que se validó para muestras acuosas de sulfato de cobre. Las variables de operación son: longitud de onda (λ) de 620 nm, volumen de trabajo de 2 mL y consumo energético de 5 W. Con base a los resultados obtenidos se llegó a la conclusión que el dispositivo es capaz de cuantificar con precisión la cantidad de cobre en agua en dos formas químicas. Por lo que, se podría implementar para análisis de parámetros en contaminación de agua por metales, pudiendo prevenir la descarga de aguas residuales con cobre, que generalmente se encuentra en aguas residuales proveniente de la industria minera, agrícola y manufacturera.

PALABRAS CLAVE: Química, Análisis, Fotolorimetría, Calibración.

VALIDATION OF A PHOTOCOLORIMETER FOR QUANTITATIVE ANALYSIS IN THE TEACHING OF CHEMISTRY

ABSTRACT: Within analytical chemistry the elaboration of calibration curves in spectrophotometry is a very important topic due to its use in analyte quantifications. A colorimeter is a device that allows to determine the chemical concentration of a compound in a solution based on the absorption of a part of the electromagnetic radiation in a sample when the light pass through the sample with a certain wavelength. The present project is about the construction of a prototype of a photocolormeter built with low-cost materials. The device was validated for aqueous samples of copper sulfate. The operating variables of the prototype are: wavelength of 620 nm, volume of 2 mL and energy consumption of 5 W. Based on the results, it was concluded that it is capable of accurately quantifying the amount of copper in water in two chemical forms so it could be implemented for analysis of water pollution parameters as metals that can affect humans since copper is generally found in industrial waters discharged into rivers from the mining, agricultural and manufacturing industries.

KEYWORDS: Chemistry, Analytics, Photocolormetry, Calibration.

1 | INTRODUCCIÓN

La realización de prácticas a nivel laboratorio como actividad académica y fortaleza en el conocimiento que los estudiantes deben de adquirir en distintos programas de ingeniería (química, bioquímica, farmacéutica, etc.) y asociado a las asignaturas de química analítica, química orgánica e inorgánica, análisis instrumental y entre otras, comprenden aspectos imprescindibles de equipamiento en las instalaciones de un laboratorio. Por lo tanto, se tiene que disponer de equipos necesarios para la realización de experimentos e incluso para trabajos relacionado con la investigación científica (García Guerrero, 2005; González y Urzúa, 2012). Tal es el caso, la determinación de la concentración de analitos específicos bajo ciertos límites de detección y cuantificación. Asociado a lo anterior, se llega a requerir de la aplicación de la técnica analítica con espectrofotometría UV-vis y su relación grafica con curvas de calibración, mismos que permiten la determinación de la concentración en una muestra (Chiluiza-Vargas y Piguave-Arámulo, 2012; González y Urzúa, 2012).

No obstante, es evidente que en México diversas Instituciones de Educación Superior (IES) disponen de un presupuesto económico limitado que dificulta la conservación, acceso y equipamiento de los laboratorios en el área de la química para la realización de las actividades antes mencionadas (Ibarguengoitia *et al.*, 2004; González y Urzúa, 2012). En atención a lo anterior, se ha buscado diferentes alternativas que incentiven la construcción de dispositivos específicos para el análisis experimental (García Guerrero, 2005; González y Urzúa, 2012), los cuales pueden estar diseñados a partir de los principios y factores de medición de la cantidad de luz absorbida por una muestra, tal como lo describieron Chiluiza-Vargas y Piguave-Arámulo (2012) y González y Urzúa (2012) en sus propuestas de trabajo, sin dejar de mencionar, el criterio de escalamiento o reglas de similaridad de un equipo de laboratorio comercial (Anaya-Durand y Pedroza-Flores, 2008).

Por tal motivo, el presente trabajo se enfoca en la construcción de un fotocolorímetro básico a escala para la determinación de la concentración de sulfato de cobre (CuSO_4) en solución acuosa. Para su desarrollo, se tuvo en consideración el conocimiento de la química a microescala, al posibilitar la aplicación de técnicas analíticas de bajo costo en el área de la química, sin dejar de contemplar, los fundamentos y la metodología del trabajo experimental tal como se efectuarían a una escala normal de acuerdo a lo establece la química convencional (Amaíz, 2005; García Guerrero, 2005; Abdullah *et al.*, 2007; González y Urzúa, 2012; Navarro *et al.*, 2014). A continuación, en la Figura 1 se describe las diversas ventajas que brinda el acercamiento y aplicación de química a microescala sobre el trabajo experimental (Ibarguengoitia *et al.*, 2004; Baeza, 2006; Navarro *et al.*, 2014):

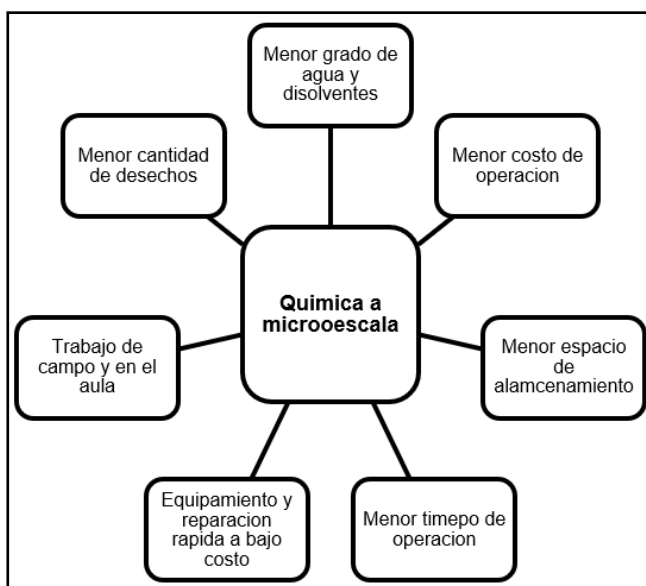


Figura 1. Ventajas de la química a microescala (Baeza, 2006).

La química a microescala incluye la reproducción y desarrollo de técnicas analíticas convencionales (experimentos a macroescala) empleando materiales genéricos en miniatura (jeringas y puntas de plástico desechables, minas de carbón, alambres de cobre, acrílico, multímetros, etc.) que pueden cumplir con la función de un instrumento de laboratorio habitual en el área de la química e incluso disminuir el gasto de sustancias químicas durante el desarrollo experimental (Baeza y De Santiago, 2006; Abdullah *et al.*, 2007).

Entre las sugerencias didácticas que han promovido la aceptación de las técnicas de la química a microescala son la construcción de prototipos espectrofotométricos, comúnmente conocidos como fotocolorímetros (Chiluzia-Vargas y Piguave-Arámulo,

2012; García *et al.*, 2018). En este caso, dichos dispositivos permiten determinar la concentración de una sustancia en solución acuosa (analito), a partir de la cantidad de luz que logra absorber (absorbancia de la muestra) en comparación a una solución patrón de concentración definida (Aldana *et al.*, 2016; Ruiz-Navas *et al.*, 2018), es decir, se basa en que las moléculas absorben radiaciones electromagnéticas permitiendo seleccionar una longitud de onda (λ) de la luz que incide por una muestra dada y medir la cantidad de luz absorbida por la misma (Miller, 2002).

Asociado a las características técnicas de un fotocolorímetro, sus componentes son: fuente de emisión de luz (diodo), selector de la longitud de onda (monocromador), celda y detector de luz (fotocelda). Su funcionamiento implica la activación del diodo y la dispersión de energía que genera en forma de fotones de luz, mismos que atraviesan una rendija de entrada a un monocromador que permite la selección de radiaciones a una determinada longitud de onda (λ) y que al mismo tiempo interaccionan con la solución contenida en la celda transparente (vidrio o plástico), finalizando la prueba con la conversión de señales luminosas captadas por la fotocelda a señales eléctricas, las cuales son transmitidas a un registrador o sistema de lectura de datos para ser analizados (Figura 2) (Chiluiza-Vargas y Piguave-Arámulo, 2012; Ruiz-Navas *et al.*, 2018). Cabe señalar que, parte de los componentes físicos utilizados en este proyecto para la construcción del fotocolorímetro fueron: LED RGB como fuente de luz, con la finalidad de evitar el uso de un monocromador, portamuestra (celda con capacidad de 2 mL) y un receptor de señal (celda solar de 3 V), misma que permitió la medición del voltaje mediante un multímetro digital (Arenas, 2004).

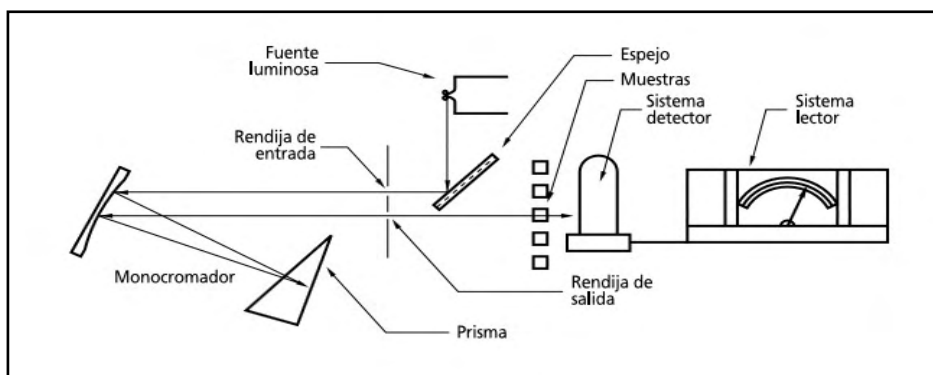


Figura 2. Partes de un fotocolorímetro (Arenas, 2004).

El funcionamiento de un fotocolorímetro se basa en el principio de la Ley de Lambert y Beer, cuya aportación principal es dar a conocer la cantidad de radiación electromagnética absorbida por un analito y que puede relacionar cuantitativamente con la concentración de dichas sustancias en solución acuosa principalmente, esto en función de la relación existente entre la cantidad de luz que entra a la muestra y la cantidad de luz que logra pasar

la muestra (Figura 3).

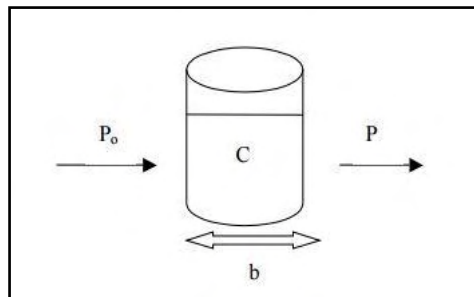


Figura 3. Luz incidente (P_0) y transmitida (P) en una muestra con concentración (C) contenida en una celda de longitud b .

La Transmitancia (T) se define como la fracción de radiación incidente transmitida por la disolución. Si se define como P_0 a la potencia radiante que incide sobre la disolución y P a la potencia radiante que sale, entonces se tiene (Ecuación 1):

$$T = \frac{P}{P_0}$$

Ecuación 1. Fórmula para cálculo de la transmitancia.

Así mismo, como se ilustra en la Figura 3, se puede apreciar que la potencia de la energía transmitida disminuye geoméricamente (exponencialmente) con la concentración (C) y con la distancia (b) recorrida a través de la disolución. De acuerdo con lo anterior, la absorbancia (A) que es definida como la fracción de radiación que es retenida por la muestra se puede calcular mediante la Ecuación 2. Así mismo, si se cuantifica la cantidad de luz P_0 y P se obtiene la relación con respecto a la Absorbancia (A) (Chiluiza-Vargas y Piguave-Arámbulo, 2012; Aldana *et al.*, 2016; Ruiz-Navas *et al.*, 2018)

$$A = -\log(T)$$

Ecuación 2. Fórmula de absorbancia.

Donde (A) es la absorbancia en nm (nanómetros) y T es transmitancia obtenida de la ecuación 1. Cabe mencionar, la cantidad de luz absorbida depende de la concentración del analito (C) en la solución acuosa, es decir, a mayor concentración se obtiene mayor absorbancia. Lo anterior, se puede observar (Figura 4) a partir de la representación de una curva de calibración, donde la absorbancia (A) se encuentra en el eje y y en comparación con la concentración (C) en el eje x . Una vez obtenida la curva de calibración se puede

calcular la concentración desconocida de un analito en ppm en función de su absorbancia definida (Figura 4) (Ciplijauskienė y Rukštelienė, 2009; Ruiz-Navas *et al.*, 2018; Oskolok *et al.*, 2018)

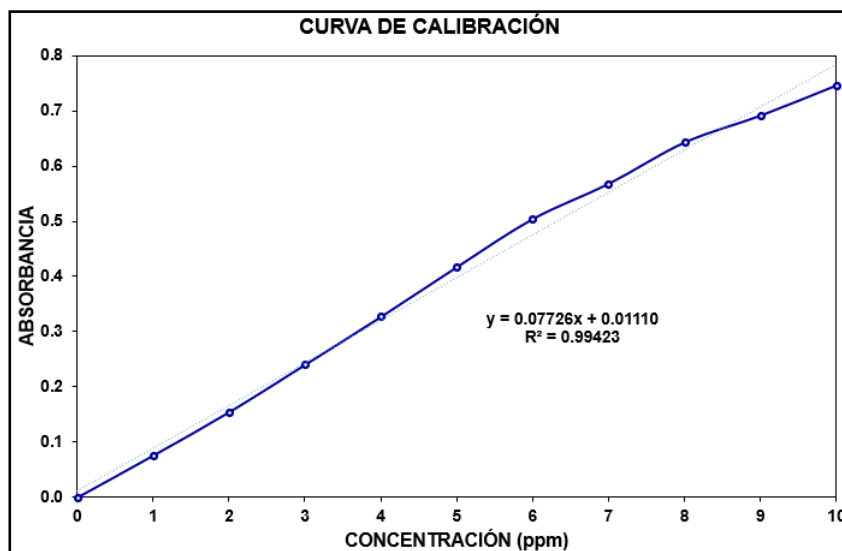


Figura 4. Curva de calibración de la absorbancia (A) en función de la concentración (C).

Para establecer la longitud de onda (λ) en relación a la medición de la absorbancia de la muestra es necesaria la utilización del círculo cromático (colores complementarios de absorción). Este instrumento fue establecido por Isaac Newton a partir de sus experimentos con prismas, mismo que corresponde a una forma de organizar y segmentar a los colores en un círculo. En este caso particular, el círculo cromático destaca 7 colores complementarios de absorción referidos al espectro producido por la dispersión de la luz a través de un prisma, cuyo centro es ocupado por la luz blanca. En la Figura 5, se puede observar hacia la izquierda el círculo cromático original de Newton y su respectiva distribución de los colores espectrales, mientras tanto, a la derecha se observa la aplicación de los colores según las divisiones representadas (Climen, 2015).

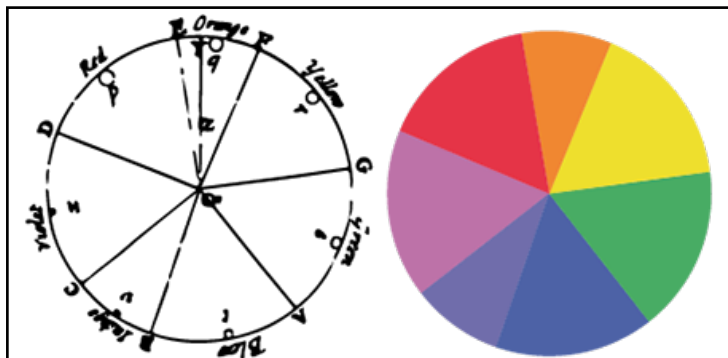


Figura 5. Círculo cromático (Climen, 2015)

2 | MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Revisión del estado del arte

La realización de este proyecto requirió una revisión bibliográfica (artículos científicos, libros, tesis, reportes de prácticas, etc.) en relación con la química a microescala y su orientación a la construcción de un fotocolorímetro (Ibarguengoitia *et al.*, 2004; Baeza, 2006; Chiluitza-Vargas y Piguave-Arámulo, 2012; García *et al.*, 2018). Con la finalidad de automatizar el prototipo, se optó por una capacitación sobre conocimientos básicos en circuitos electrónicos para poder comprender el funcionamiento con respecto a la medición de color (García *et al.*, 2018; Aldana *et al.*, 2016; Ruiz-Navas *et al.*, 2018).

2.2 Diseño y construcción del fotocolorímetro

Este apartado se consideró la selección de materiales de construcción del fotocolorímetro relacionado con algunos parámetros y/o aspectos técnicos del mismo. Por ejemplo, la fuente de emisión de luz fue obtenida a partir de un LED RGB, donde las siglas LED provienen del inglés Light Emitting Diode, que traducido al español es “diodo emisor de luz” y RGB (Red, Green, Blue), siendo la luz roja, verde y azul los colores principales. Por otra parte, se tuvo en cuenta la geometría de las celdas para el contenido de la solución (2 mL) y el detector de luz (fotocelda). Los materiales de construcción del fotocolorímetro se asociaron a los materiales requeridos en un espectrofotómetro comercial, con la diferencia de que en este estudio se contruyó un dispositivo con una mínima instrumentación (proponer una escala menor a la convencional), fácil acceso, bajo costo e incluso disminuir el uso de sustancias químicas durante el desarrollo experimental. En la Figura 6 se ilustra el dispositivo generado, donde el cuerpo del prototipo se construyó utilizando una lámina de acrílico de 30 cm x 30 cm. La parte física de la cámara de absorbancia correspondió a una caja rectangular, cuyas dimensiones fueron 7 cm de largo, 5 cm de ancho y 4 cm de alto, misma que se pintó de color negro en toda la superficie (interior y exterior) y se le instaló

una tapa en la parte superior, con la finalidad de aislar la luminosidad exterior y evitar los sesgos o error de medición. Cabe mencionar que, el interior de cámara de absorbancia contó con el espacio físico para la colocación ordenada de los siguientes componentes: a) LED RGB, b) porta celda y c) fotocelda, por el cual se entiende que la celda queda situada entre el LED RGB y la fotocelda. Además, es necesario destacar que la luz emitida por el diodo viaja hacia la cubeta y posteriormente a la fotocelda, este último ayuda a la conversión de la señal luminosa en señales eléctricas (Figura 6).



Figura 6. Prototipo de fotocolorímetro construido.

2.3 Construcción del circuito electrónico

Esta etapa corresponde al diseño y construcción del circuito electrónico (módulo sensor) que permitió el control de la longitud de onda de la luz y la medición de la absorbancia generada por analito en la solución acuosa. A continuación, se enlistan los materiales para la construcción del circuito (Tabla 1):

Materiales	Cantidad
LED RGB y porta led	1
Fotocelda	1
Multímetro	1
Caimanes	2
Cargador para celular	1
Resistencias de 220 ohms	3
Cables hembra macho	2
Cinta de aislar (negro)	1

Tabla 1. Componentes del circuito electrónico.

Así mismo, en la Tabla 2 se describen algunas características del diodo (LED RGB) debido a la importancia que tiene durante la emisión de la luz:

Tipo de luz	Descripción				
	Voltaje (vcc)	Intensidad luminosa (mcd)	Longitud de onda (nm)	Corriente de consumo (Ma)	Potencia de disipación (mW)
Roja (Red)	1.8	1000	620	20	100
Verde (Green)	2.8	2800	515		
Azul (Blue)	2.8	600	465		

Tabla 2. Especificaciones técnicas del diodo (led RGB).

Para el armado del circuito electrónico se soldaron las resistencias a cada pin del LED en un protoboard para ser conectados a partir del cargador de celular, así mismo, la celda solar se soldó a las puntas de un multímetro digital para efectuar las mediciones de los parámetros de operación (voltaje, resistencias y entre otros). Cabe mencionar que durante el funcionamiento del módulo sensor, la selección del diodo emisor de luz RGB está en función del color de la solución generada por el analito, es decir, se selecciona el color complementario. Por ejemplo, si la solución acuosa es de color azul se recomienda utilizar como color complementario el rojo y/o rosa, por lo tanto, asociado al tipo de LED empleado en las pruebas experimentales se utilizaría el color rojo con una longitud de onda de trabajo de 620 nm.

2.4 Validación del prototipo de fotocolorímetro

Las pruebas experimentales permitieron verificar el cumplimiento de las leyes físicas y químicas de absorción de la luz, además, poder establecer las condiciones de operación del módulo sensor y las concentraciones óptimas de los analitos. En este proyecto, para validación del prototipo durante las pruebas de absorbancia se seleccionó como analito sulfato de cobre (CuSO_4), cuya solución acuosa es de color azul. Antes que nada, es importante destacar que las pruebas experimentales se realizaron por triplicado, utilizando concentraciones de 0.02 a 0.1 M de CuSO_4 y como blanco de referencia el agua destilada. Al inicio de la experimentación, se midió la respuesta residual de la intensidad de luz transmitida por el ambiente (luz parásita) con el objetivo de considerar las variaciones causadas por la entrada de luz no deseada, el cual llega a interferir en gran medida con las mediciones finales. Por tal motivo, se recomienda que el prototipo sea completamente hermético para que la medición de voltaje inicial corresponda a $V=0$ (indicando la ausencia de luz parásita). Seguido de lo anterior, se realizó la prueba con la luz LED encendida, empleando agua destilada (blanco) como muestra, permitiendo de esta manera el registró del voltaje (V_0) que relaciona la intensidad de luz transmitida (P). Continuando con el desarrollo experimental, se procedió con la aplicación de la luz de color roja (LED RGB) sobre la solución de CuSO_4 (color azul) con la finalidad de realizar las pruebas de absorbancia, cuyos resultados derivaron de la luz incidente captada por la fotocelda y la respectiva medición de la variación de voltaje (V_i) obtenida a partir de un multímetro digital.

Dentro de los cálculos efectuados se tuvo la determinación del valor de las absorbancias (**A**) obtenidas con la Ecuación 3:

$$A = -\text{Log} \left(\frac{V_i}{V_o} \right)$$

Ecuación 3. Estimación de la absorbancia.

Finalmente, se elaboró la gráfica de absorbancia (**A**) con respecto a la concentración de la solución de CuSO_4 (**C**) e incluso se determinó el coeficiente de correlación de la recta. Adicionalmente y en correspondencia a la validación del prototipo, se contempló la medición de las absorbancias de las soluciones de CuSO_4 a 700 nm con un espectrofotómetro comercial UV-vis, modelo VE-5100UV.

3 | RESULTADOS

La Figura 7, muestra en conjunto las curvas de calibración y los valores del coeficiente de correlación (R^2) obtenidas de la medición de las absorbancias por el fotolorímetro y espectrofotómetro comercial, mismas que corresponden a un 99.39 y 99.81%, respectivamente. En comparación, los valores de R^2 difieren aproximadamente de un 0.5%, el cual es aceptable y cumplen con el intervalo de confianza del 95%, es decir, aproximadamente a 1.

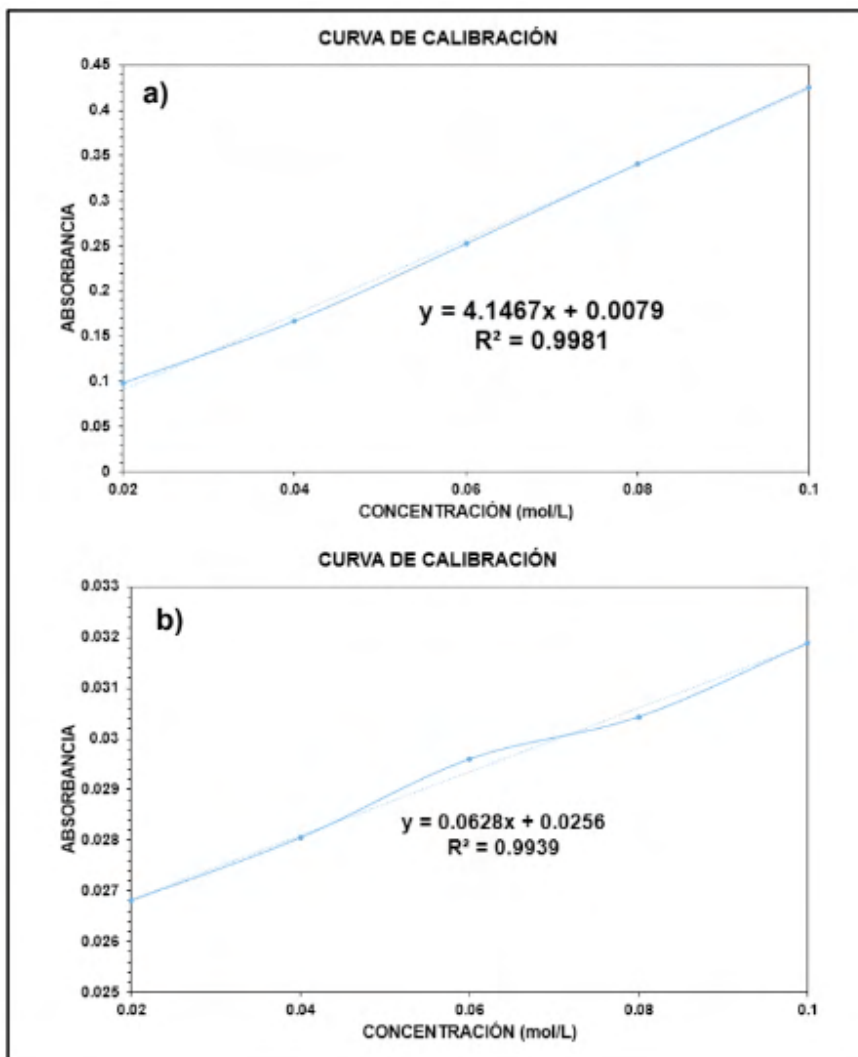


Figura 7. Curva de calibración: a) espectrofotómetro y b) fotocolorímetro.

De acuerdo con los resultados, se puede deducir que la covarianza positiva permite una correlación directa, además, entre más se aproxima a 1 la tendencia es una línea recta. De acuerdo con el funcionamiento y características técnicas del fotocolorímetro con respecto a un espectrofotómetro comercial son similares, sin embargo, la diferencia radica en que el prototipo construido realiza mediciones absorbancias de soluciones coloreadas muy específicas, tal es el caso del CuSO_4 e incluso mediante la relación matemática (ecuación de línea recta) determinar concentraciones desconocidas del mismo analito. Sin embargo, al ser validado y seguir la ley de Lambert-Beer se podría adecuar la técnica experimental para cuantificar analitos en soluciones coloreadas diferentes al CuSO_4 . En la Figura 8,

se puede apreciar la relación lineal entre las absorbancias obtenidas del fotocolorímetro y el espectrofotómetro comercial, tal como lo define el valor de $R^2=98.99\%$. Lo anterior, nos indica que el prototipo espectrofotométrico (fotocolorímetro) tiene una respuesta lineal al espectrofotómetro, es decir, existe una dependencia lineal en las mediciones de las absorbancias. Por lo tanto, se puede mencionar que la determinación de concentraciones derivadas de las pruebas de absorbancia de soluciones coloridas del fotocolorímetro será confiables y equivalentes a lo que indique un espectrofotómetro comercial.

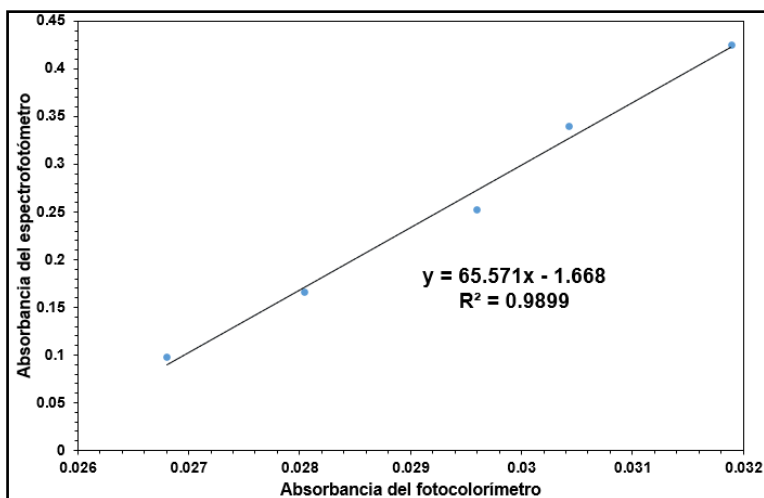


Figura 8. Gráfica sobre la relación lineal de la absorbancia del espectrofotómetro y absorbancia del fotocolorímetro.

De igual manera, la Figura 9 muestra la relación entre la absorbancia obtenida por el espectrofotómetro y el voltaje registrado en el multímetro digital, cuyo coeficiente de correlación es igual al 98.98%. De acuerdo a lo anterior, es posible obtener el valor de la absorbancia a partir de la lectura del voltaje, sin embargo, esto no generaliza los resultados de pruebas experimentales donde se utilice soluciones coloreadas diferentes al CuSO_4 .

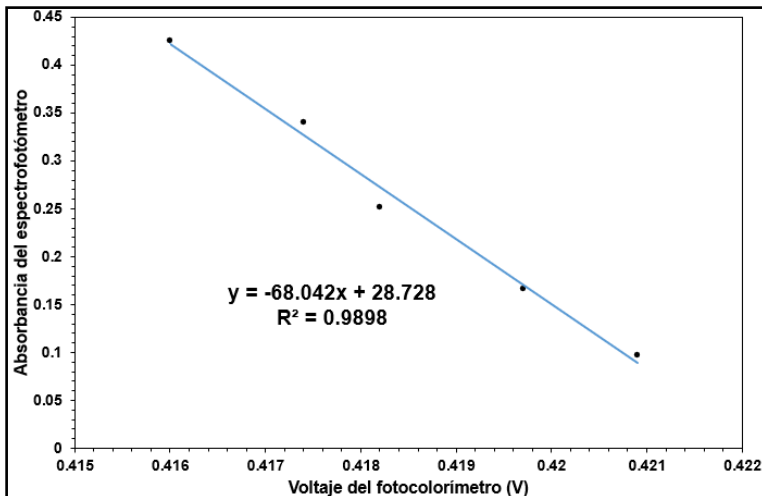


Figura 9. Gráfica sobre la relación lineal de la absorbancia del espectrofotómetro y el voltaje del fotocolorímetro.

4 | CONCLUSIONES

El diseño y construcción del prototipo espectrofotométrico (fotocolorímetro) resulta factible para uso educativo en alumnos que cursen carreras en el área de química, así mismo, permite comprender los conceptos teóricos y prácticos (pruebas experimentales) en materias de química analítica, orgánica y entre otras. Sin dejar de mencionar, la aplicación del conocimiento de la química a microescala que posibilita la aplicación de técnicas analíticas de bajo costo bajo de una metodología experimental a una escala normal e incluso permitir la disminución de la generación de residuos en el laboratorio, siendo parte importante en el ámbito químico. De acuerdo con las especificaciones y características que tiene el fotocolorímetro con respecto a un espectrofotómetro real son similares, pero se debe tener en cuenta que este prototipo construido sólo se podría utilizar para medir la absorbancia de diferentes concentraciones de CuSO_4 . Así mismo, se propicia la comprensión del funcionamiento de un espectrofotómetro convencional y motiva a adoptar la construcción de dispositivos específicos en atención a las prácticas experimentales, los cuales pueden estar diseñados a partir de los principios y factores de medición de la cantidad de luz absorbida por una muestra, tal como se describe en este presente proyecto.

Ahora bien, con respecto a las pruebas de absorbancia realizadas con las soluciones de CuSO_4 y la respectiva validación del fotocolorímetro, los resultados gráficos demuestran un coeficiente de correlación del 96% de exactitud entre la relación lineal de la absorbancia y la concentración, el cual nos indica que el prototipo cumple con la funcionalidad de un colorímetro comercial. La automatización de la emisión de luz es un aspecto muy importante debido a que permite establecer la seguridad y control tanto de la emisión de la luz y su

confiable medición. Por otro lado, es importante establecer mejoras en la obtención de coeficientes más cercanos a 1, ya que si la covarianza es positiva hay una correlación directa y, por lo tanto, entre más se aproxime a 1 se estimará una línea de tendencia perfecta, por lo que la automatización del led permite mejorar los resultados con relación a resultados preliminares demostrados por Baeza (2006).

REFERENCIAS

CHILUIZA VARGAS, K., & PIGUAVE ARÁMBULO, F. P. **Análisis, Diseño y Construcción de un Colorímetro Básico, para ser utilizado en un Laboratorio Clínico, utilizando microcontroladores.** Tesis (Tesis de licenciatura) Escuela Superior Politécnica Del Litoral Facultad de Ingeniería Eléctrica y Computación, Ecuador, 2012.

ANAYA-DURAND, A., & PEDROZA-FLORES, H. **Escalamiento, el arte de la ingeniería química: Plantas piloto, el paso entre el huevo y la gallina.** Tecnología, Ciencia, Educación, v. 23, n. 1, p. 31-39, 2008.

IBARGUENGOITIA C., MARTHA E.; IBÁÑEZ C., JORGE G. Y GARCÍA P., ELIZABETH. **Química en microescala UIA-PROVITEC1.** Reseña, Centro Nacional de Educación Química México, p. 2010. 2004. 210 pp.

GARCÍA GUERRERO, M. El laboratorio de química en microescala en las actividades experimentales. Enseñanza de las Ciencias, Congreso VII n. Extra. 2005.

GONZÁLEZ, A., & URZÚA, C. **Experimentos químicos de bajo costo: un aporte desde la microescala.** Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias, Vol. 9, n. 3, p. 401-409, 2012.

AMAÍZ, F. J. **Química en microescala en los laboratorios de Química Inorgánica y Organometálica.** Educación química, v. 16, n. 4, 504-509, 2005.

NAVARRO, O. C., MIRA, I. M., ORTEGO, E. V., ESCRIBANO, A. S., & JORDÁ, J. M. **Química Verde: trabajo de laboratorio en la Microescala.** In El reconocimiento docente. Innovar e investigar con criterios de calidad: XII Jornadas de redes de investigación en docencia universitaria. Instituto de Ciencias de la Educación, p. 1051-1065, ,2014.

ABDULLAH, M., MOHAMED, N., & ISMAIL, Z. H. **The effect of microscale chemistry experimentation on students' attitude and motivation towards chemistry practical work.** Journal of Science and Mathematics Education in Southeast Asia, v. 30, n. 2, 44, 2007.

BAEZA A., & DE SANTIAGO, A. **Química analítica a microescala total.** Disponible en: <http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Documento_de_apoyo:QUIMICA_ANALITICA_MICROESCALA_TOTAL_2172.pdf> Consultado el: 20 de junio 2021.

GARCÍA, J. U. C., GARCÍA, L. D. H., RAMÍREZ, V. M. M., HERNÁNDEZ, R. A. L., & ZAMORA, G. **Sensor fotocolorimétrico para análisis químicos in-situ.** Disponible en: <https://www.academia.edu/36710228/Sensor_fotocolorim%C3%A9trico_para_an%C3%A1lisis_qu%C3%ADMICOS_in-situ> Consultado el: 20 de junio del 2021

ALDANA, E. L., NAVAS, D. R., MENDOZA, A. P., & ROBLES, V. B. **Aprendizaje orientado a proyectos en la formación de técnicos y tecnólogos desarrollo de un fotocolorímetro digital en la fundación tecnológica.** Antonio de Arévalo, Colombia. Saber, ciencia y libertad, v. 11, n. 1, 211-221, 2016.

DANIEL RUIZ-NAVAS JOHN R. CASTRO-SUAREZ DISEÑO AND HAROLD A. RODRIGUEZ-ARIAS. **Implementación de un fotocolorímetro usando microcontroladores para determinar analitos en soluciones acuosas.** 16th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: "Innovation in Education and Inclusion", Perú, p. 19-21, julio, 2018.

OSKOLOK, K. V., SHULTS, E. V., MONOGAROVA, O. V., & CHAPLENKO, A. A. **Optical molecular analysis using office flatbed photo scanner: New approaches and solutions.** Talanta, v. 178, p. 377-383, 2018.

CIPLIJAIUSKIENĖ, P., & RUKŠTELIENĖ, N. **Implementation of applied research into the study process when training the professionals of environment protection.** In environment. Technologies. Resources. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, v. 2, p. 120-126, 2009.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Adsorção 84, 85, 86, 93, 94, 95, 98, 99, 151
Adsorvente 84, 94, 95
Agência de Proteção Ambiental Americana - USEPA 15
Agência Nacional de Mineração - ANM 145, 153
Aguas residuales 25
Águas superficiais 98
Ambiente aquático 98
Análise qualitativa 50
Análise quantitativa 1
Antioxidante 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57
Argilominerais sintéticos 84

B

Biocombustíveis 108, 116
Biomassa 81, 107, 108, 109, 110, 112, 113, 114, 118

C

Câncer 15, 54
Catalisador 42, 99, 101, 107, 108, 109, 110, 111, 114, 115, 116, 117, 118, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127
Combustíveis fósseis 120, 121
Compostos tóxicos 98
Comprimido 1, 2, 3, 5, 7, 8, 9, 10, 11
Contaminantes ambientais 13
Corantes 17, 97, 98
Corrosion 129, 130, 131, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143
Cromatografia gasosa 41, 42, 46, 47, 112, 116

D

Degradação térmica 109
Desenvolvimento sustentável 144
Destilação 40, 41
Doseamento 1, 6

E

Ecosistemas aquáticos 79

Efeito estufa 121

Efluentes industriais 98

Electrochemical Impedance Spectroscopy -EIS 130

Eletrodo 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 22, 24

Espectrofotometria 25, 26

Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier - FT IR 109

Essential oils 48, 156, 157

Etanol 43, 50, 52, 120, 121, 126, 127, 184

Eutrofização 79

F

Farmacocinéticos 2

Fármacos 12, 98, 106

Fertilizantes 76, 77, 81, 98

Fitoquímica 50, 52, 53, 54, 55

Flora 51, 150

Fósforo 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83

Fotocolorímetro 25, 27, 28, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 39

G

Green diesel 108, 116

H

Hidroalogenação 40, 42, 43

Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos - HPAs 13, 14, 15, 23

High Performance Liquid Chromatography - HPLC 60, 66, 69, 73, 74

I

Impacto ambiental 16, 144, 153

L

Lantanídeos 160, 161, 162, 164, 165, 166, 167, 170, 171, 176, 180, 181, 183, 184, 185

Legislação ambiental 98

M

Material particulado em suspensão 145

Medicamentos 1, 2, 3, 5, 7, 8, 9, 10
Meio ambiente 13, 14, 23, 81, 98, 107, 120, 121, 146, 148, 152, 153
Metais pesados 84
Metais traços 98
Metal Organic Frameworks - MOF's 58
Métodos eletroanalíticos 14
Micro-organismos 152
Mineração 78, 144, 145, 153

N

Nanoparticles - NP 156, 157, 158, 159, 186
Normas Reguladoras de Mineração - NRM 145, 153

P

Partículas totais em suspensão - PTS 145
Pirólise 15, 107, 108, 109, 110, 111, 113, 114, 115, 116, 117, 118
Planejamento fatorial 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 48, 49
Plantas medicinais 51, 56, 57
Poluentes orgânicos 84, 98
Poluição atmosférica 145
Potencial carcinogênico 14

R

Reação de Fenton 97, 99, 101
Recursos hídricos 81, 98

S

Solução tampão 14, 18
Supressores químicos 144, 145, 146, 153
Sustentabilidade 76, 82, 107, 149

T

Taninos 50, 52, 53, 54, 56
Terpeno 40, 42
Toxicidade 5, 15, 16, 56, 184
Troca iônica 84, 85, 147

V

Voltametria 14, 16, 24

O ensino e a pesquisa em **QU** **MICA**

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

2

 **Atena**
Editora

Ano 2021

O ensino e a pesquisa em **QU** **MICA**

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

2