

CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA
(Organizador)

Ciencias exactas y de la tierra: teorías y principios

 **Atena**
Editora
Ano 2023



CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA
(Organizador)

Ciencias exactas y de la tierra: teorías y principios

 **Atena**
Editora
Ano 2023



Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Ellen Andressa Kubisty

Luiza Alves Batista

Nataly Evilin Gayde

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2023 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2023 Os autores

Copyright da edição © 2023 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 Glécilla Colombelli de Souza Nunes – Universidade Estadual de Maringá

Profª Drª Iara Margolis Ribeiro – Universidade Federal de Pernambuco

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

Profª Drª Maria José de Holanda Leite – Universidade Federal de Alagoas

Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Prof. Dr. Milson dos Santos Barbosa – Universidade Tiradentes

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba

Prof. Dr. Nilzo Ivo Ladwig – Universidade do Extremo Sul Catarinense

Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas

Profª Dr Ramiro Picoli Nippes – Universidade Estadual de Maringá

Profª Drª Regina Célia da Silva Barros Allil – Universidade Federal do Rio de Janeiro

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: teorías y principios

Diagramação: Luiza Alves Batista
Correção: Yaidy Paola Martinez
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizador: Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C569 Ciencias exactas y de la tierra: teorías y principios /
Organizador Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. –
Ponta Grossa - PR: Atena, 2023

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acceso: World Wide Web

Inclui bibliografía

ISBN 978-65-258-1532-9

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.329232507>

1. Ciencias exactas. 2. Ciencias de la tierra. I.
Paniagua, Cleiseano Emanuel da Silva (Organizador). II.
Título.

CDD 509

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.

El e-book: “Ciencias exactas y de la terra: teorías y principios” está compuesto por seis capítulos de libro que abordaron diversos temas, entre ellos: i) creación de Startups en el ámbito universitario; ii) aplicación de las matemáticas en diferentes contextos sociales; iii) experiencia realizando prácticas de laboratorio de química durante la pandemia del COVID-19; iv) movilidad sustentable en la Ciudad de México; v) evaluación del uso de dendrímeros a base de porfirina para la inactivación de patógenos en agua y; vi) aplicación de biomasa de espinaca (*Spinacia oleracea*) en la remoción de cromo (VI) en agua.

El primer capítulo presenta y discute la importancia de cambiar las habilidades y competencias que se trabajan en la Universidad, con énfasis en una gestión ágil que lleve a los futuros profesionales a poder crear sus propias startups, transformando a la Universidad en una más actualizada. entorno educativo y en sintonía con las necesidades de la sociedad. En el capítulo dos se presenta un estudio de caso realizado durante la pandemia del COVID-19, en el cual se buscó replantear la enseñanza de la Estadística a través del estudio de Historia y Sociedad para estudiantes de segundo cuatrimestre de la Universidad Autónoma Metropolitana de México sede Xochimilco.

El tercer capítulo presentó una experiencia del proceso de enseñanza-aprendizaje de las prácticas de laboratorio en la carrera de química, en formato a distancia. Los alumnos recibieron orientaciones y propuestas para trabajar prácticas basadas en objetos cotidianos y de fácil acceso. El capítulo cuatro presenta un relevamiento/estudio sobre la necesidad de estimular/fomentar el uso de medios de transporte alternativos que reduzcan la contaminación atmosférica, así como también reduzcan la cantidad de vehículos y el tiempo necesario para trasladarse de la residencia al lugar de trabajo en la región de la Ciudad de México. /México.

El quinto capítulo evaluó las propiedades físicas de las tetrafenil porfirinas modificadas con grupos tiazoles, con el fin de ser aplicadas en la eliminación de patógenos presentes en el agua de bebida. Finalmente, el capítulo seis presenta el estudio de biorremediación de cromo (VI) a partir de biomasa de espinaca (fuente de minerales, vitaminas, fibra y otros nutrientes). El método propuesto mostró remoción total del ion metálico y podría ser utilizado a gran escala en matrices acuáticas.

En esta perspectiva, Atena Editora viene trabajando para estimular y alentar a cada vez más investigadores de Brasil y de otros países a publicar sus trabajos con garantía de calidad y excelencia en forma de libros, capítulos de libros y artículos científicos.

CAPÍTULO 1	1
MODELO DE STARTUP PARA GESTÃO UNIVERSITÁRIA Franyelit Suárez-Carreño  https://doi.org/10.22533/at.ed.3292325071	
CAPÍTULO 2	11
EXPERIENCIA EDUCATIVA EN EL SISTEMA MODULAR ANTE LA EMERGENCIA SANITARIA EN EL TRONCO DIVISIONAL: ESTADÍSTICA María Dolores Donjuan Morales  https://doi.org/10.22533/at.ed.3292325072	
CAPÍTULO 3	24
CURSO EN LÍNEA: PRINCIPIOS DE QUÍMICA Luis Bello  https://doi.org/10.22533/at.ed.3292325073	
CAPÍTULO 4	36
HACIA UNA MOVILIDAD SUSTENTABLE: HOJA DE RUTA PARA LA ALCALDÍA GUSTAVO A. MADERO Jacqueline Eunice Jaramillo Zúñiga Ma. de Jesús Pérez Orozco  https://doi.org/10.22533/at.ed.3292325074	
CAPÍTULO 5	49
EVALUACIÓN DE DENDRÍMEROS A BASE DE PORFIRINA EN LA INACTIVACIÓN FOTODINÁMICA DE AGENTES PATÓGENOS EN AGUA Raquel E. Hernández-Ramírez Jazmín N. Castillo-Cervantes Diana Rosa Gómora Herrera Octavio Trejo-Chávero Lilia A. Ríos Alducin Susana Lezama Álvarez  https://doi.org/10.22533/at.ed.3292325075	
CAPÍTULO 6	67
APPLICATION OF SPINACH BIOMASS (<i>Spinacia oleracea</i>) FOR THE REMOVAL OF CHROMIUM (VI) IN AQUEOUS SOLUTION Ismael Acosta Rodríguez Adriana Rodríguez Pérez Juan Fernando Cárdenas González Víctor Manuel Martínez Juárez Dalila del Socorro Contreras Briones Juana Tovar Oviedo  https://doi.org/10.22533/at.ed.3292325076	
SOBRE O ORGANIZADOR	77

ÍNDICE REMISSIVO.....78

MODELO DE STARTUP PARA GESTÃO UNIVERSITÁRIA

Data de aceite: 03/07/2023

Franyelit Suárez-Carreño

Universidad de las Américas, Facultad de
Ingeniería y Ciencias Aplicadas,
Carrera de Ingeniería Industrial
Quito-Ecuador
<http://orcid.org/0000-0002-8763-5513>

RESUMO: A transformação digital está redefinindo as habilidades e competências que as pessoas necessitam para serem elementos ativos e relevantes dentro das relações sociais e trabalhistas que estão surgindo atualmente. As empresas precisam de perfis profissionais que as universidades não oferecem, e essa lacuna tem permitido o surgimento de plataformas digitais de ensino que, com programas mais curtos e interação constante com o usuário, estão mudando o ensino tradicional. As universidades têm o desafio de gerenciar seu futuro com maior dinamismo e adaptabilidade, razão pela qual, neste trabalho, fica evidente que as universidades podem adotar algumas das abordagens gerenciais de startups e gestão ágil, para se manterem atualizadas dentro da dinâmica educacional atual.

PALAVRAS CHAVE: Ensino superior, inovação, startup.

1 | INTRODUÇÃO

As tecnologias que estão moldando a ascensão da Indústria 4.0 estão amadurecendo de tal forma que, na terceira década do século XXI, espera-se que a convergência dessas tecnologias mude completamente os setores industriais mais importantes da economia mundial, incluindo os que são o sector da indústria transformadora, os transportes, o sector agrícola, os sectores associados à saúde e o sector da energia (Neaga, 2019). Isso tem importantes implicações sociais e econômicas. Para esta investigação, o interesse centra-se nas implicações sociais que incluem as formas como as pessoas adquirem competências e habilidades para o trabalho e o papel das universidades nele.

Diante de uma mudança significativa na forma como os bens e serviços são produzidos, consumidos e trocados, as necessidades educacionais da população mudarão em consonância, de fato, já estão mudando (Tram & Tri, 2021). Essa

situação fica cada vez mais evidente quando, por exemplo, o número de profissionais qualificados para cargos vagos em segurança cibernética nas empresas não pode ser coberto com a oferta disponível. Estas lacunas na oferta profissional e nas necessidades do mercado de trabalho não foram abordadas com a diligência necessária pelas instituições de ensino superior (Pujiwati, Parulian Hutagaol, Pasaribu, & Pandjaitan, 2021). Isto levou as próprias empresas e outros atores recentemente estabelecidos a estarem na linha da frente na formação do talento humano que é necessário, nas áreas que são necessárias, com as competências e capacidades que lhes são adequadas (Carvajal Rojas, 2017). Essa é uma das causas que levaram ao surgimento de plataformas de educação digital e portais educacionais construídos pelas próprias empresas, cujo objetivo não é outro senão alimentar o mercado de trabalho com os perfis profissionais mais procurados por empresas e organizações.

As universidades estão em um momento de transformação necessária, onde devem repensar tanto seus modelos educacionais quanto seus modelos organizacionais para manter sua relevância social (Ceacero & Labao, 2019) (Baumber, 2022). Para isso, devem ser identificados os aspectos ligados às universidades que devem ser atualizados ou mesmo eliminados para atingir os objetivos de relevância social e sobrevivência institucional. Algumas das ideias mais promissoras para a atualização universitária em termos de gestão não vêm do campo acadêmico, mas sim do campo empresarial (Kettunen, Järvinen, Mikkonen, & Männistö, 2022). É provável que a ortodoxia acadêmica possa discordar de metodologias ágeis e abordagens do tipo Lean para a gestão acadêmica que, devido aos seus múltiplos interesses, não se concentram em um público-alvo específico (Chengbin, Hongbin, Min, & Yongyan, 2022). As universidades realizam trabalhos de pesquisa, ensino e extensão voltados para a sociedade, geralmente são seus campos de atuação. No entanto, políticas de gestão como as implementadas na Universidade do Arizona ou na Universidade de Idaho, ambas nos Estados Unidos, são uma clara referência de que uma mudança de paradigma na gestão acadêmica pode permitir que as universidades se adaptem a grandes mudanças sociais (Boardman, 2015). Este trabalho está estruturado a partir da descrição do problema da gestão universitária, desenvolvendo tanto as abordagens de gestão universitária implantadas a partir de modelos tradicionais quanto as dificuldades que enfrentam até compará-las com metodologias ágeis, que incluem o desenvolvimento de equipes em rede onde realizam atividades de relevância acadêmica do ponto de vista das abordagens ágeis de gestão empresarial, passando pelas diretrizes presentes nas startups para modelos de gestão tanto de pessoas quanto das práticas fundamentais de sua própria cultura presentes em cada um desses tipos de empresas. Ao final da exposição, será explicada a abordagem metodológica, bem como os resultados e conclusões alcançados uma vez exposto e analisado todo o material bibliográfico e de referência disponível de acordo com a abordagem selecionada neste trabalho.

2 | GESTÃO UNIVERSITÁRIA

Historicamente, o papel da universidade foi percebido como o de oferecer soluções educacionais de acordo com as necessidades sociais de cada época. Ao longo do tempo, a função acadêmica universitária se diversificou e ganhou em complexidade e integração com a sociedade (Castro Mbwini, 2022). Para cumprir seus objetivos, as universidades devem não apenas ter talento humano adequado para desenvolver o processo ensino-aprendizagem fundamental, mas também exigir que os gestores tenham as competências necessárias para realizar a gestão administrativa de todas as áreas relacionadas à universidade. , o que são fundamentalmente três: pesquisa, ensino e extensão social (Ghavifekr & Seng, 2022). Essas áreas são correlacionadas entre si para responder à comunidade em que a universidade desenvolve suas atividades. Para realizar uma gestão adequada das funções dentro das universidades, foram desenvolvidas diferentes abordagens, das quais será feita uma exploração unificada com base nas mais utilizadas nas últimas décadas.

3 | MODELO CENTRALIZADO OU TRADICIONAL

Esse modelo é o mais clássico utilizado dentro das universidades, nele a tomada de decisão em gestão é monopolizada por um pequeno grupo de pessoas cuja hierarquia geralmente é vertical. Tem a ideia de que as decisões devem ser tomadas por um seleto grupo de líderes, geralmente os diretores da instituição, que possuem as qualidades intelectuais e de liderança necessárias para saber quais são as necessidades do ambiente e da própria instituição. Sob esse pensamento, portanto, as decisões que definirão os rumos da instituição são colocadas nas mãos de uma elite, que estabelece prioridades, abordagens e decisões finais. É um tipo de gestão unidirecional que se caracteriza por uma rápida implementação de mudanças operacionais ou acadêmicas, porém, a eficiência ou relevância das mudanças podem não ser válidas em sua aplicação, o que pode gerar distorções no alcance dos objetivos acadêmicos e sociais. Embora seja verdade que teve muitos seguidores ao longo de muitos anos, a verdade é que a realidade mutável da sociedade levou à adoção de abordagens menos rígidas sobre ela.

4 | GERENCIAMENTO POR CONSENSO

Nesse modelo, uma equipe que comporá o governo institucional é incluída na tomada de decisões administrativas. Embora seja possível que não haja acordo majoritário em questões sensíveis, a legislação interna deve contemplar esses casos para evitar nós de decisão ou conflitos internos. Uma participação mais ampla também pode ser prevista no modelo por consenso, onde podem existir hierarquias institucionais; no entanto, a prática mostra que, se as equipes hierárquicas são grandes, a tomada de decisão é mais lenta em sua implementação. A forma como os representantes administrativos são

escolhidos varia desde uma forma de governança comunitária até aqueles escolhidos por meio de um sistema eleitoral (Castro Mbwini, 2022).

Quando o sistema de gestão consensual é adotado, a qualidade da gestão é medida principalmente pelo alcance dos objetivos estabelecidos durante um determinado período. Da prestação de contas sobre o desempenho obtido no exercício administrativo derivam as formas de gestão por resultados, por competências e por processos, que transcenderam a abordagem meramente acadêmica para outra que integra práticas que nascem da gestão das organizações e O negócio.

5 I GESTÃO ORIENTADA PARA NEGÓCIOS

5.1 Gestão baseada em resultados

Neste modelo, os resultados obtidos são priorizados em cima aos procedimentos utilizados. Embora os procedimentos sejam importantes, as consequências do planejamento estratégico adotado tornam-se mais relevantes, onde a criação de valor nas soluções implementadas é o objetivo específico da gestão. Em geral, a gestão de processos é organizada da seguinte forma: 1) Identificação de programas e projetos. 2) Financiamento. 3) Planejamento dos resultados teóricos a obter. 4) Orçamento exigido por plano ou projeto de acordo com os resultados projetados. 5) Acompanhamento e avaliação dos resultados. Sob esta abordagem, podem ser evidenciadas as tarefas de organização, planejamento e controle dos processos universitários, buscando como objetivo a eficácia da gestão e premiando aqueles que contribuem positivamente para o seu sucesso (Cacho, Lluncor, Bardales, & Cabanillas, 2020). As desvantagens dessa abordagem estão na difícil coordenação de todos os departamentos que devem estar envolvidos no processo, o que, por sua vez, gera ineficiências na aplicação das estratégias selecionadas para a execução das ações gerenciais correspondentes. Isso geralmente leva à obtenção de resultados abaixo do potencial esperado. Outro aspecto negativo identificado está relacionado aos orçamentos destinados à coordenação das equipes e à documentação das estratégias e didáticas que devem ser utilizadas e explicadas ao pessoal envolvido, o que leva à alocação de recursos sem suporte metodológico claro, e quase sempre abaixo do que é necessário.

5.2 Gestão por competências

A gestão por competências vem substituir a premissa fundamental da gestão por resultados, na qual, sem dar muita ênfase ao caminho escolhido para atingir os objetivos acadêmicos e administrativos, o importante são os resultados obtidos. Na abordagem por competências, é necessário melhorar os processos internos para melhorar as inter-relações naturais que ocorrem em um ambiente específico e, portanto, a produtividade organizacional. Já nesta abordagem a equipe é selecionada de acordo com as competências que o profissional possui para desempenhar determinada tarefa ou

sua capacidade de ser eficaz em determinadas circunstâncias organizacionais. A ideia principal é fazer com que as equipas internas trabalhem da forma mais sincronizada possível na consecução dos objetivos principais da organização enquanto internamente se organizam da forma necessários para enfrentar os desafios impostos pela gestão, a fim de alcançar um desempenho superior e, portanto, mais eficiente (Bedoya Dorado, Murillo Vargas, & González Campo, 2020). No entanto, a gestão por competências exige uma avaliação constante de cada uma das equipes que compõem a organização, a fim de identificar fragilidades que afetam diretamente a eficiência da organização, o que reduz seu dinamismo e relevância. Além disso, não foi possível eliminar em alguns aspectos a burocratização que caracterizou os processos acadêmicos nos últimos anos.

5.3 Visão geral da gestão universitária atual

Como dito, os modelos de gestão universitária evoluíram impulsionados por múltiplos fatores. O dinamismo social e industrial passa a ser observado a partir de uma perspectiva global, onde a internacionalização não só molda a oferta de bens e serviços, mas também a forma como as organizações se estruturam para se manterem dentro dos fluxos de valor que se configuraram nas últimas duas décadas. As universidades, imersas na dinâmica social, devem se adaptar aos novos paradigmas produtivos. Por isso, e por estarem vinculados às demandas empresariais do momento, devem ler as tendências que lhes permitem continuar sendo uma referência tanto em suas comunidades quanto em um nível global mais amplo. É por isso que, apesar do sucesso que as universidades têm tido em geral para continuarem sendo referências institucionais dentro de suas comunidades, o atual panorama de mudanças bruscas em todas as ordens que podem ser vislumbradas no cenário mundial, coloca as universidades diante de novos e difíceis desafios. Conforme referido em seções anteriores, as universidades estão a ser desafiadas nas suas linhas de ação por grandes corporações tecnológicas e por uma oferta acadêmica cada vez mais disponível através de múltiplas plataformas digitais. Por isso, a gestão universitária deve ter dinamismo suficiente para se livrar tanto da burocratização quanto de todos aqueles fatores que reduzem o dinamismo dentro das demandas atuais e futuras (Gallegos Macías, Galarza López, & Almuñias Rivero, 2022).

As universidades adaptaram seus próprios modelos de gestão empresarial e industrial à sua dinâmica organizacional. A partir dessa abordagem veremos as contribuições que as metodologias ágeis e as abordagens de gestão de startups podem oferecer ao modelo de gestão universitária. Por isso, é necessário observar as tendências que têm tido sucesso nos últimos anos ou que consolidaram um modelo de gestão diferente dos modelos já expostos.

6 | OS NOVOS MODELOS DE GESTÃO

6.1 Gestão ágil

Um dos problemas mais importantes identificados na gestão universitária é o excesso de regulamentação e burocratização dos processos de gestão. Os alunos reclamam do tempo que devem usar para gerenciar assuntos relacionados à sua carreira que não estão diretamente relacionados ao conteúdo educacional que devem passar, reduzindo sua eficácia nas tarefas que devem desempenhar dentro da universidade (Civís, Flores, & Geis, 2022). Sob outro ponto de vista, o professor, além de seu trabalho principal, deve cumprir um conjunto de encargos administrativos, sem contar os requisitos de pesquisa, que saturam a jornada de trabalho, cuja consequência imediata é a falta de tempo para poder realizar tanto a atualização docente quanto o necessário repensar de suas metodologias de ensino-aprendizagem a partir das demandas do corpo discente. Os sistemas de gestão atuais, apesar de suas tentativas de melhorar a dinâmica organizacional, têm produzido que o necessário processo de atualização e aprendizagem se torne uma estrutura regulamentada que não incentiva a melhoria do desempenho do corpo administrativo, docente ou discente. Também não ajuda o trabalho colaborativo, que hoje é fundamental (Cobos-Sanchiz, López-Noguero, Gallardo-López, & Martín, 2022).

As organizações que adotam a gestão ágil iniciam a reestruturação de seu modelo de gestão a partir do recrutamento de pessoal. A seleção de talentos é realizada com o objetivo de aumentar a inteligência organizacional e não apenas preencher vagas. A seleção de talentos torna-se um processo contínuo de aquisição de elementos que aumentam o valor da organização. Portanto, a gestão de pessoas deixa de ser apenas uma gestão de recursos humanos para uma equipe de alto nível que busca preservar a cultura organizacional em todos os níveis. A cultura em uma organização ágil é o eixo da vida organizacional. A cultura condiciona a estratégia da organização. Portanto, fazendo uma extrapolação para a gestão universitária. A primeira coisa que deve ser substituída é o paradigma de contratação universitária, para poder distinguir e selecionar aqueles elementos que podem agregar mais valor à organização, mais ideias e não apenas capacidades operacionais de resolução de problemas, que não agregam valor em si mesmas. A cultura da universidade deve ser muito clara, pois define sua personalidade, é o que dita o que a universidade faz ou não faz, define seus interesses, seus planos educacionais e as atividades sociais em que está envolvida. Uma visão de universidade ágil requer a transformação dos processos de gestão administrativa, para permitir que seus colaboradores explorem suas habilidades e as fortaleçam em um processo de aprendizado contínuo que lhes permita atualizar processos e sistemas com base nos objetivos em mudança da organização. Para isso, as universidades devem promover um

ambiente de confiança e respeito onde possa haver comunicação ampla e sem censura para que possam ser discutidos diferentes pontos de vista que, no melhor dos casos, possam gerar soluções criativas e imaginativas para problemas específicos (Vidal-Artal & Miralbes-Buil, 2022).

Para resumir, as universidades na situação atual devem ser capazes de adaptar sua cultura organizacional às demandas sociais e produtivas existentes. Para fazer isso, você deve responder rapidamente a ambientes em mudança. É por isso que a gestão ágil pode permitir a transição do paradigma universitário atual para outro que gerencie a incerteza sociopolítica e econômica de forma eficaz. Os valores de uma gestão universitária ágil devem estar alinhados com o movimento ágil, ou seja, deve adotar os mesmos valores na medida do possível, que são:

- **Transparência:** os objetivos estão alinhados com a cultura e com a exigência socioeconômica.
- **Valor para o cliente:** deve focar na satisfação do usuário, neste caso atendendo as expectativas dos alunos em relação ao que eles esperam da universidade.
- **Pessoas acima de procedimentos:** a criação de valor dentro da universidade depende de seu talento humano, portanto, este deve ser o eixo do crescimento institucional.
- **Experimentação:** parte fundamental da nova dinâmica universitária. Deve desenvolver uma ideia, criar um conjunto mínimo de requisitos operacionais e verificar a sua viabilidade social. Faça testes de baixo custo e itere até que seja um programa relevante. Esse deve ser o dia a dia da gestão universitária.
- **Aprendizado contínuo:** a cada dia você deve estar aberto a novos processos para mudar aqueles que não estão funcionando, avaliando continuamente a qualidade dos processos.

Esta abordagem às metodologias ágeis está conjugada com as práticas realizadas pelas startups, que são empresas cujo objetivo é ter um crescimento exponencial tanto na utilização dos seus serviços ou produtos como na sua dimensão e capitalização.

6.2 Visão de gerenciamento de startups

Embora não seja um propósito como tal que as universidades se comportem e modifiquem suas abordagens metodológicas no estilo de empresas de crescimento exponencial. Uma universidade visa oferecer soluções educacionais para um grupo de indivíduos e sociedades. Portanto, a principal motivação de uma universidade seria oferecer formação educacional em competências e habilidades que são exigidas pela sociedade e pelas organizações que, em uma primeira zona de influência, estão dentro da sociedade em que está inserida. Dada a globalização e eventos disruptivos como a pandemia do COVID-19, o alcance das universidades pode ser significativamente expandido. Portanto,

a universidade pode se tornar um ator globalizado. Para isso, a abordagem educacional das universidades deve entrar em uma dinâmica de constante renovação e adaptabilidade. Verificou-se em pesquisas recentes que as universidades devem adotar abordagens típicas das empresas atuais. Por esta razão, a abordagem ágil na gestão universitária foi desenvolvida na seção anterior. Mas é preciso dar um exemplo de como funciona esse tipo de gestão. Para isso, escolhemos as práticas de startups, que implementam metodologias ágeis para esculpir um nicho de negócios.

As startups se baseiam no desenvolvimento de seus produtos em um modelo recursivo simples: criar, medir, aprender. É preciso entender que a simplicidade da metodologia implica em um processo contínuo de depuração nos processos que estão fora das três estações de desenvolvimento. A coordenação que exige que os grupos de trabalho estejam sincronizados para atingir essa estratégia exige a primeira premissa do desenvolvimento ágil, que é a mudança da cobertura de cargos para a busca por equipes que agreguem valor à empresa. Esse talento é quem propõe ideias, faz planos de trabalho e lidera as ações necessárias para que a ideia alcance o nível de consideração estratégica para entrar no processo de desenvolvimento. Nas universidades, torna-se cada vez mais evidente a desconexão entre o plano de estudos que se propõe ao aluno e as exigências de formação, competências e habilidades que o mercado de trabalho exige. A transição entre um modelo tradicional na elaboração de um percurso formativo não se ajusta à velocidade da procura de programas específicos que tanto as indústrias como as organizações exigem. Assim, para além da metodologia de registrar o cumprimento ou não do que estava estabelecido na ementa de uma determinada disciplina, com toda a carga burocrática associada, uma melhor resposta seria promover a construção de percursos formativos diretamente com as exigências do mercado. Isso equivaleria a colocar em operação o que é conhecido como Produto Mínimo Viável (MVP). É assim que, em uma perspectiva dinâmica, a mensuração da aceitação do produto é o que indica se o que está sendo oferecido é algo que a sociedade exige ou o que um segmento dela exige (Ries, 2011).

Poderia continuar monitorando os processos que podem ser adotados para garantir que as universidades de acordo com as metodologias de gestão empresarial que estão surgindo, no entanto, foi demonstrado que é possível aprofundar pesquisas relacionadas a essas abordagens de gestão que possam revigorar a universidade setor e prevenir seu declínio, fortalecendo sua presença em uma sociedade em constante mudança (Andréu, 2018).

REFERÊNCIAS

Andréu, J. (02 de 2018). Las técnicas de Análisis de Contenido: Una revisión actualizada. . Recuperado el 25 de 06 de 2022

Baumber, A. (2022). Transforming sustainability education through transdisciplinary practice. *Environment, Development and Sustainability*, 24(6), 7622 - 7639. doi:10.1007/s10668-021-01731-3

Bedoya Dorado, C., Murillo Vargas, G., & González Campo, C. H. (2020). Competencias directivas en la gestión universitaria en Colombia. *Educación y Educadores*, 23(4), 685 - 70. doi:https://doi.org/10.5294/edu.2020.23.4.7

Boardman, C. (2015). Designing the New American University by Michael Crow and William Dabars: A Primer for Technology Transfer Academics, Agencies, and Administrators”, to *Journal of Technology Transfer*. *The Journal of Technology Transfer*, 40(5), 1-9. doi:10.1007/s10961-015-9437-4

Cacho, A., Llluncor, M., Bardales, W., & Cabanillas, A. (2020). Paradigmas de la Gestión de Universidades en Latinoamérica. *Revista Pakamuros*, 8(4), 56-64. doi:https://doi.org/10.37787/pakamuros-unj.v8i4.149

Carvajal Rojas, J. H. (2017). La Cuarta Revolución Industrial o Industria 4.0 y su Impacto en la Educación Superior en Ingeniería en Latinoamérica y el Caribe. 15th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology. Boca Raton.

Castro Mbwini, D. N. (2022). La gesttion universitaria. Aportes desde la perspectiva del Ecuador. *Universidad y Sociedad*, 14(2), 547-553.

Ceacero, D. C., & Labao, T. M. (2019). Retos en las funciones de la universidad en la sociedad del conocimiento. *El Guiniguada. Revista de investigaciones y experiencias en Ciencias de la Educación*, 28(2019), 19-30. doi:10.20420/El-Guiniguada.2019.263

Chengbin, W., Hongbin, W., Min, D., & Yongyan, F. (2022). Lean Startup Approaches(LSAs): Convergence, Integration and Improvement. *Technological Forecasting and Social Change*, 179(2022), 12-40. doi:10.1016/j.techfore.2022.121640

Civís, M., Flores, C., & Geis, À. (2022). COORDINACIÓN DE REDES, ALIANZAS Y ENTORNOS EN LA INSTITUCIÓN. Blanquerna: UNESCO.

Cobos-Sanchiz, D., López-Noguero, F., Gallardo-López, J. A., & Martín, M. C. (2022). Incidencia del agotamiento en los docentes universitarios: estudio de caso en una universidad española. *Formación universitaria*, 15(2), 83-92. doi:http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062022000200083

Gallegos Macías, M. R., Galarza López, J., & Almuñías Rivero, J. L. (2022). Los sistemas de información como sustento a la gestión de la calidad en las Instituciones de Educación Superior. *Revista San Gregorio*, 2022(49), 137-149. doi:10.36097/rsan.v0i49.1866

Ghavifekr, S., & Seng, Y. W. (2022). Technology Leadership in Malaysian Schools: The Way Forward to Education 4.0 – ICT Utilization and Digital Transformation. *International Journal of Asian Business and Information Management (IJABIM)*, 13(3), 1-18. doi:10.4018/IJABIM.20220701.oa3

Kettunen, P., Järvinen, J., Mikkonen, T., & Männistö, T. (2022). Energizing collaborative industryacademia learning: a present case and future visions. *European Journal of Futures Research*, 10(8), 1-16. doi:https://doi.org/10.1186/s40309-022-00196-5

Neaga, I. (2019). APPLYING INDUSTRY 4.0 AND EDUCATION 4.0 TO ENGINEERING EDUCATION. Proceedings 2019 Canadian Engineering Education Association conference. Ottawa.

Pujiwati, A., Parulian Hutagaol, I. M., Pasaribu, B., & Pandjaitan, N. K. (2021). Development of Employability Model 4.0 Higher Education Graduates in Indonesia. *Indian Journal of Economics and Business*, 20(2), 389-397.

Ries, E. (2011). *The Lean Startup*. New York: Crown Business.

Tram, P. N., & Tri, N. M. (2021). Developing Higher Education in the Context of Industrial Revolution 4.0. *Multicultural Education*, 7(6), 208-216. doi:<https://doi.org/10.5281/zenodo.4921395>

Vidal-Artal, J.-F., & Miralbes-Buil, R. (2022). Adaptación de la metodología Scrum a la gestión de proyectos de innovación universitarios en la Industria 4.0. *DYNA management*, 10(1), 1-10.

EXPERIENCIA EDUCATIVA EN EL SISTEMA MODULAR ANTE LA EMERGENCIA SANITARIA EN EL TRONCO DIVISIONAL: ESTADÍSTICA

Data de aceite: 03/07/2023

María Dolores Donjuan Morales

Docente/Investigadora en la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco. Departamento de Política y Cultura de la División de Ciencias Sociales y Humanidades. Área de Matemáticas Aplicadas a las Ciencias Sociales.
Ciudad de México, México

RESUMEN: El objetivo principal es dar a conocer algunas “caras” del proceso con que se enfrentó la comunidad del Tronco Divisional de Ciencias Sociales y Humanidades de la Universidad Autónoma Metropolitana unidad Xochimilco, ante la emergencia sanitaria, principalmente en los alumnos del 2º trimestre de “Historia y Sociedad” en el Taller de Estadística. Ante la emergencia sanitaria, que hoy en día ya son dos años y algunos meses, lo primero que habría que revisar cuando inicio, ¿con qué herramientas contábamos al inicio los docentes en la UAM-X?, para lo cual habría que planear un curso virtual por la situación de la emergencia sanitaria, así que cada Docente tendría que utilizar las herramientas tecnológicas a su alcance y conocimiento y/o capacitarse en las

mismas. Lo mismo pasaba con los alumnos, que podríamos pensar que como jóvenes manejan muy bien la nueva tecnología, sin embargo es solo un supuesto ya que si bien manejan diferentes apps, sobre todo en redes sociales a través de su teléfono celular, no así la tecnología adecuada para tomar una clase virtual. Para conocer con lo que contaban hice una encuesta en donde con diferentes preguntas quería saber cómo estaban experimentando esta nueva modalidad, si era nueva o no para ellos; como lo estaban viviendo y percibiendo. Pude obtener algunas reflexiones en su enseñanza- aprendizaje, los recursos con los que contaban, el tipo de tecnología al que tienen acceso, si contaban con internet, entre otras. En este trabajo reflexionamos sobre la clase virtual, que para muchos fue algo nuevo, aunque ya existían varios cursos virtuales asincrónicos. En nuestro caso tuvimos el curso sincrónico y asincrónico, sobre todo para la parte de matemáticas para poder atender al momento las dudas de los estudiantes ya que de otra forma podrían detener su aprendizaje y no avanzar.

PALABRAS CLAVE: Curso virtual, reflexión, tecnología, enseñanza-aprendizaje.

“La enseñanza que deja huella no es la que se hace de cabeza a cabeza, sino de corazón a corazón.”

Del profesor estadounidense Howard G. Hendricks

OBJETIVO

Mostrar algunas “caras” del proceso con que se enfrentó la comunidad del Tronco Divisional de Ciencias Sociales y Humanidades de la Universidad Autónoma Metropolitana unidad Xochimilco, ante la emergencia sanitaria, principalmente en los alumnos del 2º trimestre de “Historia y Sociedad” en el Taller de Estadística.

Objetivos específicos

- Encontrar parámetros de reflexión ante la emergencia sanitaria
- Con que elementos cuentan los alumnos para tomar clases virtuales
- Que tan satisfechos están al tomar un curso virtual
- Que tan satisfechos se encuentran consigo mismos en el curso virtual
- En qué condiciones están tomando el curso virtual
- Que ventajas y desventajas encuentran al tomar un curso virtual

INTRODUCCIÓN

Ante la emergencia sanitaria, que hoy en día ya son dos años y algunos meses, lo primero que habría que revisar cuando inicio, ¿con qué herramientas contábamos al inicio los docentes en la UAM-X?, no sé si se plantearon esta pregunta, sin embargo la Universidad abrió varios cursos, entre ellos el de la Plataforma Envía que está diseñado para el sistema modular, el cual ya tiene varios años funcionando aunque no todos los profesores lo utilizaban como herramienta, quizás por la falta de conocimiento o capacitación. También abrió otro curso, el de la Plataforma Moodle, la cual está basada en un aprendizaje constructivista*, muy similar al Sistema Modular

* En resumen una educación constructivista: postula la necesidad de entregar al estudiante las herramientas necesarias (generar andamiajes) que le permitan construir sus propios procedimientos para resolver una situación problemática.

Como podemos observar es similar al sistema modular, de hecho en ambos así se trabaja.

De acuerdo a lo anterior se tenía que planear un curso virtual por la situación de la emergencia sanitaria, así que cada Docente tendría que utilizar las herramientas tecnológicas a su alcance y conocimiento y/o capacitarse en las mismas, utilizando toda su creatividad para lograr hacer un curso virtual, quizás algunos con experiencia, otros sin ella.

En mi caso, me capacite para ambas plataformas, Envía y Moodle, aunque hay otras más. Decidí utilizar la Plataforma Moodle para las sesiones asincrónicas y Zoom para las sesiones sincrónicas, ya que esto no lo contemplan estas plataformas y la UAM-X nos facilitó las salas de video conferencias a través de zoom, ya que el zoom gratuito sólo es de 40 minutos.

Planifique mi curso en Moodle, con Zoom, el chat del whatsapp en el celular y el correo electrónico institucional tanto de los alumnos como el mío. Así es como vivimos esta experiencia.

Aplique un cuestionario a los alumnos para saber cómo estaban experimentando esta nueva modalidad, si era nueva o no para ellos; como lo estaban viviendo y percibiendo.

REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA MODULAR

- Busca vincular el quehacer universitario con la problemáticas de la realidad social por medio de la reflexión creativa con una intención transformadora.
- Busca romper con el sistema clásico
- Define la enseñanza a partir de su relación con la realidad.
- Diseña módulos a partir de los problemas de la realidad que son convertidos en objetos de estudio los cuales se abordan de manera interdisciplinaria y mediante la investigación científica.
- Facilita la construcción del conocimiento.
- Trabajo de grupo y en equipo
- Participación activa del estudiante en el proceso enseñanza-aprendizaje.
- Combina la teoría con la práctica por medio de la realización de una investigación trimestral, y de la aplicación de este trabajo en una práctica de servicio.
- Integración de tres tareas sustantivas que tiene la universidad: Docencia, Investigación y Servicio.

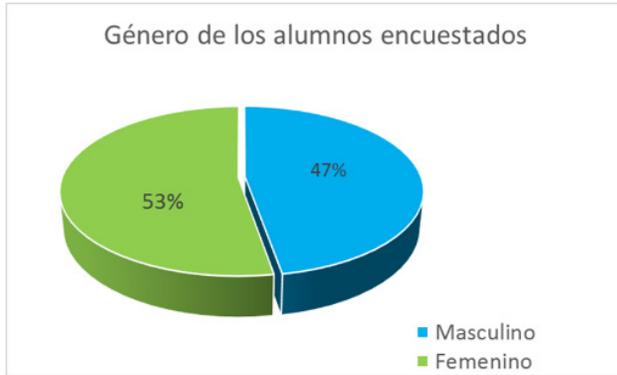
Otra metodología ad hoc al sistema modular: APRENDIZAJE EXPERIENCIAL



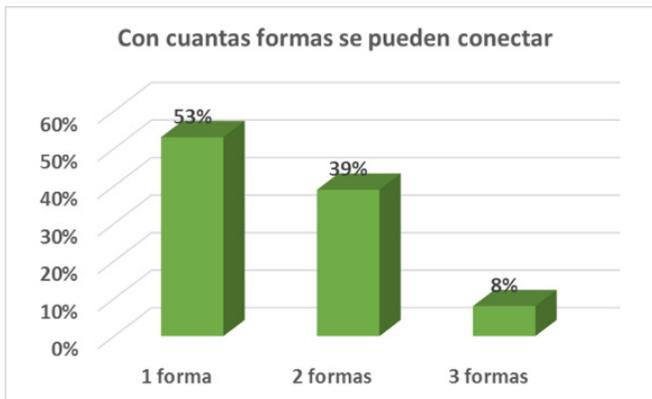
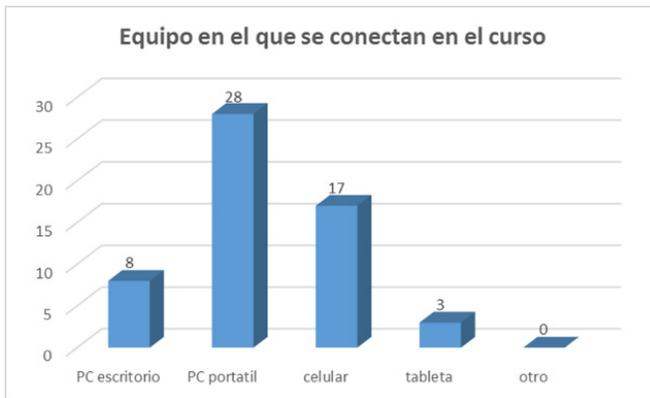
Fuente: Kolb, D.A. (1984) "El aprendizaje experiencial la experiencia como fuente de aprendizaje y desarrollo". Englewood Cliffs. NJ: Prentice Hall.

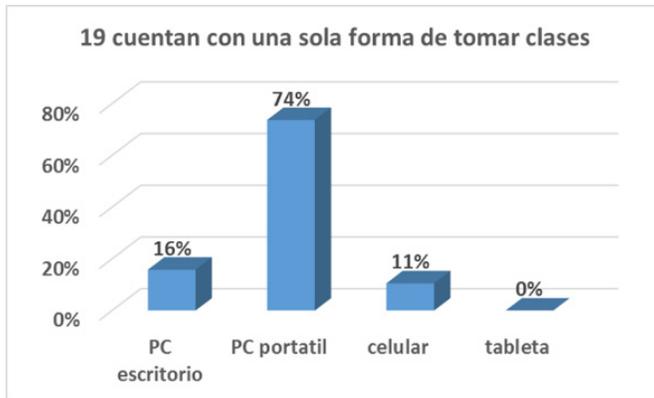
ENCUESTA Y RESULTADOS

En total fueron 36 alumnos los que contestaron

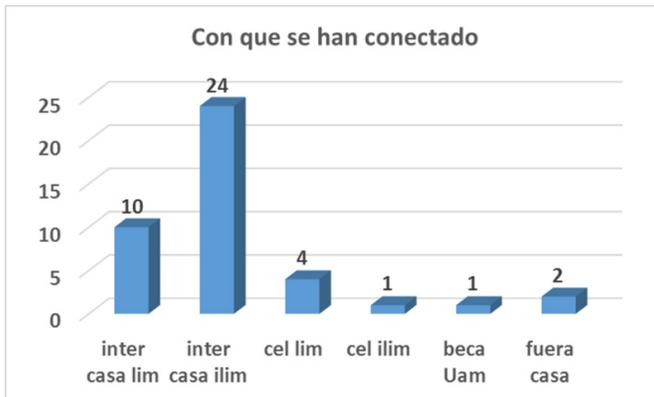


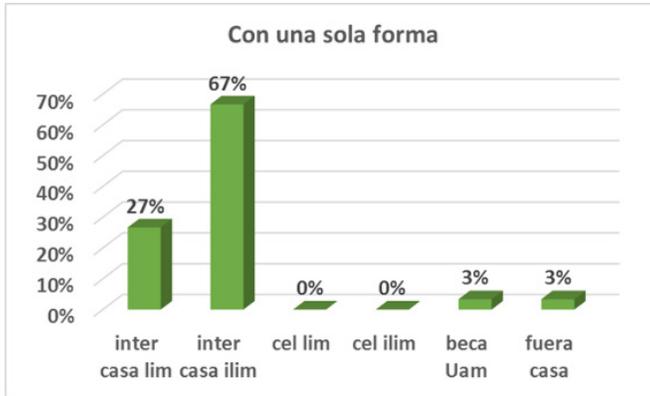
¿Con qué equipo te estás conectando al curso virtual? (puedes elegir varios)



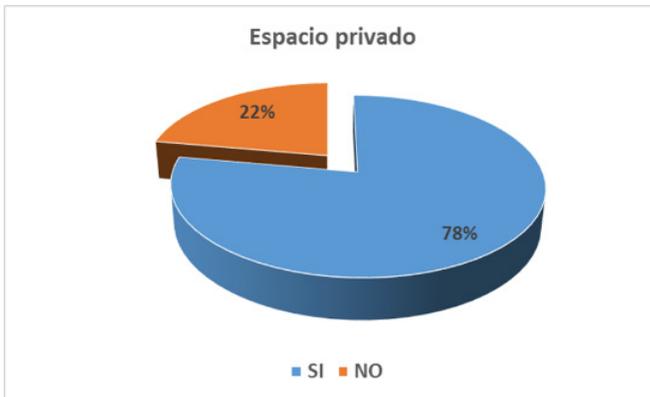


¿Con que te has estado conectando?





¿Cuándo te conectas al curso virtual, estás en un espacio privado?



Algunas razones:

- comparte con otra persona
- no llega internet espacio privado
- convive en espacio reducido
- no tiene
- hermanos y mi mamá hacen Homeoffice

¿Has tomado cursos virtuales antes de este?



Los que dijeron que si:

- era un curso con cuestiones más teóricas que prácticas
- empecé a tomar clases de idioma en línea es dinámica
- En prepa en el temblor Me agradó bastante
- 2019 Moderadamente bueno, me es difícil tomar cursos en línea por la poca interacción que hay

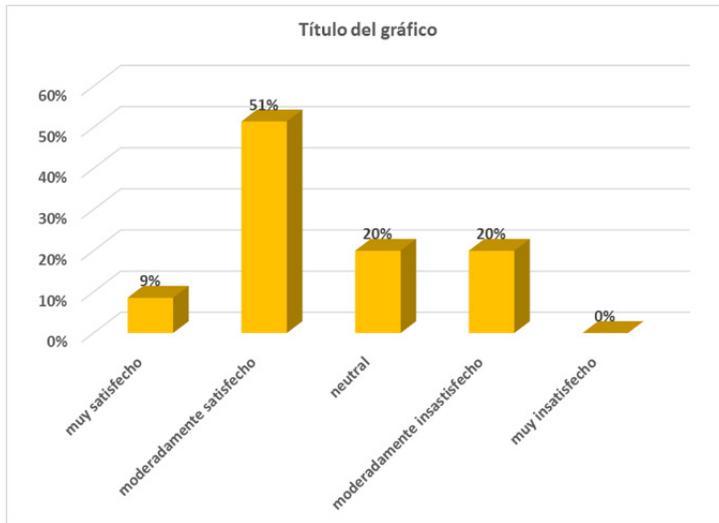
¿Has tenido algún problema al entrar a la plataforma Moodle?



Algunas razones:

- conexión, problema red
- Falla al tratar de entrar, se tarda
- Por la inestable conexión de internet
- Falla de internet y se fue la luz

¿Qué tan satisfactorio te ha sido seguir el curso virtual?



¿Consideras que el material es completo y sencillo de seguir?



Comentarios:

Considero que hizo mucha falta la posibilidad de un diálogo fluido y directo con los profesores para el entendimiento óptimo de las materias

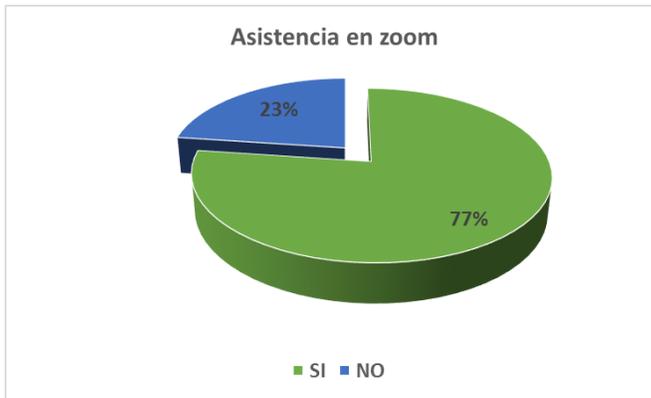
¿Cuánto tiempo a la semana en horas has dedicado por tu cuenta a revisar el material del curso virtual, tareas, foros, sin contar las reuniones zoom?

tiempo a la semana en horas	Número de alumnos
2	1
3	3
4	2
5	7
6	7
7	2
8	2
9	4
10	3
12	1
15	1
16	1
25	1
60	1
	36

¿Cuánto tiempo a la semana en horas has dedicado al trabajo en equipo con tus compañeros?

tiempo a la semana en horas	Número de alumnos
2	2
3	2
4	5
5	5
6	3
7	4
8	4
9	2
10	3
12	1
15	2
20	1
25	1
	35

¿Has asistido a todas las reuniones zoom con el profesor a tiempo?



Algunos comentarios

- Algunas veces no pude debido a mi empleo, tuve juntas temprano
- Se han presentado inconvenientes personales y laborales
- problemas de conectividad
- A veces llegaba tarde del trabajo o no salía a tiempo del mismo

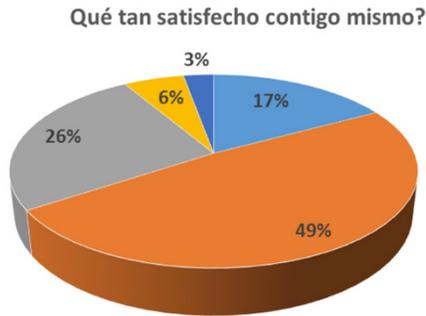
¿Has permanecido en la reunión completa de zoom?



Algunos comentarios

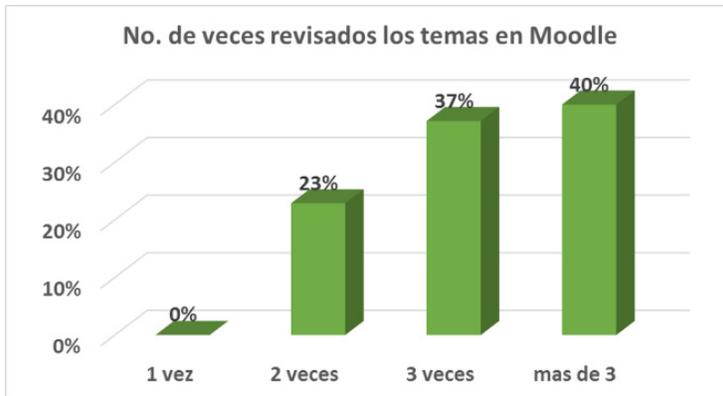
- un día se fue la luz
- No, porque se va la conexión

¿Qué tan satisfecho te encuentras contigo mismo de estudiar y aprovechar el curso virtual?

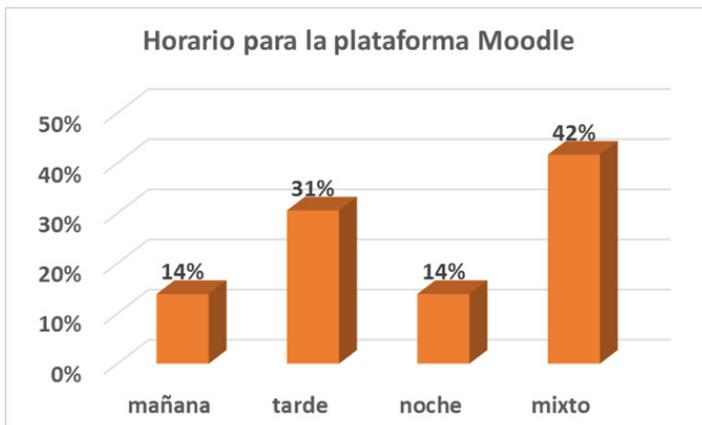


■ muy satisfecho ■ moderadamente satisfecho ■ neutral ■ moderadamente insatisfecho ■ muy insatisfecho

¿Qué tan repetidamente has revisado los temas en la plataforma Moodle?



¿En qué horario(s) has revisado los temas en la plataforma Moodle?



Cómo lo perciben los alumnos:

Ventajas en el curso virtual	Desventajas en el curso virtual
<ul style="list-style-type: none"> • Es sencillo de seguir • Bastante interactiva, la organización apta • Mayor ahorro de tiempo • No me canso en el traslado • Facilita más la puntualidad en los compañeros, hace que sea un poco más dinámico • Que hay más tiempo para poder resolver ya sea tareas, o poder estudiar los temas • Implica menos desgaste físico y menos gasto económico debido a que no se toma transporte • El horario es mas flexible, mas tiempo para poder analizar los temas y buscar información • Poder interactuar vía internet con alumnos y profesores • Se puede administrar mejor el tiempo de estudio • Poder experimentar esta nueva manera de tomar clase • Muy práctico y al alcance de la mayoría de personas • Que ahora me ahorro 4 horas, que antes me hacía en ir y venir de casa a la universidad y viceversa. Como también no tengo que gastar dinero en los pasajes o ya sea en comida. • Se fomenta una capacidad de ser autodidacta • Que la información o las explicaciones están a la hora que yo las necesite checar 	<ul style="list-style-type: none"> • Trabajo en equipo es a veces más complicado • Problemas son por la conexión a internet • No hay convivencia e interacción • Que al no ser presencial en ocasiones la participación se ve más nula • Para un sistema tan dinámico como el modular, su efectividad se ve menguada. • Si no planteas un orden y una rutina te puedes perder fácilmente en las tareas, olvidando algunas o tardando más tiempo de lo debido para realizarlas. De igual manera, hay temas que sería preferible ver en un aula con el maestro explicando • La comunicación se puede ver afectada por la falta de contacto • No hubo tanto convivio y no pude hacer amigos, pero el aprendizaje se realizó bien • Todos dependemos del internet, lo cual nos hace vulnerables ante un apagón o que falle • Es realmente complicado realizar todas las actividades si no se cuenta con computadora, y un espacio adecuado para tomar clases. La dinámica en clase es mucho más lenta y la comunicación no fluye como debería. • Por ser un nuevo funcionamiento, me ha causado mayor estrés

REFLEXIONES

Nos damos cuenta que ante esta emergencia sanitaria, podemos encontrar entre algunos puntos:

- **El tiempo**, la parte sincrónica que realizamos algunos Profesores a través de Zoom otorgada por la UAM-X, en el horario de clase. La parte asincrónica que la di a través de la plataforma Moodle, en donde cada alumno de acuerdo a su tiempo podía entrar y encontrar el material. Para la mayoría resultó una ventaja.
- **El espacio**, el estar en casa, con algunos inconvenientes para algunos, como la falla del internet, en época de lluvias se va la luz, tenerlo limitado, no tenerlo en casa y trasladarse a otro lugar, si sólo tenían celular, entre otros rubros. Al no ser presencial, no hay una dinámica de interacción entre los alumnos y alumnos- docente, el trabajo en equipo un poco complicado, dependiendo la conexión con la que contaba cada alumno.
- **Tecnología**, capacitarse en las herramientas adecuadas para llevar el aula virtual, aunque la mayoría de los jóvenes manejan diferentes app en sus celulares

y se vuelven expertos en su manejo, que no necesariamente son útiles en el aula virtual. Se requiere de otro tipo de herramientas, como las plataformas, el manejo del office como Excel, power point, Word, entre otros.

- **Planeación**, no es lo mismo planear en un aula presencial que en una virtual. Hay diferentes herramientas, en la parte de matemáticas hace falta el pizarrón, que puede ser a través de una tableta, no todos los docentes cuentan con una.
- **Interacción**, Por ejemplo el debate que se enriquece con los comentarios de todos en forma presencial, en ese momento interactuando; a distancia a través de un Foro en forma asincrónica, no tiene esa interacción del momento.
- **Información**, hubo de todo a nivel mundial, que al inicio con mucha incertidumbre, el tipo de medicamentos que se estaban utilizando, cuales servían y cuáles no, no hubo una información certera sino de miedo, eso implica estrés en la población. Hasta que en un país, Italia, empezaron a hacer autopsias para conocer más sobre el virus y se encontraron nuevas alternativas de cura.
- **Estrés**, ocasionado por el encierro, todos lo vivimos de diferente forma, dependiendo el lugar del hogar y con quienes conviven. Los que trabajan o se quedaron sin trabajo, tanto alumnos como miembros de su familia, aunado a las noticias “amarillistas” y la desinformación en lugar de una información seria y científica.
- **Recursos**, cada uno con lo que tiene en casa o con lo que le presten, a veces es la necesidad de toda la familia, si los padres o uno de ellos trabaja a distancia y sólo hay una computadora, y la requieren más de dos en la familia, el hermano que está en otro nivel estudiando o trabajando también. El espacio donde se conectan en internet a veces no es un lugar privado y resulta ruidoso tomar la clase o ponerse a estudiar o trabajar en equipo con sus otros compañeros.

Nos damos cuenta que la tecnología no es la panacea, es una herramienta de apoyo ya sea en un aula presencial o virtual.

URL del video de la presentación: <https://youtu.be/rAVaHWHSaTE>

CURSO EN LÍNEA: PRINCIPIOS DE QUÍMICA

Data de aceite: 03/07/2023

Luis Bello

Tulsa Community College, Northeast
Campus, Tulsa, OK, USA

Resumen: El objetivo de la siguiente ponencia es compartir mis experiencias en la planificación e impartición del curso en línea (online) Principios de Química que se ofrece por el Departamento de Química. Este curso se enseña completamente en línea durante el verano del año 2022 (Junio a Julio) durante 8 semanas, el curso incluye 16 Capítulos, 7 evaluaciones parciales (Quizzes), una prueba a mitad de semestre y un examen final, 4 videos evaluativos y 4 prácticas de laboratorio para realizar en las casas de los estudiantes. Las evaluaciones parciales (quizzes) se realizan todas en línea, con la particularidad de que cada una tenía un promedio de 40 preguntas. La mayoría de selección múltiple y otras de respuestas libres, cada evaluación parcial incluía preguntas de 2 capítulos. El examen de mitad de semestre incluyó los capítulos 1 al 8 y como particularidad tenía una pregunta video, donde el estudiante tenía que grabar un video con su respuesta y adjuntarla. El examen final

cubrió los temas de los capítulos del 9 al 16 y también tenía una sola pregunta video donde el alumno tenía que explicar las partes y el funcionamiento de una celda galvánica, todas las preguntas que incluyen grabaciones de video tienen la mayor puntuación que en este caso era de 10 puntos. Los videos evaluativos se asignaron usando la plataforma Edpuzzle, algunos de los videos asignados estuvieron relacionados con las operaciones básicas de laboratorio, clasificación de reacciones químicas y normas de seguridad. Durante los videos los estudiantes pueden visualizar equipos y experimentos realizados por otros docentes y al mismo tiempo deben responder preguntas que están incluidas y que serán calificadas automáticamente. Los laboratorios todos se realizaron en las casas, a los alumnos se les entrega al inicio de curso un kit de laboratorio con un mínimo de utensilios para facilitar la realización de las actividades prácticas, pero no incluye balanzas que tienen que ser adquiridas por ellos con sus propios recursos. Entre las prácticas de laboratorio que realizaron los estudiantes estuvieron:

- Determinar la densidad del aluminio usando para ello, los

rollos de aluminio que se venden comercialmente en los supermercados.

- Determinar el agua contenida en granos de maíz (Popcorn).
- Determinar de la masa de dióxido de carbono liberado en la reacción entre el vinagre y la soda.
- Preparar de un indicador usando la col morada para determinar cuáles de los productos que se encuentran en la casa son ácidos y cuales básicos.

PALABRAS CLAVES: Enseñanza en línea, enseñanza de la Química

ONLINE COURSE: PRINCIPLES OF CHEMISTRY.

ABSTRACT: The aim of the presentation is to share the author's experiences in planning and delivering the online course Principles of Chemistry, offered by the Department of Chemistry. The course is entirely online and runs for 8 weeks during the summer of 2022 (June to July). It includes 16 chapters, 7 quizzes, a midterm exam, a final exam, 4 graded videos, and 4 laboratory experiments that students can perform at home. The quizzes are all online and each one consists of around 40 questions, mostly multiple choice but also including some free-response questions. Each quiz covers material from 2 chapters. The midterm exam covers chapters 1 to 8 and includes a video question, which students must record and attach their responses. The final exam covers chapters 9 to 16 and consists of a single video question where students must explain the parts and functioning of a galvanic cell. Video questions are worth the highest marks (10 points). The graded videos are assigned using the Edpuzzle platform and cover topics such as basic laboratory operations, chemical reaction classification, and safety rules. Students watch videos of experiments performed by other instructors and must answer the included questions that are automatically graded. All laboratory experiments are performed at home. At the start of the course, students receive a minimum laboratory kit to help them carry out the practical activities, but they must purchase their own scales. The laboratory experiments performed by the students included:

- Determining the density of aluminum using commercially available aluminum foil.
- Determining the amount of water in popcorn kernels.
- Determining the mass of carbon dioxide released in the reaction between vinegar and baking soda.
- Preparing an indicator using purple cabbage to determine which household products are acidic and which are basic.

KEYWORDS: Online teaching, Chemical education.

INTRODUCCIÓN

Tulsa Community College (TCC) es una institución de educación superior ubicada en la ciudad de Tulsa, en el estado de Oklahoma, Estados Unidos. Fundada en 1970, TCC es una de las instituciones más grandes y diversificadas del sistema de universidades comunitarias de Oklahoma, ofreciendo programas de grado asociado, certificados y programas de formación continua en una variedad de áreas, incluyendo artes, ciencias, negocios, tecnología, salud, educación y servicios públicos, entre otros. La misión de TCC es proporcionar una educación accesible y asequible de alta calidad que prepare a los estudiantes para el éxito en la universidad, la carrera y la vida.

Tulsa Community College (TCC) tomó varias acciones para abordar la pandemia causada por COVID-19. Entre otras acciones se incluyeron las siguientes:

- Transaccionó al aprendizaje en línea: TCC rápidamente hizo la transición de sus clases al formato en línea para minimizar la propagación del virus entre los estudiantes, profesores y personal.
- Proporcionó recursos para los estudiantes: TCC proporcionó recursos como computadoras portátiles, acceso a internet y otras tecnologías a los estudiantes que no tenían acceso a ellas en casa.
- Se implementaron las siguientes versiones de cursos a distancia: **Online, Olive y Blended.**

En los cursos **Online** los estudiantes se conectan a las plataformas de enseñanza y desde sus hogares, oficinas o incluso lugares públicos pueden acceder a las clases, evaluaciones e interacciones con el docente. Este tipo de cursos permite el acceso a clases de un gran número de estudiantes que por razones de horario o distancia de la institución se les hace difícil participar de forma presencial en las actividades. Otra de las ventajas de estos cursos es la posibilidad que permite al estudiante de completar las tareas a su propio ritmo.

La versión **Olive** es muy similar a la anterior (online) excepto que los estudiantes tienen determinados encuentros virtuales con los docentes y en muchos de los cursos estos encuentros son de obligatoria participación.

En los cursos **Blended** los estudiantes necesitan participar de forma presencial en algunas actividades asignadas por los profesores, para lo cual deben asistir a los locales de la institución educativa con una frecuencia de asistencia que puede variar, esta modalidad se utiliza, particularmente en el caso de las ciencias para la realización de prácticas de Laboratorios

Las modalidades antes expuestas fueron creadas para dar respuesta a las exigencias de las condiciones creadas por el aislamiento decretado en muchos países, pero muchas de estas modalidades se han mantenido a pesar del retorno a las actividades presenciales, en primer lugar, por las necesidades existentes en los estudiantes, pues

muchos no disponen del tiempo o los medios para poder participar en actividades presenciales sistemáticas. Otra de las razones que sin duda ha permitido la extensión de estas opciones es permitir dar acceso a mucho más estudiantes que de otro modo no podrían tomar esas clases. Y sin dudas el incremento y perfeccionamiento de las plataformas y herramientas disponibles para permitir el acceso remoto.

El presente trabajo tiene como objetivo mostrar las experiencias en una modalidad Online para la enseñanza de la asignatura Principios de Química que se ofrece a los estudiantes en cursos concentrados de 8 semanas durante el verano o en cursos de 16 semanas en la primavera y el otoño.

DESARROLLO

El curso online que se imparte durante 8 semanas en el verano incluye 16 capítulos que se relacionan a continuación.

- 1. The Chemical World**
- 2. Measurement and Problem-Solving**
- 3. Matter and Energy**
- 4. Atoms and Elements**
- 5. Molecules and Compounds**
- 6. Chemical Composition**
- 7. Chemical Reactions**
- 8. Quantities in Chemical Reactions**
- 9. Electrons in Atoms and the Periodic Table**
- 10. Chemical Bonding**
- 11. Gasses**
- 12. Liquids, Solids, and Intermolecular Forces**
- 13. Solutions**
- 14. Acids and Bases**
- 15. Chemical Equilibrium**
- 16. Oxidation and Reduction**

En el curso se matricularon un total de 29 estudiantes y se produjo una baja por ausencia. Se debe señalar que hubo una actividad participación de los estudiantes durante esas 8 semanas, donde se mantuvo una interacción frecuente entre alumnos y docente. Esto es algo importante a destacar, pues en otros cursos con estas características la participación de los estudiantes ha sido mínima.

Para lograr una interacción rápida entre los participantes y con el docente, se asignó una primera actividad de discusión que fue evaluada con 10 puntos donde los estudiantes tenían que hacer un video respondiendo a las preguntas que se relacionan a continuación:

1-What is your name

2- What am I good at?

3. What would I like the teacher to do to help me with this class?

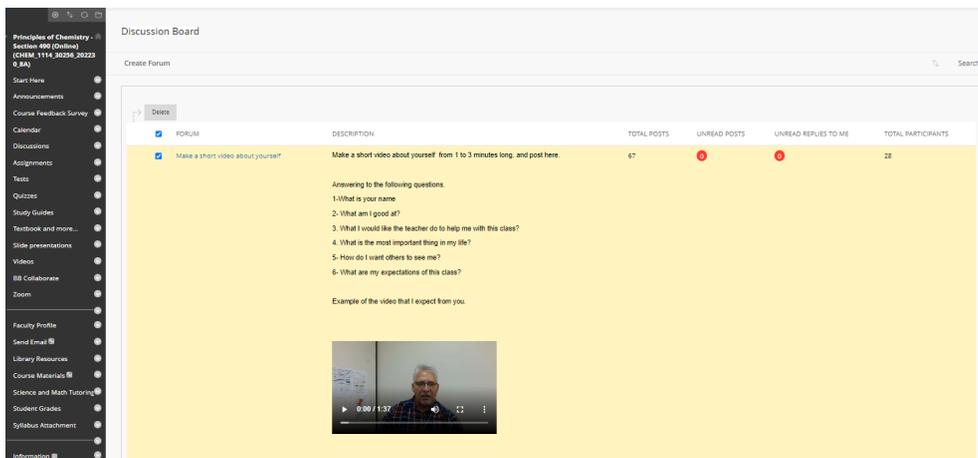
4. What is the most important thing in my life?

5- How do I want others to see me?

6- What are my expectations of this class?

En la figura 1 se puede observar que hubo un total de 67 participaciones en esta discusión, también como aspecto a destacar es que el profesor muestra con un video ejemplo, el tipo de respuesta que se espera del estudiante.

Este tipo de discusión permite conocer un poco más sobre los estudiantes que están matriculados en este tipo de curso, no solo al poder visualizar sus respuestas, sino al conocer sus expectativas y preocupaciones.



The screenshot shows a Blackboard interface for a 'Discussion Board'. On the left is a navigation menu with options like 'Start Here', 'Announcements', 'Course Feedback Survey', 'Calendar', 'Discussions', 'Assignments', 'Tests', 'Quizzes', 'Study Guides', 'Textbook and more...', 'Slide presentations', 'Videos', 'Bill Collaborate', 'Zoom', 'Faculty Profile', 'Send Email', 'Library Resources', 'Course Materials', 'Science and Math Tutoring', 'Student Grades', 'Syllabus Attachment', and 'Information'. The main content area is titled 'Discussion Board' and 'Create Forum'. It displays a forum post with the following details:

FORUM	DESCRIPTION	TOTAL POSTS	UNREAD POSTS	UNREAD REPLIES TO ME	TOTAL PARTICIPANTS
Make a short video about yourself	Make a short video about yourself from 1 to 3 minutes long, and post here	67	0	0	28

Below the table, the post content reads: 'Answering to the following questions: 1-What is your name, 2-What am I good at?, 3-What I would like the teacher do to help me with this class?, 4. What is the most important thing in my life?, 5- How do I want others to see me?, 6- What are my expectations of this class?'. An 'Example of the video that I expect from you' is shown as a video player with a thumbnail of a man speaking.

Figura 1- Discusión introductoria publicada en la plataforma Blackboard.

Otra de las herramientas que se utilizó para la impartición del curso fue el uso de videos que se encuentran en la plataforma educativa Edpuzzle. Se asignaron 4 videos en las primeras 4 semanas, en ellos los estudiantes no solo pueden ver profesores de otras instituciones explicando aspectos relacionados con el curso que están cursando, sino que tienen que responder a preguntas que luego son calificadas y reflejadas en el registro de notas de los estudiantes. Los estudiantes deben hacer una toma de pantalla y enviarla como respuesta a la tarea que se les asignó como se muestra en la figura 2.

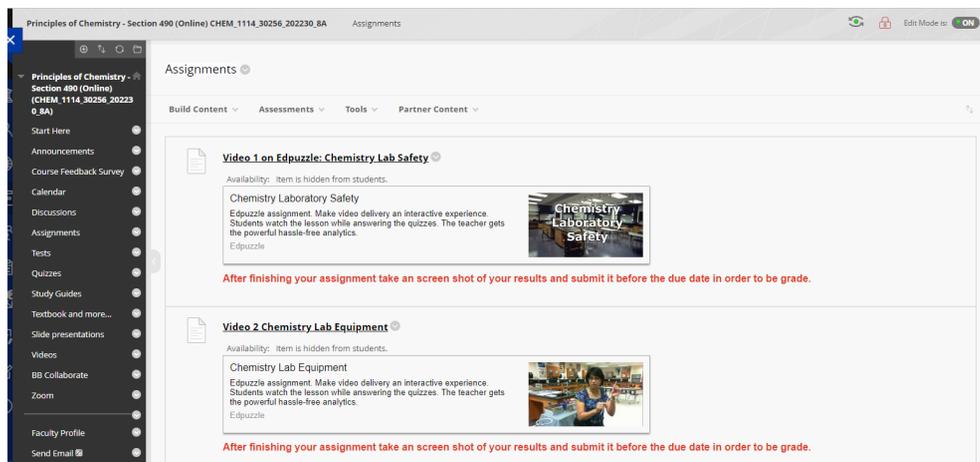


Figura 2- Toma de pantalla de la plataforma Blackboard donde se reflejan algunos de los videos asignados en Edpuzzle.

Los videos de Edpuzzle utilizados fueron los siguientes.

- 1- **Chemistry Lab Safety:** Para aprender y revisar las normas de seguridad de trabajo en un Laboratorio de Química.
- 2- **Chemistry Lab Equipment:** Se muestra y se explica la mayoría de los utensilios que se usan en el Laboratorio de Química.
- 3- **Types of Chemical Reactions:** Se explica la clasificación de las reacciones químicas.
- 4- **Reacciones de precipitación:** Se profundiza en este tipo de reacciones.

PRÁCTICAS DE LABORATORIO

Uno de los aspectos más polémicos entre los docentes del departamento de Química que imparten este tipo de curso es que tipo de prácticas de Laboratorios deben hacerse, como deben hacerse y la forma de evaluar las mismas.

Al comienzo del curso los estudiantes deben recoger un kit de laboratorio como parte de los recursos que están incluidos en el pago de la matrícula, este kit contiene, probeta, tubos de ensayos, espátulas, vasos de precipitados, todos estos utensilios son de material plástico y están destinados para que el estudiante haga la práctica de laboratorios en sus casas. No se incluyen balanzas, ni ningún equipo de calentamiento. También deben firmar un acuerdo de responsabilidad donde se les exige usar las normas de seguridad de trabajo y la exención de responsabilidad de la institución en caso de que ocurran accidentes durante la realización de los experimentos por violar las normas de seguridad.

En el curso de 8 semanas se propusieron las prácticas de laboratorios para hacer en casa que se muestran a continuación en la figura 3, los estudiantes no solo deben escribir un reporte de Laboratorio, sino también, incluir fotos (figura 4) donde se muestran la preparación y ejecución de los experimentos.

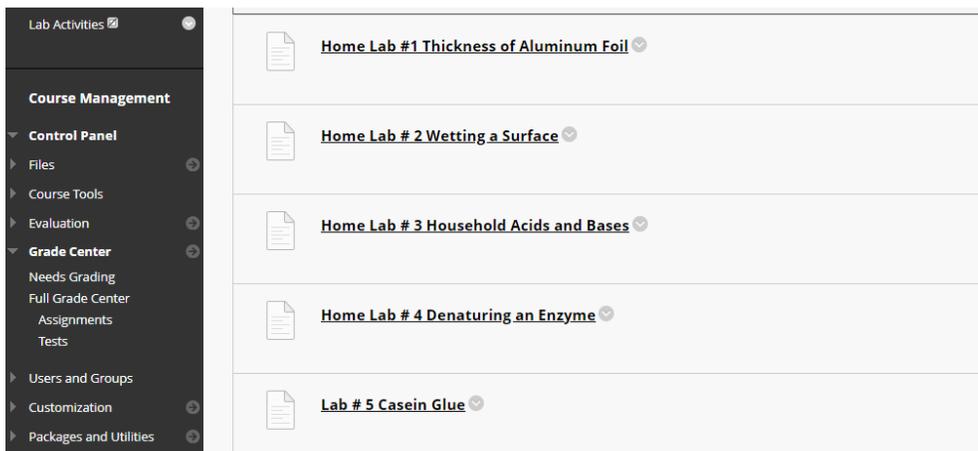


Figura 3- Prácticas de Laboratorios asignadas a los estudiantes.

El objetivo de estas prácticas de Laboratorios estuvo centrado en desarrollar las siguientes habilidades experimentales.

- 1- Determinación de la masa de sustancias y objetos usando balanzas técnicas con una precisión de hasta 0.01 g.
- 2- Medir volúmenes usando vasos de precipitado y/o probetas.
- 3- Identificar soluciones ácidas y básicas.
- 4- Realizar reacciones químicas.
- 5- Calentar sustancias.
- 6- Escritura de reportes de Laboratorios.

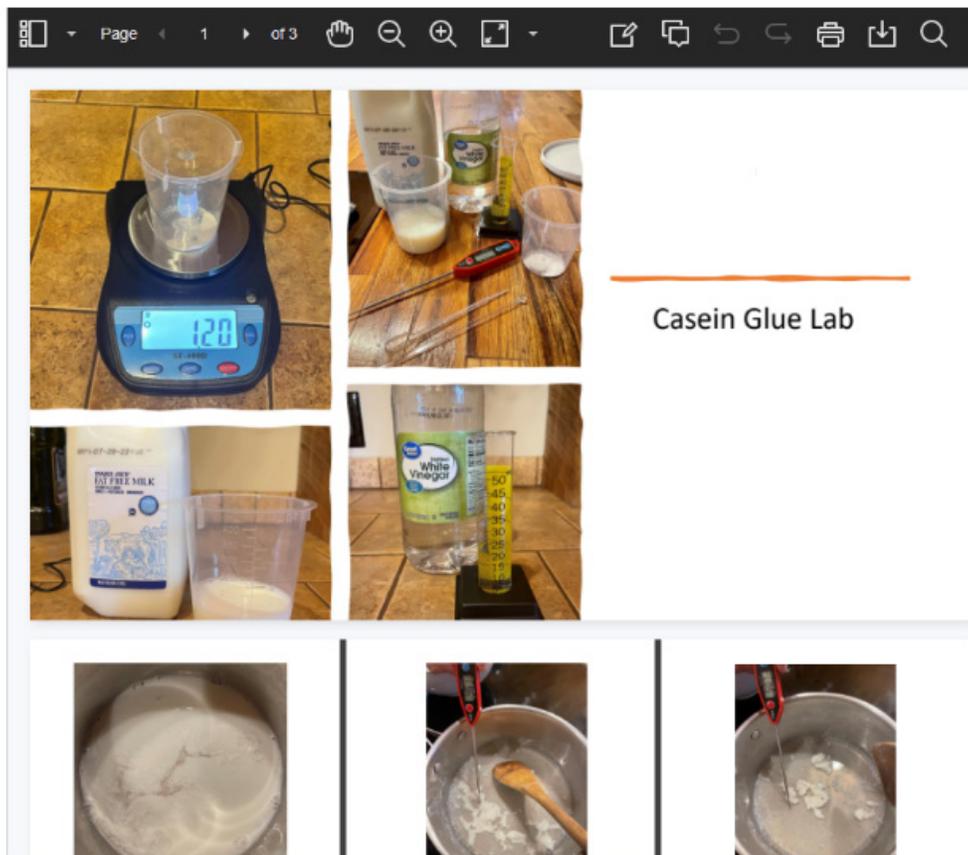


Figura 4- Ejemplo de fotos enviadas por un estudiante como parte del reporte de Laboratorio # 5 Casein Glue.

Las mayores dificultades que presentaron los estudiantes fueron la siguiente:

- 1- Acceso y uso de balanzas, muchos estudiantes tuvieron que comprar las balanzas pues no son suministradas en el kit inicial.
- 2- Acceso y uso a algunos de los materiales necesarios para la realización de las prácticas, tales como el Aluminio, leche, sustancias para la limpieza del hogar. Algunos estudiantes plantean dificultades en la adquisición de estos materiales debido a problemas económicos.
- 3- Falta de habilidades manuales para la realización de los experimentos, estudiantes manifestaron que no podían entender con facilidad las orientaciones que se dan el procedimiento de laboratorio o que no tenían experiencias previas en la realización de estos.
- 4- La escritura de los informes (figura 5) de Laboratorios fue también otra dificultad presentada, a pesar de que se les provecho de un formato para el mismo, no todos los usaban

Chemistry Lab Report Template

Name

Lab Partner(s):			
Lab Experiment:			
Lab Date:		Class:	

Introduction: (What do you expect to learn? What is the purpose of this lab?)

Hypothesis: (Predict the outcome(s) of the experiment, must be in an "if...then format.")

Materials: (What equipment and materials did you need for this lab assignment? Describe how any equipment was connected. Also mention any special hardware or connections. List the name and amount of each item used.)

Data Recording: (Record the data that is required at each step of the lab: tables, charts, graphs, sketches, etc.)

Analysis: (Explain your data in words.)

Conclusion: (What did you learn? What conclusions can you draw from the results of this lab assignment? Compare the results of the experiment with your hypothesis.)

Figura 5- Formato de informe de Laboratorio que se les indicó a los estudiantes para que lo usaran en sus reportes de Laboratorio.

EVALUACIONES

Se realizaron 8 Quizzes, cada uno de ellos incluía dos capítulos, una prueba intersemestral de los capítulos 1 al 8, y un examen final que corresponde a los capítulos 9 al 16, todas estas evaluaciones se realizaron usando las herramientas de la plataforma Blackboard y los estudiantes disponían de una semana para completar la misma, el valor de cada una de estas evaluaciones fue de 50 puntos y las preguntas oscilaban entre 40 a 50 preguntas, la mayoría de las preguntas de selección múltiple con algunas de redacción. Se introdujo por primera vez preguntas videos donde los estudiantes tenían que responder al menos una pregunta de forma oral, para ello graban un video con su respuesta (figura 6)

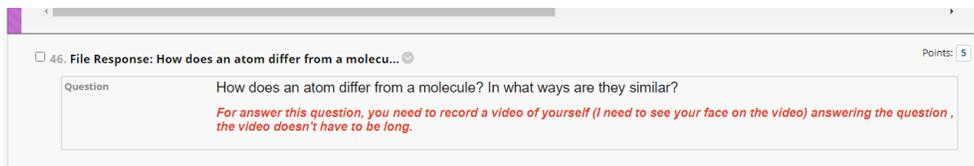


Figura 6- Captura de pantalla de una de las preguntas video.

Los promedios de calificaciones más bajos se obtuvieron en las prácticas de Laboratorios realizadas en sus casas. Una de las mayores dificultades fue en la presentación de los informes de Laboratorio, donde no seguían las orientaciones ofrecidas en el modelo de reporte de la figura 5, problemas de cálculo o conclusiones muy triviales.

Laboratorio	Promedio de calificaciones	Letra equivalente
Lab #1 Thickness of Aluminum Foil [Total Pts: 15 Score] I	11.14	C
Lab # 2 Wetting a Surface [Total Pts: 15 Score]	12.10	B
Lab # 4 Denaturing an Enzyme [Total Pts: 15 Score]	11.28	C
Lab # 5 Casein Glue [Total Pts: 20 Score] I	14.57	C

Tabla 1. Algunos de los promedios más bajos de calificaciones en los laboratorios.

El quiz con menor promedio de calificaciones fue el Quiz 1 sobre los capítulos 1 y 2- (Chemical World y Measurement and Problem Solving) con un promedio de 85.7 (B) y los problemas encontrados es a la resolución de problemas usando cifras significativas.

El promedio de resultados en el examen intersemestral fue de 40.01 puntos de un total de 50 puntos lo que corresponde una letra A para esta evaluación, en el examen final el promedio subió a 42.71 puntos sobre 50.

La calificación final del curso se realizó teniendo en cuenta la puntuación acumulada por los estudiantes durante todo ese semestre y se puede observar en la tabla 2. Donde más del 70 % obtuvo una nota final entre A y B.

Número de estudiantes	Calificación Final del curso	Por ciento
13	A	46.4
9	B	32.1
6	C	21.4
0	D	0
0	F	0
Total: 28		

Tabla 2- Resultados finales del curso.

OPINIONES DE LOS ESTUDIANTES

Al final de cada semestre la institución envía una encuesta a los estudiantes para obtener retroalimentación sobre el curso que acaban de recibir. De los 28 estudiantes solo respondieron 11 estudiantes y la valoración que ofrecen sobre el curso se muestra a continuación.

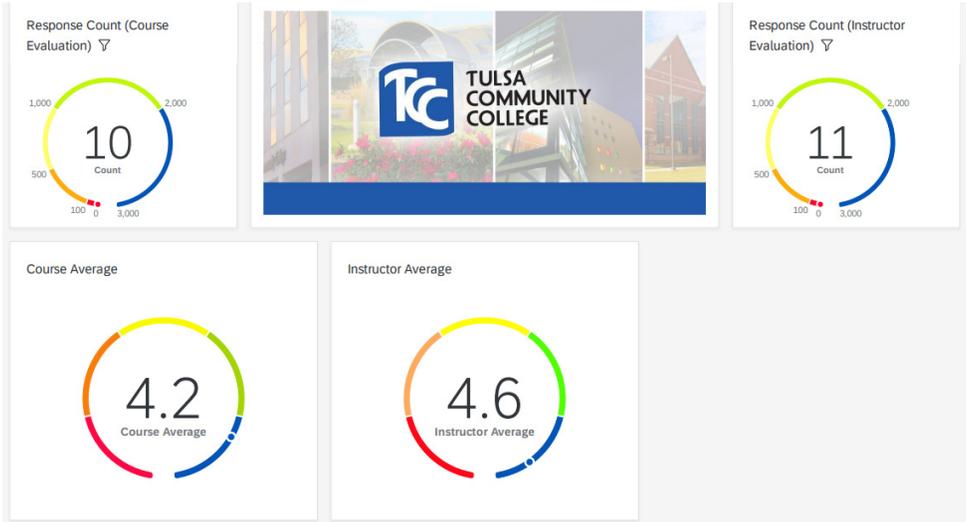


Figura 7- Evaluación general ofrecida por los estudiantes sobre este curso.

A la pregunta sobre las horas dedicadas al estudio de este curso la mayoría dedicó entre 7 a 10 horas semanales. Considerando que semanalmente tenía un Quiz y una actividad de video o Laboratorio y teniendo en cuenta los resultados docentes obtenidos alrededor de 10 horas semanales parecen ser suficientes para este tipo de cursos online.

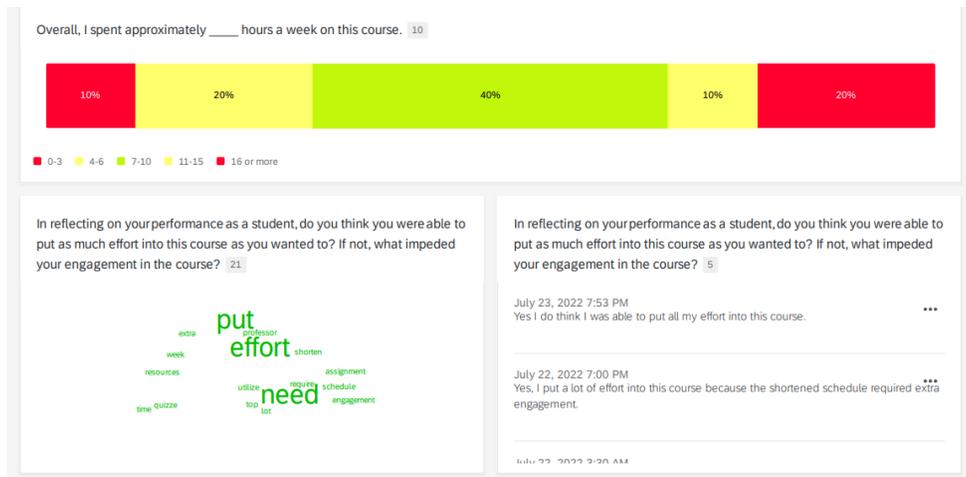


Figura 8- Horas dedicadas por los estudiantes al estudio.

CONCLUSIONES

La enseñanza en línea para la asignatura de Química sin dudas representa un desafío para los estudiantes sobre todo cuando se trata del desarrollo de habilidades experimentales, pero al mismo tiempo es una modalidad necesaria pues permite el acceso a este tipo de cursos a estudiantes que no tendrían la oportunidad de tomarlo a menos que sea en esta modalidad debido a la distancia de los centros educativos o también a los horarios que ellos poseen, pues la mayoría de estos estudiantes tienen responsabilidades laborales y familiares.

La modalidad “Blended” es una opción mucho más factible cuando se trata de las asignaturas que requieren realizar prácticas de Laboratorios y sería la ideal para este tipo de curso, no obstante, también eventualmente excluye a otros potenciales estudiantes.

La realización de prácticas de Laboratorios en casa, a pesar de ser una opción para este tipo de cursos, aún su efectividad es limitada, pues no todos tienen los recursos y/o habilidades para aprender de forma exitosa. El uso de laboratorios virtuales podría ser una opción factible para explorar.

REFERENCIAS

Arce-Castro, J., & Bello, L. (2022). Editora Artemis. *LABORATORIOS VIRTUALES PARA LA ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE QUÍMICA GENERAL EN EL MODELO HÍBRIDO DE FORMACIÓN*, 1-388–416. https://doi.org/10.37572/EdArt_27082265111

Bello, L. (2022). Editora Artemis. *TEACHING A CHEMISTRY COURSE IN THE BLENDED MODALITY*, 1-388–416. https://doi.org/10.37572/EdArt_27082264413

Bello, L. (2022) Presentación oral “Curso en línea: Principios de Química. CIEQ-EE-P003. 3er Congreso Internacional de Educación Química-modalidad híbrida. Sociedad Química de México, Ixtapa-Zihuatanejo, Guerrero, México. 15 al 19 de noviembre de 2022.

Chemistry Lab Report Template: <https://images.sampletemplates.com/wp-content/uploads/2015/04/Chemistry-Lab-Report.jpg?width=600>

HACIA UNA MOVILIDAD SUSTENTABLE: HOJA DE RUTA PARA LA ALCALDÍA GUSTAVO A. MADERO

Data de submissão: 09/05/ 2023

Data de aceite: 03/07/2023

Jacqueline Eunice Jaramillo Zúñiga

Programa de Maestría y Doctorado en
Arquitectura, Facultad de Arquitectura-
Universidad Nacional Autónoma de
México, México

Ma. de Jesús Pérez Orozco

Instituto de Energías Renovables,
Universidad Nacional Autónoma de
México, México

RESUMEN: El crecimiento acelerado de la Ciudad de México (CDMX), ha exigido una mayor demanda de servicios por parte de la población, requiriendo una diversificación de los medios de transporte y los recursos energéticos implementados en cada uno de ellos. Dicha problemática, no ha logrado resolverse durante las últimas décadas, acentuando en mayor escala las desigualdades que enfrentan los individuos con mayor vulnerabilidad a través de las limitadas visiones de equidad, género y de poco dinamismo a nivel socio-espacial, contribuyendo la disparidad entre los centros y las periferias. Actualmente, en la CDMX se ha modificado la estructura espacial tradicional de movilidad, por lo cual, en este trabajo se presenta la propuesta

de una hoja de ruta que contribuya con el mejoramiento del sistema en sus diversas etapas operativas, tomando en cuenta estas características y propiciando acciones objetivas en beneficio del área de influencia. Para ello, fue necesario establecer una metodología que permitiera contextualizar el marco legal, conocer el área de influencia y las características técnicas del sistema. La Hoja de ruta considera cuatro plataformas: ambiental, espacial, social y económica; las cuales, a partir de estrategias y líneas de acción promueven conexiones eficientes, seguras e inclusivas para la movilidad de los usuarios en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM). Se propone que las plataformas sirvan como instrumento de intervención y/o monitoreo en rutas del transporte aéreo, considerando la incorporación de las plataformas que fuesen necesarias para mejorar la calidad de vida de los usuarios, fortaleciendo la comunicación y participación entre la población, instituciones, órganos o dependencias correspondientes, así como vigilar por el derecho de una movilidad segura, eficiente, productiva y sustentable. En cuanto a las edificaciones se propone que no solamente sean analizadas en su programa arquitectónico, sino en los

elementos que mitiguen los impactos ambientales y permitan ahorros energéticos, motivando el uso de energías locales y renovables.

PALABRAS CLAVE: Movilidad sustentable, hoja de ruta, transporte eléctrico, Cablebús.

TOWARDS A SUSTAINABLE MOBILITY: ROADMAP FOR THE GUSTAVO A. MADERO MAYOR'S OFFICE

ABSTRACT: The accelerated growth of Mexico City (CDMX) has imposed a greater demand for services by population, requiring a diversification of transport alternatives and energy resources. During last decades this problem has not been resolved, increasing inequality faced by most vulnerable social groups in terms of limited equity, gender and little dynamism at the socio-spatial level between centers and peripheries. Currently, conventional spatial structure for mobility in CDMX has been modified. In this context, a proposal for roadmap is presented in this work with the aim of contributing to the improvement of this structure at its various operational stages. To this end, a methodology that not only takes into account aforementioned characteristics but also promotes objective actions was developed by identifying applicable legal framework, the corresponding influence area and the technical characteristics of the system. This Roadmap considers four platforms: environmental, spatial, social and economic. Each platform promotes efficient, safe and inclusive connections for the mobility of users in the Metropolitan Zone of Mexico's Valley (ZMVM) through different strategies and lines of action. It is proposed that these platforms serve as an instrument of intervention and / or monitoring in air transport routes, considering the incorporation of the platforms that were necessary to improve the quality of life of users, by strengthening communication and participation between population, institutions, and bodies as well as by monitoring the right to a safe, efficient, productive and sustainable mobility. As for buildings, it is proposed that they not only be analyzed in their architectural context, but also in terms of elements incorporated to mitigate environmental impacts and allow for energy savings and the use of local and renewable energies.

KEYWORDS: Sustainable mobility, roadmap, electric transport, Cablebús.

1 | INTRODUCCIÓN

En 2021 el sector transporte en México consumió 2784.6 PJ de energía, en los cuales el autotransporte contribuyó con el 93.3%. De este consumo, las gasolineras representaron 71.7%, el diésel 25.9%, y con participaciones menores el gas licuado 2.3% y el gas seco 0.1% (Secretaría de Energía (SENER), 2020). Como puede observarse, el consumo de combustibles fósiles es alto, por lo que este sector emite grandes cantidades de emisiones de gases de efecto invernadero contribuyendo así al cambio climático, el cual que representa uno de los problemas más serios de salud pública (International Copper Association México, 2019).

La movilidad se ocupa del conjunto de desplazamientos necesarios de personas y de sus bienes en un determinado territorio. El Gobierno de la Ciudad de México (CDMX) reconoce la movilidad como una necesidad y derecho fundamental para acceder a diversas

oportunidades de empleo, bienestar y recreación. Los crecientes tiempos de traslado y el porcentaje de ingreso destinado para el transporte, merman la calidad de vida de la población en general, sobre todo donde habitan las personas de bajos ingresos. En las últimas décadas la movilidad en la ciudad, así como la zona metropolitana se ha fragmentado y el sistema de planeación y gestión de las redes de infraestructura y de los diferentes modos y servicios de transporte tanto privados como públicos son de baja eficiencia. Los servicios que conforman el sistema de movilidad no se diseñaron desde sus orígenes para integrar una red física de transporte para la CDMX, por lo que su integración es algo prioritario por resolver y con ello se garantizaría un servicio de movilidad integrado, digno e incluyente, ya que la falta de integración se ve reflejada en la calidad de los viajes y genera problemas de desigualdad en el acceso a la capital. Se cuenta con intermodalidad en zonas donde se dispone de la red de transporte público masivo lo que ayuda a un costo menor de traslado y tiempo (Gobierno de la Ciudad de México, 2020b).

En la medida en que se incrementa la distancia entre las zonas habitacionales y los centros laborales (en su mayoría), se tienen que realizar más viajes multimodales, lo que repercute en mayores costos y tiempos de traslado. La población que habita fuera de la zona central depende del transporte colectivo de baja capacidad (formal e informal), siendo una población de ingresos bajos o medios, situación que se intersecta con otras variables como el género o discapacidad que intensifican la brecha social en la zona. Como una posible solución a los problemas de movilidad, la Secretaría de Movilidad de la Ciudad de México (SEMOVI) promovió cambios institucionales en favor de una transición hacia una política de movilidad urbana, unificada para el largo plazo (Gobierno de la Ciudad de México, 2020b).

En el contexto metropolitano, el Valle de México es la región más poblada del país con 21.8 millones de habitantes de acuerdo con (Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2016). La Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM o Valle de México) es el centro económico, financiero, político y cultural de México. Abarca alrededor de 7,866 km² y comprende 16 delegaciones, 59 municipios del Estado de México y un municipio del estado de Hidalgo (OCDE, 2015). De acuerdo con los 34.56 millones de viajes realizados a diario en la ZMVM, se realizan 8.62 millones de viajes en transporte público dentro de la CDMX y 6.88 en los Municipios Conurbados, distribuyéndose mayoritariamente en colectivos (microbús o combis) en un 67.8%, en la CDMX y un 82.1% en el Estado de México, seguido de viajes en metro, taxi, metrobús-mexibús, autobús suburbano, mototaxis, entre otros (Gobierno de la Ciudad de México, n.d.). Los tiempos promedio de traslado que realizan las mujeres en la alcaldía GAM oscilan entre una hora treinta hasta dos horas quince y en el caso de los hombres, en la misma alcaldía oscilan entre una hora treinta y dos horas en promedio (Gobierno de la Ciudad de México, n.d.). Bajo este escenario, soluciones como el Cablebús resultan ser una alternativa viable que facilita la conectividad con el resto de la red de transporte público masivo, además de

superar barreras naturales como lo son barrancas y cerros, ya que la CDMX se ubica en una cuenca rodeada de montañas (Gobierno de la Ciudad de México, 2020b).

De acuerdo al Plan de Reducción de Emisiones del Sector Movilidad en la CDMX, se espera unificar el sistema de movilidad de la ciudad, entre las modalidades de transporte a integrar, se encuentran el metro, tren ligero, trolebús, sistema Metrobús, Red de Transporte de Pasajeros (RTP), tren suburbano, Cablebús y Mexibús (Gobierno de la Ciudad de México, 2019, 2021d). Actualmente, los modos de transporte masivo completamente eléctricos en la ciudad son el Metro, el Tren ligero, el Trolebús y el Teleférico o Cablebús, cuyo desarrollo comenzó en 2019 en la CDMX, destinado para el transporte público colectivo. Su integración ha modificado completamente la estructura espacial tradicional de movilidad urbana (de lo terrestre a lo aéreo) (Instituto Mexicano del Transporte (IMT), 2020). La incorporación de estaciones de transporte público (multimodal), en entornos periféricos y densamente poblados, promueven la alteración del entorno, de la imagen urbana y modifican las dinámicas socioespaciales. Por ello, en este trabajo se aborda la arquitectura del transporte en lo local y se propone una Hoja de ruta que contribuya con el mejoramiento del sistema en sus diversas etapas operativas.

2 I MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL

A nivel Federal, entre los objetivos de la Sexta Comunicación Nacional sobre el Cambio Climático, se encuentra la reducción en un 22% de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) generadas en el país para el año 2030 (SEMARNAT-INECC, 2018). Por su parte, en el Plan Nacional de Desarrollo (2019-2024), Estrategia 2.8.3 se propone fomentar junto con los gobiernos locales, esquemas de impulso a la movilidad accesible y sostenible priorizando los modos de transporte público eficientes y bajos en emisiones (Secretaría de Gobernación, 2019).

En la CDMX se cuenta con la Ley de Movilidad, donde se promueve que la movilidad esté al alcance de todos, sin discriminación de género, edad o condición y a costos accesibles. Además, se busca solucionar el desplazamiento de personas y sus bienes con efectos sobre la calidad de vida y el medio ambiente (Gaceta Oficial del Distrito Federal, 2014). Esta Ley ha sido fundamental para el marco de desarrollo de políticas públicas de movilidad, al considerar una nueva jerarquía de usuarios. Así mismo, establece principios hacia una mayor sustentabilidad e inclusión.

El Programa de Gobierno 2019-2024 menciona que, en dicho periodo, las personas estarán en el centro de las políticas de movilidad urbana y bajo esta premisa, los sistemas, programas y proyectos de movilidad se orientarán a incrementar la accesibilidad, disminuir los tiempos de traslado y garantizar viajes cómodos y seguros para toda la ciudadanía. Así mismo, se buscará priorizar a los medios que más personas transporten y que menos contaminen y se impulsarán políticas públicas que contribuyan a generar una ciudad

incluyente, accesible y equitativa, garantizando, a su vez, tarifas accesibles para la población. En su estrategia 1.1 se consideró como una meta al 2019 el 5% de incremento de la red de transporte masivo y el inicio de construcción de sistema Cablebús (Gobierno de la Ciudad de México, 2020a). Este proyecto social atiende a zonas de alta densidad poblacional, disminuyendo tiempos de traslado y brindando un servicio seguro e innovador, para así combatir la desigualdad social y aumentar el acceso a oportunidades (Gobierno de la Ciudad de México, 2021a).

Si bien el uso de medios de transporte por electricidad no elimina el uso de combustibles fósiles, sí acelera la transición hacia una matriz energética más limpia sobre todo si la electricidad es generada a partir de fuentes renovables de energía.

Finalmente, cabe mencionar que dentro de los objetivos del Plan de Reducción de Emisiones del sector movilidad en la CDMX está el reducir las emisiones de contaminantes criterio de fuente móviles en un 30% al año 2024 así como incrementar la cobertura del sistema integrado para evitar o reducir los viajes en modos motorizados individuales, por mencionar algunos (Gobierno de la Ciudad de México, 2019).

3 | **ÁREA DE INFLUENCIA DEL CABLEBÚS, LÍNEA 1**

En este trabajo, se aborda el caso del Cablebús, Línea 1 que inició operaciones en julio de 2021. Comprende un recorrido desde la estación de Indios Verdes hasta la estación Cuauhtepac, adentrándose en uno de los centros de barrio de la CDMX, la Alcaldía Gustavo A. Madero, la cual se localiza al norte de la capital. Se consideraron 5 municipios del Estado de México que colindan y forman parte de la ZMVM: Tlalne pantla de Baz, Tultitlan, Coacalco, Ecatepec y Nezahualcóyotl, véase la Figura 1.

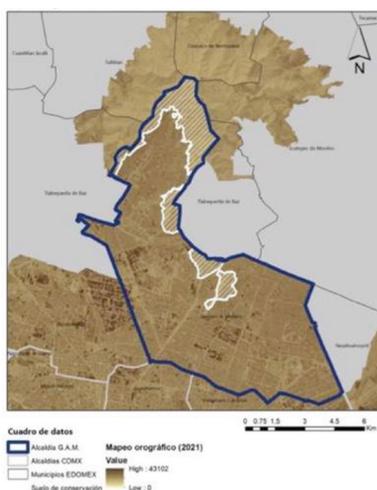


Figura 1. Área de influencia del Cablebús Línea 1.

Fuente: Mapeo orográfico de la periferia Norte de la Ciudad de México. Elaboración propia a partir de fuentes oficiales. USGS 2021

El Cablebús presta el servicio de transporte público para zonas con condiciones topográficas de difícil acceso, conectando principalmente con el Metro - Línea 3, Estación Indios Verdes, Metrobús Línea 1 y 7 y el sistema de transporte foráneo. La zona de estudio abarca el recorrido que se traza para la Línea 1 que va de Indios Verdes a Cuatepec, véase la Figura 2. Es un valle enclavado en la sierra de Guadalupe y el cerro del Chiquihuite, conformada por asentamientos irregulares. El proyecto se trazó con una dimensión social de 1.16 millones de habitantes en un radio de 700 metros a lo largo del trazo, con un impacto para el 26% de la población, lo cual representa 305,278 habitantes beneficiados, de los cuales, un 75% cuenta con niveles de ingreso bajo a muy bajo (Gobierno de la Ciudad de México, n.d.). Las especificaciones del proyecto se resumen en la Tabla 1.



Figura 2. Recorrido del Cablebús, Línea 1 (Indios Verdes a Cuatepec) CDMX.

Fuente: (Gobierno de la Ciudad de México, 2021a).

Tecnología:	Telecabinas monocabla de pinzas desembragables
No. de torres del recorrido:	63
No. de estaciones:	5 principales
Longitud de operación:	9.4 km
No. de cabinas:	374
Capacidad de la cabina:	10 personas (6 con estándares de sanidad)
Capacidad máxima:	De la E1-E5 de 4,000 pax/hr/sentido y de la E4-Antena 1,000 pax/hr/sentido
Longitud del trazo:	7.7 km troncal y 1.7 km del sistema Antena Chiquihuite
Velocidad de traslado:	6.0 m/s (21.6 km/h)
Tiempo del recorrido:	25 min 04 segundos
Costo:	\$7.00 pesos
Modo de pago:	Tarjeta de Movilidad Integrada

Exención de pago:	Personas mayores de 60 años Personas con discapacidad que cuenten con la Tarjeta de Gratuidad Niños (as) menores de 5 años Personas que integran la Comisión de Participación Comunitaria de la CDMX Personas integrantes de la Red de Contralorías Ciudadana
Horario:	de 5:00 a 23:00 horas de lunes a viernes; de 6:00 a 23:00 horas los sábados; y de 7:00 a 23:00 horas domingos y días festivos
Empresa que operará durante el primer año:	Doppelmayr

Tabla 1. Especificaciones del proyecto.

Fuente: Elaboración propia con datos de (Gobierno de la Ciudad de México, 2021a), (Forbes México, 2021) (Gobierno de la Ciudad de México, n.d.), (Gobierno de la Ciudad de México, 2021e).

Cabe resaltar que cada estación de la Red de Transporte Cablebús incorporará en sus instalaciones un proyecto de desarrollo social: espacios deportivos, espacios culturales o espacios comerciales (Gobierno de la Ciudad de México, n.d.). Así mismo, representa una mejora importante en la experiencia de viaje para los usuarios ya que es un medio de transporte rápido y cuenta con wifi en estaciones y cabinas (Gobierno de la Ciudad de México, 2021c). En cuanto a seguridad se refiere, el Gobierno de la CDMX mencionó que se cuenta con el sistema electromecánico de última generación Doppelmayr D-Line, el cual brinda protocolos de seguridad en caso de tormentas, incendios o sismos; sistemas de respaldo para la operación y/o evacuación; elementos de control automatizados durante todo el recorrido; y constante comunicación entre los usuarios y el personal operativo (Gobierno de la Ciudad de México, 2021b). De acuerdo con (Banco Mundial, 2020) los teleféricos y sus proyectos urbanos pueden aportar la flexibilidad y adaptabilidad necesarias para mejorar la calidad de vida en barrios marginales, mejorar la calidad del transporte y espacios públicos, así como reducir el hacinamiento y la desigualdad social.

4 | METODOLOGÍA

Para la elaboración de la Hoja de ruta, fue necesario:

1. Contextualizar a partir de una revisión bibliográfica el marco legal y gubernamental con la finalidad de conocer las diferentes estrategias o instrumentos que orienten y estimulen el desarrollo de proyectos como el del Cablebús.
2. Conocer el área de influencia del proyecto y las características técnicas del sistema.
3. Definir el alcance de la hoja de ruta para futuras conexiones, tomando en cuenta los medios de movilidad existentes.
4. Identificar y definir las plataformas de crecimiento y sus respectivas líneas de acción que permitan promover la intervención de actores sociales, políticos

y de diversas disciplinas con el fin de fomentar una movilidad sustentable considerando el costo-beneficio.

5. Involucrar a la ciudadanía en los planes y programas futuros relacionados al desarrollo urbano.
6. Promover la participación de las instituciones y órganos correspondientes para el cumplimiento de las líneas de acción transversal.

En estos pasos se retomaron principios analizados en los Objetivos Clave de Implementación de los principios de movilidad para la vida urbana del Instituto de Políticas para el Transporte y Desarrollo (Instituto de Políticas para el Transporte y Desarrollo (ITDP), 2017) y el estándar de DOT, donde se abordan procedimientos de investigación y de identificación de problemáticas desde la escala local para poder involucrar a la ciudadanía y de esa forma promover acciones que den pie al bienestar social, así como la atención de los impactos por intervenciones urbano-arquitectónicas.

5 | HOJA DE RUTA: CONSIDERACIONES DE DISEÑO PARA FUTURAS CONEXIONES DE TRANSPORTE PÚBLICO AÉREO POR CABLE EN ZONAS PERIFÉRICAS

A partir del trabajo realizado por (Jacqueline Eunice Jaramillo Zúñiga, 2023) sobre las características de la arquitectura en medios de movilidad de usuarios y bienes, se identificaron elementos que fortalecen la estructura del transporte a partir de elementos arquitectónicos y de la relación objeto-sujeto-entorno, mismos que deben escalar a las necesidades que se presenten, para aportar mayores beneficios a la sociedad, véase la Figura 3.



Figura 3. Consideraciones de diseño para futuras estaciones multimodales.

Fuente: (Jacqueline Eunice Jaramillo Zúñiga, 2023).

Dado que el proyecto del Cablebús es reciente en la CDMX, la finalidad de esta Propuesta de Hoja de Ruta es encaminar los nuevos proyectos y trayectos así como las gestiones de movilidad para mejorar el sistema de transporte público aéreo en la Ciudad de México y en específico en la Alcaldía Gustavo A. Madero. Replanteando los planes integrales con visiones que promuevan la seguridad de los habitantes debajo de la ruta del Cablebús así como de los usuarios que toman esta alternativa de transporte. De tal manera, se presentan cuatro plataformas de crecimiento y sus respectivas líneas de acción que promueven la intervención de actores sociales, políticos y de diversas disciplinas con el fin de fomentar una movilidad sustentable dentro de la Zona Metropolitana del Valle de México, véase la Figura 4 y la Tabla 2.

La Hoja de Ruta, plantea como objetivo proponer y evaluar líneas de acción a partir de plataformas que permitan monitorear el buen funcionamiento y las mejoras del proyecto en el corto, mediano y largo plazo. Entendiendo como plataforma, una superficie horizontal plana, que sirve de apoyo o base para la siguiente, por lo cual el uso del término se destinará al crecimiento paulatino de diversas acciones que apoyen la estructura actual del Cablebús y que se contemplen dentro de una ruta de mejora para futuras conexiones de movilidad. Logrando con esto un crecimiento con un enfoque horizontal y vertical, mismos que se describen a continuación:

Ambiental: Establecer las bases para la infraestructura del transporte público de menor impacto ambiental, así como la inclusión de energías renovables en el proyecto, tanto para el abastecimiento del sistema como para su operatividad, en lo arquitectónico y en el desplazamiento de las cabinas.

Espacial: Utilizar el territorio urbano y arquitectónico como elementos de cohesión social con proyectos culturales, sociales, recreativos, entre otros.

Social: Visualizar la importancia de la participación ciudadana en la toma de decisiones sobre el espacio público urbano, involucrando de manera activa a grupos de la sociedad civil, sector privado/público, la academia, asociaciones, organismos de cooperación, entre otros.

Económico: Promover núcleos económicos cercanos a las estaciones de transporte público, mismas que impacten las zonas de vivienda densamente pobladas, disminuyendo los traslados y fomentando la inclusión de diversos grupos dentro de la sociedad.

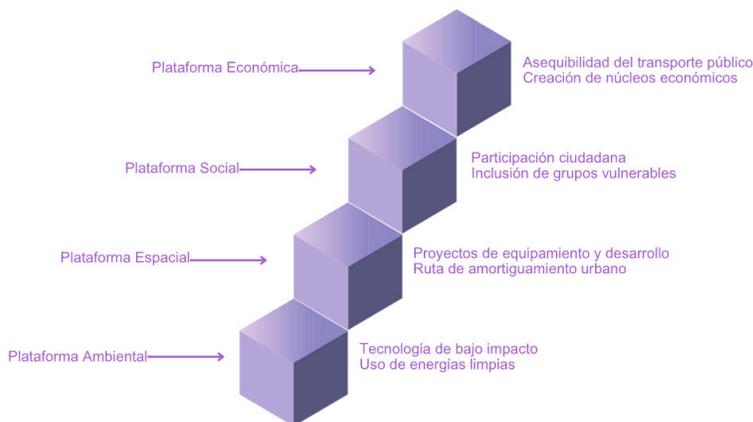


Figura 4. Propuesta de Hoja de Ruta.

Fuente: Elaboración propia.

Plataformas	Líneas de acción	Impacto arquitectónico
Ambiental		
1. Tecnologías de bajo impacto	1.1 Incorporar medios de transporte con tecnologías eficientes y limpias que puedan interconectarse con medios de transporte multimodal.	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer una mejor integración del objeto arquitectónico con el medio ambiente, desde el diseño, la producción, el uso y el abandono del edificio, de tal manera de aprovechar la energía solar en primera instancia como medida de sustentabilidad. • Propiciar la generación de tecnologías locales que impulsen la movilidad de la población, tanto en la generación de empleos como el impacto para la población cercana a las estaciones de transporte público, así como beneficios para sus viviendas.
	1.2 Favorecer la movilidad cotidiana, respetuosa con el medio ambiente y la equidad económico-social.	
2. Uso de energías limpias	2.1 Identificar la tecnología más viable que proporcione la electricidad que consume el Cablebús a partir de fuentes renovables.	<ul style="list-style-type: none"> • Explorar alternativas energéticas a partir del estudio de zona y del mejoramiento del sistema y la producción de sistemas nacionales. • Involucrar a las autoridades para los apoyos de la comunidad y el mejoramiento de los inmuebles residenciales.
	2.2 Promover la articulación y armonización de las políticas públicas que propicien la movilidad sustentable de la Ciudad.	
Espacial		
3. Proyectos de equipamiento y desarrollo	3.1 Promover la articulación y armonización de un marco legal y regulatorio que integre el desarrollo urbano a partir de las necesidades de la población.	<ul style="list-style-type: none"> • Promover mayor participación de la ciudadanía para la integración de proyectos con enfoque social que permitan el desarrollo urbano y humano de la población, de acuerdo con entrevistas realizadas en campo, se prefieren actividades deportivas cercanas a las estaciones de transporte público. • Llevar a cabo campañas informativas que permitan a las personas conocer la condición del inmueble que habitan, así como las alternativas de crecimiento o ampliación, de tal manera que no pongan en riesgo su patrimonio ni a las personas que habitan los inmuebles.
	3.2 Regular el crecimiento vertical de las viviendas.	

4. Ruta de amortiguamiento urbano	4.1 Considerar una ruta de amortiguamiento de emergencia en caso de siniestro o desplome/ caída de las cabinas, de tal manera de proporcionar la mayor seguridad posible a los individuos.	<ul style="list-style-type: none"> • Emplear estrategias a partir de la arquitectura para proporcionarle a la población mayor seguridad con la integración de nuevas propuestas de transporte público. • Desarrollar estrategias de rescate en caso de siniestro, desde las azoteas de las viviendas, de tal manera de utilizar las quintas fachadas que han adquirido la calidad de derecho de vía.
	4.2 Propiciar la confianza respecto a la seguridad de los usuarios en caso de siniestros.	
Social		
5. Participación ciudadana	5.1 Llevar a cabo evaluaciones de satisfacción, calidad y percepción del servicio involucrado en la movilidad urbana, mediante el uso de encuestas y/o entrevistas.	<ul style="list-style-type: none"> • Integrar en el programa arquitectónico de las estaciones multimodal de transporte público, mecanismos de lectura, evaluación y revisión del sistema, de tal manera de detectar oportunamente los riesgos del sistema. • Integrar espacios de reactivación social al interior y exterior de las estaciones, con el fin de desarrollar actividades que involucren a la población, a grupos vulnerables y a la reactivación de actividades con enfoque social.
	5.2 Organizar talleres/foros de discusión con la academia, instituciones de gobierno, población en general, con el fin de identificar mejoras al sistema de movilidad y dar a conocer la viabilidad de nuevos medios de transporte.	
6. Inclusión de grupos vulnerables	6.1 Ofertar actividades que propicien el desenvolvimiento social de los grupos con mayor vulnerabilidad, así como la integración con el resto de la comunidad para erradicar la segregación y discriminación social.	<ul style="list-style-type: none"> • Llevar a cabo censos de grupos con mayor vulnerabilidad para la integración de espacios que les permitan integrarse con el resto de la población, así como llevar a cabo talleres para la prevención de riesgos. • Analizar alternativas de movilidad para los desplazamientos de la población hacia las estaciones de transporte multimodal, de tal manera que se extiendan vías de inclusión social y se facilite el desplazamiento de las personas, aún en zonas con topografías complejas.
	6.2 Garantizar mayor protección para personas con capacidades diferentes así como de grupos vulnerables, promoviendo la equidad y una movilidad segura.	
Económica		
7. Asequibilidad del transporte público	7.1 Proporcionar medios de transporte público a costos razonables y asumibles por la población.	<ul style="list-style-type: none"> • Informar sobre los subsidios al transporte público, así como el impacto para la población en optar por nuevas modalidades de transporte público.
	7.2 Establecer acciones de mantenimiento que mantengan el óptimo funcionamiento del sistema de transporte público.	
8. Creación de núcleos económicos	8.1 Propiciar la creación de núcleos económicos cercanos a las estaciones de transporte público que ofrezcan beneficios no solo a las viviendas cercanas a las estaciones sino a los alrededores.	<ul style="list-style-type: none"> • Optimizar los tiempos y traslados, así como las actividades que podrían desarrollarse para mejorar las condiciones socioeconómicas de la población.
	8.2 Incrementar la creación de empleos dentro del sistema de transporte Cablebús, con el fin de generar ingresos en la población inmediata.	

Tabla 2. Líneas de Acción para una movilidad sustentable.

Fuente: (Jacqueline Eunice Jaramillo Zúñiga, 2023).

6 | CONCLUSIONES

La hoja de ruta que se propone en este trabajo, se desarrolló a partir de las problemáticas presentes en el área de influencia, la cual, tras comprender las disparidades a partir del desarrollo y la extensión territorial de las ciudades, revelan las áreas de oportunidad para combatir las desigualdades sociales en los procesos de urbanización, equipamiento y dotación de servicios públicos.

Se propusieron y desarrollaron cuatro plataformas: ambiental, espacial, social y económica, las cuales, a partir de estrategias y líneas de acción promueven conexiones eficientes, seguras e inclusivas para la movilidad de los usuarios en la ZMVM. Se plantea que las plataformas sirvan como instrumento de intervención y/o monitoreo en rutas del transporte aéreo en la CDMX, considerando la incorporación de las plataformas que fuesen necesarias para mejorar la calidad de vida de los usuarios, fortaleciendo la comunicación y participación entre la población y órganos, instituciones o dependencias correspondientes, así como velar por el derecho de una movilidad segura, eficiente, productiva y sustentable. Así como edificaciones que no solamente sean analizadas en su programa arquitectónico, sino en los elementos que mitiguen los impactos ambientales y permitan ahorros energéticos, motivando el uso de energías locales y renovables y propiciando alternativas para evitar la suspensión del sistema en caso de problemáticas con la energía eléctrica.

REFERENCIAS

Banco Mundial, Blogs. (2020). *¿Pueden los teleféricos revitalizar las zonas marginales de Lima?*. <https://blogs.worldbank.org/es/latinamerica/pueden-los-telefericos-revitalizar-las-zonas-marginales-de-lima>

Forbes México. (2021). *Cablebús: horario, tarifa, ruta, esto debes saber sobre el nuevo teleférico*. <https://www.forbes.com.mx/cablebus-horario-tarifa-ruta-esto-debes-saber-sobre-el-nuevo-teleferico/>

Gaceta Oficial del Distrito Federal. (2014). *Ley de Movilidad de la Ciudad de México*.

Gobierno de la Ciudad de México. (n.d.). *Ingeniería Sustentable para la Ciudad de México*.

Gobierno de la Ciudad de México. (2019). *Plan de reducción de emisiones del sector movilidad*. <https://www.jefaturadegobierno.cdmx.gob.mx/storage/app/media/plan-reduccion-de-emisiones.pdf>

Gobierno de la Ciudad de México. (2020a). *Programa de Gobierno 2019 – 2024*. https://plazapublica.cdmx.gob.mx/uploads/decidim/attachment/file/1/Plan_Gob_2019-2024.pdf

Gobierno de la Ciudad de México. (2021a). *Cablebús*. <https://www.ste.cdmx.gob.mx/cablebus>

Gobierno de la Ciudad de México. (2021b). *Cablebús L1 cumple estándares de seguridad internacionales*. <https://www.cdmx.gob.mx/portal/articulo/l1-del-cablebus-cumple-con-estandares-de-seguridad-internacionales>

- Gobierno de la Ciudad de México. (2021c). *Inaugura Gobierno Capitalino el Transporte Teleférico más grande del Mundo en Gustavo A. Madero: Cablebús Línea 1 Cuauhtepc-Indios Verdes*. <https://www.obras.cdmx.gob.mx/index.php/comunicacion/nota/inaugura-gobierno-capitalino-el-transporte-teleferico-mas-grande-del-mundo-en-gustavo-madero-cablebus-linea-1-cuauhtepc-indios-verdes>
- Gobierno de la Ciudad de México. (2021d). *Mapa de Movilidad Integrada de la Ciudad de México*. <https://metro.cdmx.gob.mx/mapa-micdmx>
- Gobierno de la Ciudad de México. (2021e). *TI: Exención tarifa Cablebús*. <https://semovi.cdmx.gob.mx/comunicacion/nota/ti-exencion-tarifa-cablebus>
- Gobierno de la Ciudad de México, S. de M. (2020b). *Programa Integral de Movilidad (PIM) de la Ciudad de México 2020 – 2024. Diagnóstico Técnico de Movilidad*. <https://www.semovi.cdmx.gob.mx/storage/app/media/uploaded-files/diagnostico-tecnico-de-movilidad-pim.pdf>
- Instituto de Políticas para el Transporte y Desarrollo (ITDP). (2017). *DOT Estándar*.
- Instituto Mexicano del Transporte (IMT). (2020). *Estado del Arte de la Movilidad Eléctrica en México*. <https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt596.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2016). *Encuesta Intercensal 2015*. <https://www.inegi.org.mx/programas/intercensal/2015/>
- International Copper Association México. (2019). *Alianza por la Electromovilidad en México. Plan Estratégico 2019 - 2022*. https://www.conuee.gob.mx/transparencia/boletines/transporte/automovilistaeficiente/otrosdocumentos/Plan_estrategico_version_final-comprimido_Procobre.pdf
- Jacqueline Eunice Jaramillo Zúñiga. (2023). *Arquitectura para el sistema de transporte público aéreo por cable y su impacto en zonas periféricas. El caso del Cablebús Línea 1 (Indios Verdes a Cuauhtepc) en la Ciudad de México*.
- OCDE. (2015). *Valle de México*. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/56213/valle-de-mexico-OCDE.pdf>
- Secretaría de Energía (SENER). (2020). *Balance Nacional de Energía 2020*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/618408/20210218_BNE.pdf
- Secretaría de Gobernación. (2019). *Gaceta Parlamentaria. Plan Nacional de Desarrollo 2019 – 2024. Anexos*. <http://gaceta.diputados.gob.mx/PDF/64/2019/abr/20190430-XVIII-1.pdf>
- SEMARNAT-INECC. (2018). *Sexta Comunicación Nacional sobre el Cambio Climático*. <https://cambioclimatico.gob.mx/sexta-comunicacion/index.php>

EVALUACIÓN DE DENDRÍMEROS A BASE DE PORFIRINA EN LA INACTIVACIÓN FOTODINÁMICA DE AGENTES PATÓGENOS EN AGUA

Data de aceite: 03/07/2023

Raquel E. Hernández-Ramírez

Tecnológico Nacional de México-
Tecnológico de Estudios Superiores de
Coacalco
Coacalco Estado de México

Jazmín N. Castillo-Cervantes

Instituto Mexicano del Petróleo,
Laboratorio de análisis ambientales
Ciudad de México

Diana Rosa Gómora Herrera

Instituto Mexicano del Petróleo,
Laboratorio de análisis ambientales
Ciudad de México

Octavio Trejo-Chávero

Tecnológico Nacional de México-
Tecnológico de Estudios Superiores de
Coacalco
Coacalco Estado de México

Lilia A. Ríos Alducin

Tecnológico Nacional de México-
Tecnológico de Estudios Superiores de
Coacalco
Coacalco Estado de México

Susana Lezama Álvarez

Tecnológico Nacional de México-
Tecnológico de Estudios Superiores de
Coacalco
Coacalco Estado de México

RESUMEN: Las propiedades fotofísicas de las porfirinas tetrafenil mesosustituidas con ramas PAMAM y un derivado modificado periféricamente con grupos tiazol se estudiaron en solución DMF. Los estados singulete de los compuestos se caracterizaron por medio de espectroscopias de absorción y fluorescencia. La cinética de desintegración del estado del triplete y los espectros de absorción del triplete-triplete se determinaron mediante fotólisis flash láser. Los espectros de estado de triplete mostraron una absorbancia intensa con un máximo de alrededor de 450 nm y otras bandas en la región s de 300-400 y 500-800 nm, para todos los compuestos. El rendimiento cuántico del triplete s (ϕ_T) y el rendimiento cuántico singulete s (ϕ_Δ) se estimaron en ca. 0.50 y aprox. 0.45, respectivamente. De los resultados actuales se infiere que el estado triplete s de estas moléculas permite una transferencia eficiente de energía al oxígeno molecular, lo que las hace adecuadas para la PDI. Se estudió el Pf-D PAMAM C9 de segunda generación, en caldo nutritivo inoculado con *E. coli* para evaluar la cinética de crecimiento bacteriano utilizando UV-vis a 600nm. Para activar el compuesto se utilizaron dos ambientes, uno sin luz y otro con luz LED.

En presencia de luz y con una concentración de 25 ppm, se obtuvo un decrecimiento del 5.8% en la concentración de bacterias. Esto debido a la generación de ROS por parte del centro de porfirina. Se concluye que el Pf-D estudiado, es apto para su aplicación en PDI para eliminar patógenos presentes en el agua.

PALABRAS CLAVE: Porphirina, dendrímeros PAMAM, inactivación fotodinámica, oxígeno singulete.

1 | INTRODUCCIÓN

El estudio de los procesos de enfriamiento/sensibilización entre dendrímeros y colorantes ha cobrado cada vez más relevancia debido a múltiples aplicaciones como quimiodetección, imagenología, polimerización fotoinducida e inactivación fotodinámica (PDI), entre otras. Mediante la correcta funcionalización y dimensionamiento de los dendrímeros, se pueden favorecer y mejorar varios procesos como la unión huésped/huésped, la transferencia de electrones/energía y la modulación de energía. Esto ha llevado a explorar las propiedades fotofísicas y fotoquímicas de diferentes combinaciones de dendrímero/sonda, mediante varias técnicas espectroscópicas.

Muchos colorantes y sondas de fluorescencia experimentan cambios espectroscópicos cuando se unen o encapsulan en dendrímeros, donde en procesos como la relajación, la modulación de energía y la transferencia de electrones pueden verse considerablemente favorecidos por el cambio en la polaridad del microambiente, los efectos de confinamiento y la capacidad de donación de electrones del dendrímero.

Los dendrímeros a base de porfirina (Pf-D) son compuestos de interés, porque fusionan las propiedades ópticas reconocidas de las porfirinas con la versatilidad de la arquitectura dendrítica en una clase única de macromoléculas. Tales características hacen que estas moléculas sean especialmente adecuadas para la recolección de luz PDI, que son temas de particular importancia [1-5]. Muchas de estas moléculas han sido desarrolladas con el fin de imitar los mecanismos y el rendimiento de los sistemas naturales [1]. Varios Pf-D fueron probados como antenas en procesos de recolección de luz, en un intento de lograr las altas eficiencias para la conversión de energía solar de los sistemas fotosintéticos [6, 7].

Sin embargo, los estudios sobre la base de las propiedades fotofísicas y fotoquímicas de Pf-D son escasos. Algunos autores han caracterizado brevemente los estados terrestres y singulete-excitados de Pf-D por absorción en estado estacionario y espectroscopias de fluorescencia [9, 10-13]. Las mediciones de anisotropía y fluorescencia resueltas en el tiempo también se han utilizado para estudiar la dinámica del proceso de transferencia de energía o la formación agregada de sensibilizadores [6, 7, 8, 14].

Es importante mencionar que actualmente no se tiene documentación o registro alguno de este tema, es algo a denotar debido a la importancia que supone esto para el desarrollo de la investigación de la caracterización y la dinámica de los estados triplete-excitados de Pf-D.

Este tema es relevante ya que, la generación de oxígeno singulete está mediada por la transferencia de energía de los estados excitados por tripletes de la mayoría de los sensibilizadores.

Recientemente, Hernández Ramírez [15-18] y colaboradores han sintetizado una serie de Pf-D basadas en porfirinas tetrafenil mesosustituidas con ramas PAMAM, y un derivado modificado periféricamente con grupos tiazoles [15-18]. Estas moléculas demostraron propiedades de unión a metales, por lo que podrían encontrar aplicación en la remediación del medio ambiente, particularmente en agua. En este trabajo se presta especial interés en evaluar las capacidades de PDI de dichos Pf-D, a partir de la caracterización fotofísica y fotoquímica in vitro, considerando que las porfirinas son cromóforos que producen tripletes con alto rendimiento y esta es la razón principal de su eficacia como sensibilizadores de PDI.

La principal aplicación del presente estudio es en la potabilización del agua ya que, se busca, en cierta forma, sustituir al cloro el cual, puede provocar afectaciones al ecosistema marino y a la salud del personal quien lo maneja en las plantas potabilizadoras y de agua residual. Utilizar estos compuestos para eliminar patógenos presentes en el agua, disminuye el impacto ambiental negativo que causa la producción del cloro usado para el mismo fin. Si los Pf-D son utilizados en el tren de tratamiento del agua potable, específicamente en el proceso de desinfección, solamente se requerirá un sistema de filtrado para recuperarlos. Cabe mencionar que la prueba de estos sistemas esta fuera del alcance del objetivo del presente escrito.

La presente investigación denota un estudio de la cinética de crecimiento bacteriana en medio acuoso, utilizando *Escherichia coli* para evaluar la eficiencia de tres nuevos dendrímeros PAMAM con núcleo de porfirina con respecto a la PDI.

2 | METODOLOGÍA

Caracterización fotofísica y fotoquímica de dendrímeros PAMAM con centro de porfirina

Los espectros de absorción se registraron en un espectrofotómetro de matriz de diodos Hewlett Packard 6453E. Las mediciones de fluorescencia se realizaron mediante un espectrofluorómetro Horiba Jobin Yvon FluoroMax-4. Los rendimientos cuánticos de fluorescencia se determinaron utilizando ZnTPP en tolueno como estándar ($\Phi = 0.033$, [17]), y haciendo coincidir la muestra y las absorbancias de referencia con <0.1 a 419 nm. La dimetilformamida (DMF) y el tolueno eran de Sintorgan (grado HPLC) y se usaban según lo recibido. Las determinaciones de la vida útil de la fluorescencia se llevaron a cabo utilizando pulsos altamente atenuados de 355 nm (FWHM 8 ns) de un láser Quantel Brilliant R Nd-YAG. Las muestras equilibradas con aire se excitaron en ángulo recto. La fluorescencia, recogida por un sistema de tubos monochromator-PM, se transfirió a

través de un endoscopio digital a un ordenador. La vida útil se extrae de las curvas de desintegración por deconvolución utilizando el software Origin. El error estimado de las mediciones fue de ± 0.5 ns.

Las mediciones de absorción transitoria se determinaron mediante fotólisis flash láser. Un láser Spectron SL400 Nd:YAG que genera pulsos láser de 532 nm (20 mJ por pulso, aprox. 18 ns FWHM) fue la fuente de excitación. Los experimentos se realizaron con celdas rectangulares de cuarzo con geometría de ángulo recto. El rayo láser se desenfocó para cubrir toda la longitud del camino (10 mm) del haz de análisis de una lámpara Xe de 150 W. El sistema de detección comprendía un monocromador PTI acoplado a un tubo Hamamatsu R666 PM. Las señales fueron adquiridas y promediadas por un osciloscopio digital (Hewlett-Packard 54504) y luego transferidas a una computadora. Todas las determinaciones de fotólisis se realizaron a 25 ± 1 °C y las soluciones se desoxigenaron burbujeando con argón de alta pureza saturado con disolvente.

La fotosensibilización del oxígeno singulete se llevó a cabo midiendo su señal de desintegración por fosforescencia mediante un método de detección de resolución temporal (TRPD). La fuente de excitación fue el mencionado láser Nd:YAG que operaba a 532 nm, y la radiación de emisión (principalmente 1270 nm) se detectó en ángulo recto con un detector de germanio amplificado Judson J16/8Sp, después de pasar por los filtros apropiados. La salida del detector se acopló a un osciloscopio digital. Por lo general, se necesitaban alrededor de diez disparos para promediar los tiempos de descomposición, con el fin de obtener una buena relación señal-ruido. No hay cambios en los espectros de absorción de las muestras observadas después de estos experimentos, lo que indica que no hay fotodegradación significativa de los fotosensibilizadores.

Evaluación de la inactivación fotodinámica

Se preparó caldo nutritivo como medio de cultivo. Se esterilizó el material a 121°C en autoclave por 15 min. Posteriormente se verificó la ausencia de contaminación en los matraces que contenían el medio de cultivo. Los Pf-D (Figura 1) se prepararon a diferentes concentraciones, las cuales se observan en la Tabla 1.

Nombre	Concentración (ppm)		
	2.5	12.5	25
Pf	X	X	X
C5	X	X	X
C9	X	X	X
C10-A	X	X	X

Tabla 1 Concentración de las muestras preparadas.

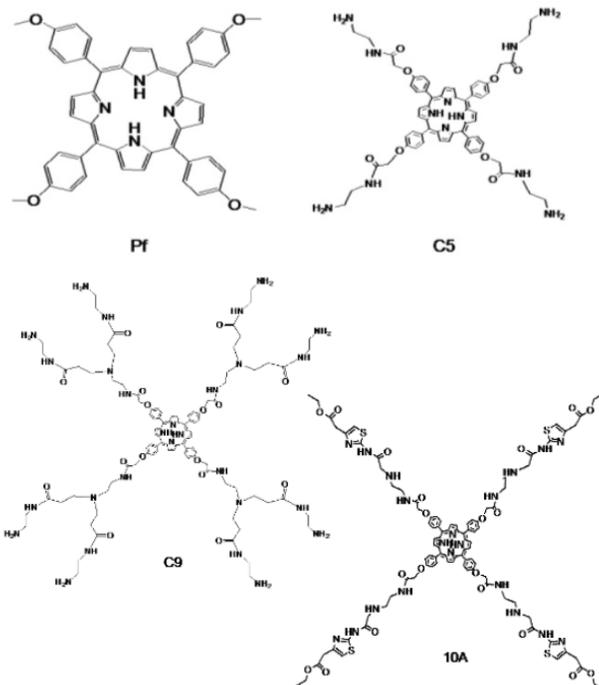


Figura 1 Estructuras moleculares de los Pf-D

Se inocularon los matraces que contenían caldo nutritivo con 1ml de *E. coli*. Todo lo anterior con estrictas medidas de asepsia, para evitar cualquier contaminación. Se realizaron dos ensayos, el primero se llevó a cabo a una concentración de C9 de 12.5 ppm, dejando en agitación por 10 minutos antes de los barridos. El segundo ensayo, se realizó con C9 a 25 ppm, sin embargo, a diferencia con el anterior, la inoculación se dejó en reposo por 24 h para favorecer el crecimiento bacteriano. Posteriormente, en ambos ensayos, a su respectivo tiempo (Tabla 2), se adicionó 1ml de C9 a su respectiva concentración, generando tres réplicas para el Blanco y tres para el compuesto.

Ensayo	Pf-D analizado	Concentración (ppm)	Ambientes
1	C9	12.5	Sin luz Con luz
2	C9	25	Sin luz Con luz

Tabla 2 Características de los ensayos realizados

Para activar los dendrímeros utilizados como FS, se utilizaron dos ambientes, uno sin luz y otro con luz. La fuente utilizada fue luz LED.

El blanco utilizado en ambos ambientes fue caldo nutritivo inoculado con la bacteria *E. coli*, sin la presencia de algún Pf-D.

El contenido de cada matraz fue analizado en el espectrofotómetro UV-vis marca Varían Caray, a una longitud de onda de 600nm. Se realizaron cinco corridas con un tiempo promedio entre ellas de 20 min. Los matraces se mantuvieron en agitación constante durante 20 segundos antes de ser sometidos al espectro UV-vis.

Se interceptaron las gráficas y se utilizó la Fórmula (1) de interpolación para obtener la absorbancia a 600nm.

$$y = y_0 + \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} (x - x_0) \quad (1)$$

donde y_0 es el valor más bajo de absorbancia, y_1 es la absorbancia superior a la de interés (y), x es la distancia en centímetros a la intersección del eje, x_0 es el valor más bajo de la longitud de onda y x_1 es la distancia en centímetros que corresponde a la absorbancia superior (y_1).

Por último, se promediaron las absorbancias obtenidas, permitiendo así calcular las densidades ópticas. Se graficaron las curvas de cinética bacteriana de ambas concentraciones en el software Origin, para comparar y analizar resultados.

3 | DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1 Estado singulete

Las propiedades foto físicas de los dendrímeros de porfirina-PAMAM de las generaciones 1 (C5) y 2.5 (C9), y de un derivado del tiazol (10A) se estudiaron mediante espectroscopios de absorción y fluorescencia (Gráfico 1). También se analizó para la comparación la base libre de tetra-(p-metoxi)fenil porfirina (Pf) correspondiente al núcleo de dendrímeros.

En el Gráfico 1. se muestran los espectros de absorción y fluorescencia corregidos de las moléculas en soluciones DMF. Los principales parámetros espectroscópicos se recogen en la Tabla 3.

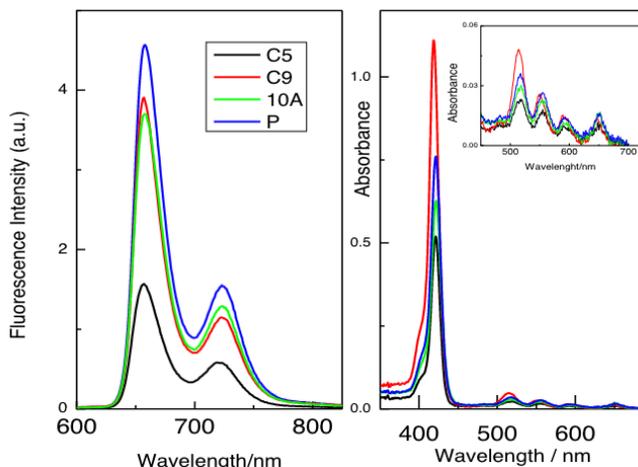


Gráfico 1 Espectros de fluorescencia y absorción de C5 (negro), C9 (rojo), 10C (rosa) y Pf (azul) en soluciones DMF. Recuadro: zoom en la región de bandas Q.

Los espectros del Gráfico 1 se asemejan a los de las porfirinas de base libre meso sustituidas, y fueron de acuerdo con los datos reportados para tales compuestos ([20-22] y referencias en ellos). En todos los casos, los espectros de absorción mostraron la banda de Soret intensa distintiva de las porfirinas en torno a los 420 nm, y una serie de cuatro bandas de intensidad moderada (bandas Q) en la región de 500-700 nm. Los espectros de fluorescencia aparecen divididos en dos bandas que alcanzan un máximo de aproximadamente 660 y 720 nm, de acuerdo con los reportados para Pf en solución de benceno [17, 1]. Se registraron características espectrales similares con el compuesto original de Pf llamado TPP (porfirina tetrafenil de base libre) en varios disolventes [17, 30,31] y otras porfirinas de base libre meso sustituidas en soluciones de DMF [29]. Quimby et al. han atribuido estas bandas a las transiciones del primer estado excitado singulete (S1) a los niveles vibratorios uno (banda de longitud de onda larga) y cero (banda de longitud de onda corta) del estado fundamental [17].

También se registró la cinética de estado singulete de las muestras en soluciones DMF, y se obtuvieron tiempos de vidas de fluorescencia (τ_f) calculadas con Fórmula (2), del orden de 10 ns a partir de las desintegraciones monoexponenciales correspondientes. Los valores Φ_f y τ_f se resumen en la Tabla 3.



Compuesto	Absorción					Fluorescencia		
	$\lambda_{\text{máx.}} / \text{nm}$ (Soret by)	$\lambda_{\text{máx.}} / \text{nm}$ (Banda Q s)				$\lambda_{\text{máx.}} / \text{nm}$	ϕ_{FI}	$\tau_{\text{f}} / \text{ns}$
Pf	422	518	556	593	650	658	0.101	10.1
C5	419	518	556	592	650	657	0.036	10.1
C9	422	515	551	590	648	657	0.080	11.8
10A	422	518	556	594	650	658	0.083	12.2

Tabla 3 Propiedades espectroscópicas de compuestos en soluciones DMF.

Los rendimientos cuánticos de fluorescencia (ϕ_{f}) se determinaron por el método de actinometría relativa, de acuerdo con la Fórmula (3):

$$\phi_{\text{f}} = \left(\frac{A_{\text{ref}} F_{\text{sample}} \eta^2}{A_{\text{sample}} F_{\text{ref}} \eta_0^2} \right) \phi_{\text{ref}} \quad (3)$$

donde A es la absorbancia en la longitud de onda de excitación, F es el área de la banda de emisión integrada y η , η_0 es el índice de refracción del disolvente que contiene la muestra y la referencia, respectivamente. En Fórmula (3) se utilizó como referencia la tetrafenil-porfirina de zinc (ZnTPP) en solución de tolueno ($\phi_{\text{f}} = 0.033$, [25]).

En particular, se ha demostrado que el valor ϕ_{f} para Pf es 0.12-0.13 en solución de benceno [17,30]. El mismo valor se informó desde el principio para el TPP en soluciones de benceno, tolueno y metanol, en los trabajos pioneros sobre la fotofísica de las porfirinas [17, 30, 32, 46].

3.2 Estado del triplete

Con el objetivo de evaluar el papel potencial de los dendrímeros de porfirina-PAMAM en aplicaciones sensibilizantes, se llevó a cabo la caracterización de los estados de triplete mediante experimentos de fotólisis con flash láser. Después de la irradiación láser se registraron señales de desintegración, que produjeron vidas trillizas que oscilaron en el orden de unos pocos cientos de microsegundos. Se registraron espectros transitorios cualitativamente análogos para los cuatro compuestos analizados en soluciones DMF, con un máximo aparente alrededor de 450 nm, ya que no se considera la presencia de desplazamientos relevantes (Gráfico 2); y en la banda Soret que aparece parcialmente agotada y distorsionada por la superposición correspondiente al blanqueamiento del estado fundamental. El gráfico 2 también muestra una banda adicional de menor intensidad en la región de 300-400 nm, y otra aún menos intensa alrededor de 500-800 nm.

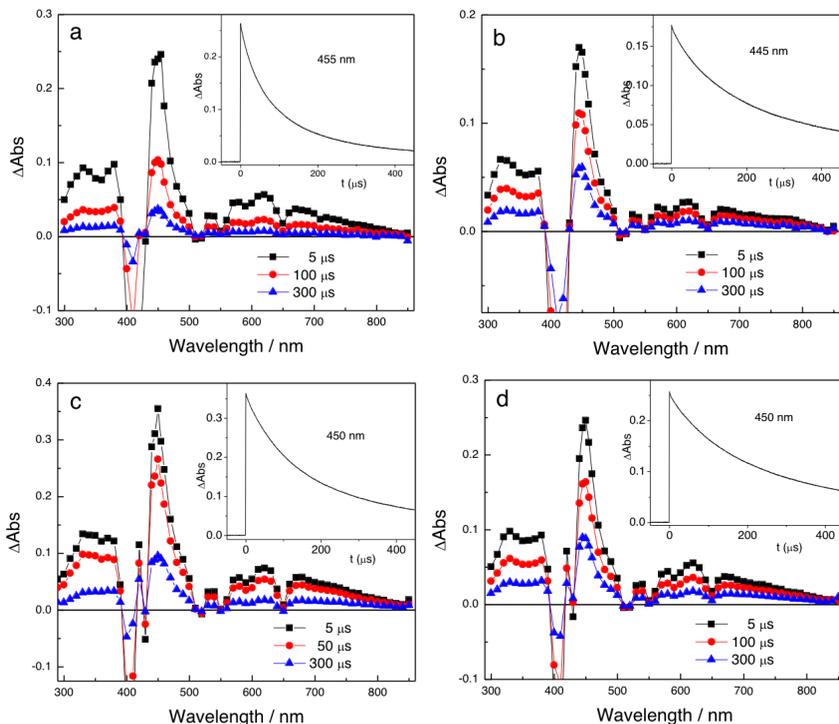


Gráfico 2 Espectros de absorción transitoria de a) Pf, b) C5, c) C9 y d) 10A en diferentes momentos después del disparo láser.

Los rendimientos cuánticos del triplete (ϕ_T) se determinaron mediante actinometría relativa, para evaluar la eficiencia del cruce intersistema al estado del triplete [26]. En este método, el producto de ϕ_T y el coeficiente de absorción molar (ϵ_T) del estado del triplete en una longitud de onda de análisis de trabajo, se determinó mediante fotólisis de flash láser de acuerdo con Fórmula (4):

$$(\phi_T \epsilon_T)_S = \frac{\text{pendiente}_S}{\text{pendiente}_{Ref}} (\phi_T \epsilon_T)_{Ref} \quad (4)$$

donde pendiente_S y pendiente_{Ref} se refieren a las pendientes iniciales de las parcelas de absorción de tripletes versus energía láser para las muestras y una referencia, respectivamente. La actinometría se realizó con ZnTPP en solución de tolueno como referencia, para valores de $\epsilon_T=7$. Se utilizaron $4 \times 10^4 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ a 470 nm y $\phi_T=0,83$ basado en lo reportado por Carmichael y colaboradores [37]. El cambio de absorbancia inicial extrapolado en tiempo cero se midió a 470 nm para el triplete ZnTPP y al λ_{max} aparente (aprox. 450 nm) para el triplete de muestras, con soluciones de absorbancia emparejadas a 532 nm.

Para obtener ϕ_T a partir de Fórmula (4), se realizaron mediciones independientes de ϵ_T mediante el método de transferencia de energía [27]. Según este método, una molécula en su estado de triplete excitado actúa como donante de energía a otra molécula en su estado fundamental, sensibilizando así la formación del estado triplete de esta última. Para garantizar la fiabilidad de los experimentos se deben cumplir las siguientes condiciones críticas: el sensibilizador debe excitarse selectivamente con un pulso láser y la concentración del aceptor (quencher) debe ser lo suficientemente grande como para apagar más del 90% de los tripletes sensibilizadores. Dado que las propiedades foto físicas de los dendrímeros de porfirina-PAMAM demostraron depender completamente del núcleo Pf, se estimó la energía triplete de las muestras como la de TPP ($ET \sim 140$ kJ / mol, [27]). Por lo tanto, se utilizaron las muestras de porfirina-PAMAM como sensibilizantes y Zn phtalocianina (ZnPc) como calmante ($ET=109$ kJ/mol, [28]), irradiando a 532 nm donde ZnPc no absorbe. Para asegurar una eficiencia de enfriamiento superior al 90% se calculó la fracción de los tripletes interceptados (f_T) mediante Fórmula (5):

$$f_T = \frac{{}^3k_q[ZnPc]}{{}^3k_0 + {}^3k_q[ZnPc]} \quad (5)$$

donde $3k_0$ y $3k_q$ son las constantes de velocidad de enfriamiento triplete de las muestras en ausencia y presencia de ZnPc, respectivamente. Para utilizar Fórmula (5) se determinaron previamente los $3k_q$ de cada muestra con ZnPc según Fórmula (6):

$$3\tau^{-1} = \tau_0^{-1} + 3k_q [ZnPc] \quad (6)$$

donde τ_0^{-1} y 3τ son el triplete de vidas en ausencia y presencia de quencher, respectivamente. Los datos se ajustaron bien a las líneas rectas y los valores de $3k_q$ se obtuvieron de sus pendientes, según Fórmula (5).

Los ϵ_T fueron calculados según Fórmula (7), mediante el control de las absorbancias iniciales (ΔAbs) de los tripletes a 450 nm para las muestras, y a 490 nm para ZnPc:

$$\epsilon_T^S = \epsilon_T^{Ref} \frac{\Delta Abs_S}{\Delta Abs_{Ref}} f^{-1} \quad (7)$$

En esta ecuación S y Ref representan muestras y ZnPc, respectivamente; y f_T se calcula con Eq. 4. Se utilizó un valor de referencia de $\epsilon_T=32500$ M⁻¹ cm⁻¹ en DMA:agua (7:3) a 490 nm para ZnPc [37]. Se ha informado que el espectro triplete-triplete de ZnPc se caracteriza por una amplia banda de absorción con $\lambda_{máx}= 490$ nm, en un largo rango de polaridades de disolventes (benceno, etanol, acetonitrilo). Por lo tanto, se consideró razonable suponer el valor de ϵ_T en DMF como el informado en DMA: solución de agua. En la Tabla 4 se resumen todos los parámetros de estado del triplete determinados.

Los espectros de absorción de tripletes-tripletes mostrados en el Gráfico 2 son muy similares a los reportados en los primeros trabajos sobre la fotofísica del TPP en soluciones de tolueno o benceno [33, 34], y de una serie de hidroxil-TPP en soluciones de metanol [46].

	$\lambda_{\text{máx.}}$ (nm)	τ_0 (μs)	ϵT ($\text{M}^{-1} \text{cm}^{-1}$)	ϕT	$\phi \Delta$
Pf	455	97	65100	0.52	0.57
C5	445	129	73200	0.52	0.41
C9	450	203	60000	0.50	0.46
10A	450	320	69100	0.39	0.41

Tabla 4 Parámetros de tripletes obtenidos para Pf, C5, C9 y 10A por fotólisis flash láser en solución DMF: vidas útiles (τ_0), constantes de velocidad de enfriamiento por ZNPC (3kq), coeficientes de absorción molar a 450 nm (ϵt), rendimientos cuánticos (ϕT) y rendimientos cuánticos de oxígeno singlete ($\phi \Delta$).

Los resultados de estado singlete concuerdan con los reportados por Matos et al. para una serie de dendrímeros TPP sustituidos por arylether en soluciones de THF y DMF [25].

En la Tabla 4 se puede observar que el compuesto C9 presenta mayor rendimiento cuántico del oxígeno singlete ($\phi \Delta$) siendo de 0.46 valor cercano al presentado por Pf (0.57), por ello, el estudio del presente trabajo se enfocó en el C9 a dos concentraciones, 12.5 y 25 ppm.

3.3 Aireación de oxígeno singlete

Los datos ϕT obtenidos sugieren que los dendrímeros de porfirina-PAMAM pueden sensibilizar a las especies reactivas adecuadas para la PDI, al apagarse con oxígeno molecular. Por lo tanto, se realizaron experimentos resueltos en el tiempo para evaluar la formación de oxígeno singlete (1O_2), mediante la detección de la luminiscencia de esta especie a 1270 nm en soluciones DMF. La eficacia de dicho proceso de sensibilización se evaluó en términos del rendimiento cuántico de generación de oxígeno singlete ($\phi \Delta$) de los dendrímeros de porfirina-PAMAM y este se determinó comparando la emisión fosforescente del 1O_2 generado a partir de las muestras y un compuesto de referencia, bajo idéntica configuración experimental y absorbancias coincidentes en longitud de onda de irradiación Fórmula (8).

$$\Phi_{\Delta}^S = \Phi_{\Delta}^R \frac{I_{\Delta}^S}{I_{\Delta}^R} \quad (8)$$

donde I_{Δ} se refiere a la intensidad de emisión de 1O_2 , y S y R representan las muestras y la referencia, respectivamente. Las parcelas de la intensidad de fosforescencia (extrapolado a $t = 0$) en función de la energía láser ajustada a una línea rectas, y el

parámetro $I\Delta$ s fueron obtenido de las respectivas pendientes. Se utilizó como referencia una solución DMF de ZnTPP ($\phi\Delta = 0.74$). Este valor de $\phi\Delta$ fue análogo al reportado en solución de benceno ($\phi\Delta = 0.73$, [28]), y se obtuvo mediante la introducción de una corrección de disolvente en Fórmula (8) [35]. En la Tabla 4 se muestran los parámetros para la determinación ϕ de Δ según Fórmula (8).

3.4 Cinética de crecimiento bacteriano

De acuerdo con los resultados anteriores sobre el rendimiento cuántico del oxígeno singulete (Tabla 3) en donde se puede observar que el valor más alto fue el dendrímero C9 con $\phi\Delta = 0.46$, se analizó este compuesto a las dos concentraciones a las que fue preparado (12.5 y 25 ppm). En el análisis a 12.5 ppm se notó una casi nula diferencia en la presencia de bacterias E. coli. por lo cual se decide realizar un segundo análisis con el mismo compuesto a 25 ppm.

Se utilizaron dos ambientes para comparar la inactividad fotodinámica por parte de los dendrímeros con centro de porfirina y los resultados obtenidos se muestran en el Grafico 3 para un ambiente completamente sin presencia de luz y con presencia de luz LED blanca en el Gráfico 4.

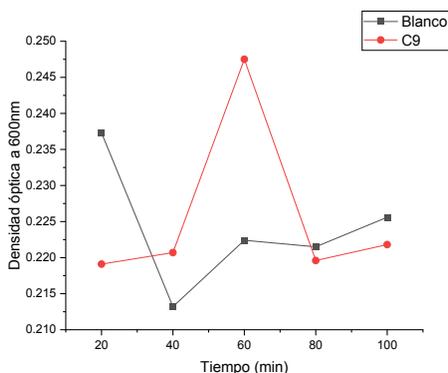


Gráfico 3 Curva de cinética bacteriana en un ambiente sin luz.

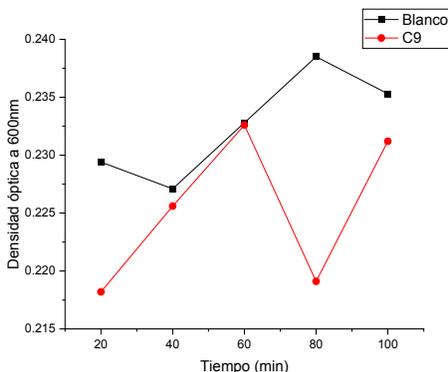


Gráfico 4 Curva de cinética bacteriana en ambiente con luz led.

En el Gráfico 4 se puede observar que, en el análisis con C9 la concentración de bacterias muestra un descenso del 5% al minuto 20, en comparación con el blanco que no contiene FS. A partir el minuto 60 al 80 se observa una disminución de bacterias al 5.8%.

Con base a lo anterior, la concentración de bacterias se mantuvo baja en presencia del FS activado con luz LED. En el Gráfico 3, donde se presentan los valores obtenidos con nula presencia de luz, se observa que en los minutos 20 y 60, existe un aumento de la densidad óptica, esto puede ser causado por dos razones:

- El Pf-D es aprovechado como sustrato por parte de las bacterias y posteriormente se presenta un nivel de toxicidad el cual genera un decaimiento, llegando a un nivel similar con el que comenzaron.
- El C9 se encontraba sedimentado, por lo cual las bacterias comenzaron a crecer, posteriormente por la agitación generada, el dendrímero generó una cierta toxicidad y por ello su crecimiento se ve afectado.

Se concluye que el punto 2 (dendrímero sedimentado) es el más acertado, pues de lo contrario, el blanco presentaría valores similares.

Los resultados de las densidades ópticas se muestran en la Tabla 5.

Barrido	Tiempo (min)	Sin luz		Con luz	
		Blanco	C9	Blanco	C9
1	20	0.2373	0.2191	0.2294	0.2182
2	40	0.2432	0.2207	0.2271	0.2256
3	60	0.2224	0.2475	0.2328	0.2326
4	80	0.2213	0.2196	0.2385	0.2191
5	100	0.2256	0.2218	0.2353	0.2312

Tabla 5 Densidad óptica de los barridos UV-vis en ambos ambientes.

Se presentan los cinco barridos con una duración promedio entre ellos de 20 minutos. En los dos ambientes trabajados (sin luz y con luz) se utilizaron tres réplicas del blanco y tres del C9, se promediaron los resultados que se pueden observar en la Tabla 5. Las densidades ópticas resultantes del blanco (sin bacterias) y con el compuesto C9, en el ambiente sin luz, se mantuvieron constantes, en cambio, los valores resultantes del ambiente con luz, el blanco presentó un aumento con el transcurso del tiempo y, con C9, se observan valores menores, lo cual indica que los Pf-D cumplieron con la PDI.

Cabe destacar que la última réplica del C9 que se expuso a luz LED, se le adicionó menor volumen del dendrímero (aprox. 0.5 ml), debido a la falta de este. Esta aclaración puede ser la razón por la cual el último valor (0.2312) es alto a comparación de los primeros minutos.

4 | CONCLUSIONES

En el Gráfico 1 se puede observar que tanto los espectros de absorción como de emisión de C5, C9 y 10A fueron cualitativamente análogos a los de Pf, y no mostraron ninguna dependencia de las ramas PAMAM. Los resultados del Gráfico 1 se asemejaron a los datos reportados [19-21]. Se obtuvo una banda distintiva de las porfirinas en torno a 420 nm y una serie de cuatro bandas de intensidad moderada (bandas Q) en la región de 500-700 nm, lo cual se les atribuye a las transiciones del primer estado excitado singulete (S1) a los niveles vibratorios uno (banda de longitud de onda larga) y cero (banda de longitud de onda corta). [30]

Se obtuvieron espectros de emisión idénticos excitando las muestras en Soret o cualquiera de las bandas Q, lo que denota que los electrones excitados al estado S2 experimentan una rápida conversión interna a S1.

Como se puede ver en los datos de la Tabla 4 ϕ_f y τ_f se encuentran en el orden de 0.10 y 10.0 ns, respectivamente, que son valores razonables para este tipo de compuestos. Se informó que la vida útil de fluorescencia de TPP en soluciones de tolueno y metanol era de 11-14 ns [31, 32]. También se informaron valores de $\phi_f=0.10\pm 0.01$ y $\tau_f=11,4\pm 0.1$ para TPP en solución DMF [24]. Ormond et al. encontraron valores de ϕ_f en el orden de 0.1-0.2 y τ_f alrededor de 7-13 ns para una serie de derivados de p - y m-fenil TPP en soluciones DMF [21]. En otra investigación reciente Ghosh et al. evaluó la fotofísica de TPP y su metalo-derivado ZnTPP en varios solventes [31]. Los autores encontraron valores ϕ_f de f y τ_f para TPP análogos a los reportados anteriormente y mostraron que ambos parámetros son casi independientes de la polaridad del disolvente. Los resultados de estado singulete también concuerdan con los reportados por Matos et al. para una serie de dendrímeros TPP sustituidos por arylether en soluciones de THF y DMF [26]. Se obtuvieron propiedades fotofísicas (espectros de absorción y fluorescencia, ϕ_f y τ_f) muy similares a las del TPP, y concluyeron que los dendrones ejercen poca influencia en los procesos de desactivación no radiativa y radiativa del núcleo de porfirina.

Contrariamente a lo esperado, las vidas aparentes de los tripletes mostraron un aumento en el orden Pf<C5<C9 que se correlaciona con la ramificación de las moléculas (Tabla 5). Se sabe que los dendrímeros PAMAM apagan los estados tripletes de los colorantes mediante la reacción de transferencia de electrones S [50, 51]. Sin embargo, sus datos actuales sugieren que las ramas dendríticas estabilizan los estados de triplete formados protegiendo el núcleo de porfirina de su entorno. Los valores de ϕ_T alrededor de 0,5 para los tres dendrímeros de porfirina fueron del orden de la mayoría de los datos relativos al TPP y su análogo sustituido [23, 24]. Además, $\phi_T\Delta$ alrededor de 0.40-0.45 estuvieron de acuerdo con los valores 0.40-0.65 reportados en esta familia de moléculas [31, 32, 46].

Se han presentado las propiedades fotofísicas de tres dendrímeros a base de porfirina sintetizados por Hernández-Ramírez et al, en soluciones DMF. El estado singulete-excitado se caracterizó por medio de los respectivos espectros de fluorescencia, vidas útiles y rendimientos cuánticos. En general, los resultados actuales están en excelente acuerdo con los datos reportados sobre los compuestos de porfirina, y sugieren que las propiedades espectroscópicas del dendrímero de porfirina-PAMAM se rigen por el núcleo de Pf. Los espectros transitorios también se registraron por medio de la fotólisis del flash láser, y se atribuyeron al estado triplete de los compuestos. Se midieron las largas vidas de los tripletes y la transferencia eficiente de energía desde los tripletes al oxígeno molecular. Los resultados obtenidos sugieren que los dendrímeros a base de porfirina podrían encontrar aplicaciones en varios procesos de sensibilización (como la transferencia de electrones y energía, PDT y PDI). En especial, el Pf-D C9, el cual a diferencia de los demás, presentó un rendimiento cuántico cercano a Pf (0.56) de oxígeno singulete que fue de 0.46 (Tabla 5), por lo que el estudio de la curva de cinética bacteriana se realizó únicamente con este compuesto.

En el Gráfico 4 se demuestra que el dendrímero de segunda generación Pf-D C9 FS utilizado a 25 ppm, es apto para uso en PDI, específicamente para la eliminación de bacterias Gram negativas como lo es la E. coli [27]. Esto debido a que se produce oxígeno singulete gracias a la presencia de alguna fuente de luz, activando el centro de porfirina que contiene el dendrímero.

Lo anterior da pauta para utilizar Pf-D en la desinfección de aguas, dando una opción más sustentable al proceso. Dicho sistema debe someterse a una fuente de luz durante la adición del dendrímero propiciando su activación. El estudio de la eficiencia de este está fuera del alcance de los objetivos del presente trabajo, sin embargo, los resultados presentados, aportan información valiosa para continuar con el análisis de la aplicación de Pf-D en la desinfección de agua para consumo humano.

Por otro lado, las ramificaciones de los dendrímeros PAMAM además de brindar protección al centro, pueden generar ciertos atrapamientos de otros contaminantes, como los metales, esto gracias a las características de los grupos funcionales que contenga la periferia del Pf-D.

Con base a lo anterior, es necesario llevar a cabo más estudios para complementar el presente trabajo y comenzar a implementar el uso de Pf-D ofreciendo alternativas aplicadas a la desinfección de agua potable.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Tecnológico Nacional de México por el financiamiento de los proyectos 642.18-PD y 8487.20-PD. Un agradecimiento especial a COMECYT por la beca otorgada “Estudios de posgrado” durante la etapa de estudios para lograr culminar con la investigación.

REFERENCIAS

- [1] Jiang D-L, Aida T. Diseño molecular bioinspirado de dendrímeros funcionales. Avances en la ciencia de polímeros. 2005;30(3):403-22.
- [2] Larsen J, Brüggemann B, Sly J, Crossley MJ, Sundström V, Åkesson E. Control inducido por disolventes de la transferencia de energía dentro de los dendrímeros de Zn(II)-porfirina. Chem Phys Lett. 2006;433(1):159-64.
- [3] Klajnert B, Rozanek M, Bryszewska M. Dendrimers en terapia fotodinámica. Química medicinal actual. 2012;19(29):4903-12.
- [4] Flávio F, Patrícia MRP, Sandrina S, José ASC, Joao PCT. Porphirinas y ftalocianinas decoradas con dendrímeros: síntesis y aplicaciones biomédicas. Síntesis orgánica actual. 2014;11(1):110-26.
- [5] Nagatani H, Sakae H, Torikai T, Sagara T, Imura H. Transferencia de electrones fotoinducida de PAMAM Dendrimer–Zinc(II) Porphyrin Associates at Polarized Liquid Interfaces líquidas. Langmuir : el diario ACS de superficies y coloides. 2015;31(22):6237-44.
- [6] Choi M-S, Aida T, Yamazaki T, Yamazaki I. Dendritic Multiporphyrin Arrays as Light-Harvesting Antennae: Effects of Generation Number and Morphology on Intramolecular Energy Transfer. Chemistry – A European Journal. 2002;8(12):2667-78.
- [7] Larsen J, Andersson J, Polívka T, Sly J, Crossley MJ, Sundström V, et al. Transferencia de energía y dinámica conformacional en dendrímeros de Zn-porfirina. Chem Phys Lett. 2005;403(1):205-10.
- [8] Li Y, Jang W-D, Nishiyama N, Kishimura A, Kawauchi S, Morimoto Y, et al. Dendrimer Generation Effects on Photodynamic Efficacy of Dendrimer Porphyrins and Dendrimer-Loaded Supramolecular Nanocarriers. Chem Mater. 2007;19(23):5557-62.
- [9] Zhang G-D, Harada A, Nishiyama N, Jiang D-L, Koyama H, Aida T, et al. Micelas del complejo de pollión atrapando porfirina dendrímero catiónico: fotosensibilizador eficaz para la terapia fotodinámica del cáncer. J Liberación controlada. 2003;93(2):141-50.
- [10] Dai X-H, Yang W-H, Yan W-L, Hu J-M, Dai Y-R, Pan J-M, et al. Dendrímeros con núcleo de porfirina que consisten en nuevos brazos similares a dendrones de siloxano-poli (amido amina): síntesis, caracterización y propiedades fotofísicas. Coloides y Superficies A: Aspectos Físicoquímicos y de Ingeniería. 2017;520:222-30.
- [11] Jiang D-L, Aida T. Eventos fotoquímicos dependientes de la morfología en porfirinas de dendrímero de éter arilo: cooperación de subunidades de dendron para la transducción de energía singlete. J Am Chem Soc. 1998;120(42):10895-901.
- [12] Kubát P, Lang K, Zelinger Z. Interacción de las porfirinas con los dendrímeros PAMAM en solución acuosa. J Mol Liq. 2007;131:200-5.
- [13] Krieger A, Fuenzalida Werner JP, Mariani G, Gröhn F. Ensamblajes funcionales de porfirina-dendrímero supramolecular para la recolección de luz y la fotocatalisis. Macromoléculas. 2017;50(9):3464-75.

- [14] Ghiggino KP, Reek JNH, Crossley MJ, Bosman AW, Schenning APHJ, Meijer EW. La dinámica de la transferencia electrónica de energía en nuevos dendrímeros funcionalizados de multiporfirina: un estudio de anisotropía de fluorescencia resuelta en el tiempo. *The Journal of Physical Chemistry B*. 2000;104(12):2596-606.
- [15] Hernandez Ramirez, R. E., V. Lijanova, I., V. Likhanova, N., Olivares Xometl, O., Hernandez Herrera, A., Chavez Alcala, J., & Trejo Chavero, O. (2017). Synthesis of PAMAM dendrimers with porphyrin core and functionalized periphery as templates of metal composite materials and their toxicity evaluation. *Arabian Journal of Chemistry*.
- [16] Hernandez-Ramirez, R. E., Victorovona Lijanova, I., Victorovona Likhanova, N., Olivares- Xometl, O., & Lartundo-Rojas, L. (31 de March de 2016). Synthesis of porphyrins as precursors to PAMAM dendrimers and their metal chelating properties. *European Journal of Chemistry*, 49-55.
- [17] Hernández Ramírez RE, Lijanova IV, Likhanova NV, Xometl OO. Dendrímeros PAMAM con núcleo de porfirina: síntesis y comportamiento metal-quelante. *Revista de Fenómenos de Inclusión y Química Macrocíclica*. 2016;84(1):49-60.
- [18] Hernández Ramírez RE, Lijanova IV, Likhanova NV, Olivares Xometl O, Hernández Herrera A, Federico Chávez Alcalá J, et al. Síntesis de dendrímeros PAMAM con núcleo de porfirina y periferia funcionalizada como plantillas de materiales compuestos metálicos y su evaluación de toxicidad. *Revista Árabe de Química*. 2017.
- [19] Jiménez-Hernández E. (2010). Desinfección de aguas mediante oxígeno singlete. Laboratorio de Fotoquímica Aplicada, Departamento de Química Orgánica, Facultad de Química, Universidad Complutense de Madrid. Madrid, España.
- [20] Arredondo, E. (2014). Síntesis de porfirinas y metaloporfirinas no simétricas funcionalizadas con L-Glutamato y evaluación de sus propiedades fotodinámicas y anticancerígenas. Tesis para obtener grado de Doctor en Ciencias. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias Químicas. Nuevo León, México.
- [21] Afonso, Susana Graciela. (1992). Acción fotodinámica y no fotodinámica de las porfirinas sobre enzimas de las biosíntesis del hemo y de otros caminos metabólicos. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.
- [22] Ulaszewska, M. M., Hernando, M. D., Uclés, A., Rosal, R., Rodríguez, A., Garcia-Calvo, E., & Fernández-Alba, A. (2012). Chemical and Ecotoxicological Assesment of Dendrimers in the Acuatic Enviroment. Elsevier B.V.
- [23] Carrasco Sanchez, V. (Septiembre de 2012). Síntesis de nanoparticulas dendronizadas dendrímeros) con capacidad de transporte y liberación de drogas. Talca.
- [24] Fernández Freire, P., Peropadre, A., Rosal, R., Pérez Martín, J., & Hazen, M. J. (2015). Toxicological assessment of third generation (G3) poly (amidoamine) dendrimers using the Allium cepa. Elsevier.
- [25] Quimby DJ, Longo FR. Estudios de luminiscencia sobre varias tetraarilporfinas y sus derivados de zinc. *J Am Chem Soc*. 1975;97(18):5111-7.
- [26] Broglia MF, Gómez ML, Bertolotti SG, Montejano HA, Previtali CM. Propiedades fotofísicas de la safranina y la fenosafranina. *J Photochem Photobiol A: Chem*. 2005;173(2):115-20.

[27] Carmichael I, Hug GL. Espectros de absorción de tripletes-tripletes de moléculas orgánicas en fases condensadas. *J Phys Chem Ref Datos*. 1986;15(1):1-250.

[28] Murov SL, Carmichael I, Hug GL. *Handbook of Photochemistry, Second Edition*: Taylor & Francis, 1993.

[29] Mathai S, Smith TA, Ghiggino KP. Rendimientos cuánticos de oxígeno singlete de posibles fotosensibilizadores basados en porfirina para la terapia fotodinámica. *Ciencias Fotoquímicas y Fotobiológicas*. 2007;6(9):995-1002.

[30] Seybold PG, Gouterman M. Porphyrins. *Espectros J Mol*. 1969;31(1):1-13.

[31] Ghosh M, Mora AK, Nath S, Chandra AK, Hajra A, Sinha S. Fotofísica de la tetrafenilporfirina de base libre excitada por Soret y su análogo de zinc en solución. *Spectrochimica Acta Parte A: Espectroscopía Molecular y Biomolecular*. 2013;116:466-72.

[32] Harriman A, Porter G, Searle N. Fotooxidación reversible de tetrafenilporfirina de zinc por benzo-1,4-quinona. *Revista de la Sociedad Química, Faraday Transactions 2: Molecular and Chemical Physics*. 1979;75(0):1515-21.

[33] Bonnett R, McGarvey DJ, Harriman A, Land EJ, Truscott tg, winfield uj. Propiedades fotofísicas de la meso-tetrafenilporfirina y algunas meso-tetra(hidroxifenil)porfirinas. *Photochem photobiol*. 1988;48(3):271-6.

[34] Pekkarinen L, Linschitz H. Estudios sobre estados metaestables de porfirinas. II. Espectros y cinética de desintegración de tetrafenilporfirina, tetrafenilporfirina de zinc y bacterioclorofila1. *J Am Chem Soc*. 1960;82(10):2407-11.

[35] Redmond RW, Gamlin JN. Una compilación de los rendimientos de oxígeno singlete de moléculas biológicamente relevantes. *Fotoquímica Fotobiol*. 1999;70(4):391-475.

APPLICATION OF SPINACH BIOMASS (*Spinacia oleracea*) FOR THE REMOVAL OF CHROMIUM (VI) IN AQUEOUS SOLUTION

Data de aceite: 03/07/2023

Ismael Acosta Rodríguez

Laboratorio de Micología Experimental
Facultad de Ciencias Químicas
Universidad Autónoma de San Luis
México
ORCID: 0000-0001-8620-2727

Adriana Rodríguez Pérez

Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
Centro de Investigación y Extensión de la
Zona Media. San Luis Potosí
ORCID: 0000-0002-6570-6579

Juan Fernando Cárdenas González

Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
Centro de Investigación y Extensión de la
Zona Media. El Balandran
San Luis Potosí, México
ORCID: 0000-0002-3502-5959

Víctor Manuel Martínez Juárez

Área Académica de Medicina Veterinaria
y Zootecnia. Instituto de Ciencias
Agropecuarias. Universidad Autónoma del
Estado de Hidalgo. Hidalgo, México
ORCID: 0000-0002-7426-6835

Dalila del Socorro Contreras Briones

Laboratorio de Micología Experimental
Facultad de Ciencias Químicas
Universidad Autónoma de San Luis Potosí
San Luis Potosí, México
ORCID: 0000-0001-8620-2727

Juana Tovar Oviedo

Laboratorio de Microbiología
Facultad de Ciencias Químicas
Universidad Autónoma de San Luis Potosí
San Luis Potosí, México

ABSTRACT: Spinach it is a low-calorie food with a low content of fat, relatively low protein and good contributor of fiber and micronutrients such a vitamin A and C, and minerals specially iron. Its production is exposed to contaminating factors such as toxic metals from irrigation water, so it can accumulate them, and when ingested by humans, they can be poisoned with these heavy metals, and this accumulation characteristic can be used to try to eliminate these contaminates from soil and water contaminated with them. So, the objective of this work was analyzing the Cr (VI) removal capacity in aqueous solution by the spinach biomass, by the colorimetric method of Diphenylcarbazide, to evaluate the metal concentration. Biosorption at different pH was evaluated for 90 minutes. We too studied the effect of temperature in the range of 28 to 60°C, the removal at different initial concentrations of Cr (VI) and

of biomass, and in contaminated niches. Therefore, the highest biosorption of the metal (100 mg/L) occurs within 90 minutes, at pH of 1.0, 1.0 g of natural biomass, and 28°C. According to temperature, the highest removal was observed at 60°C, in 30 minutes, when the metal is completely adsorbed. It was observed that higher concentration of the metal, the removal is less, and if the biomass concentration increases, the removal of the metal in solution is better. Besides its removal efficiently the metal *in situ* (100% in soil and water contaminated, after 24 and 40 hours of incubation, with 5 g of biomass and 28°C; so, it can be used to eliminate it from industrial wastewater.

KEYWORDS: Chromium (VI), Removal, Shell Biomass, Detoxification.

1 | INTRODUCCIÓN

Spinach is an excellent natural resource of vitamins, fibers, and minerals, which compared to meats, provides few calories, and does not contain fats. It is also rich in phytonutrients, especially beta-carotene and lutein, making it a vegetable with antioxidant properties that protect us from cell damage [1]. Its stems are richer in fiber than the leaves. The spinach (*Spinacea oleraceae*) belongs to the Amaranthaceae family, quenopodiodeáceas, as well as beets, quinoa and chard. They grow very well in temperate climates, being today the United States and China, among others, the most important producing countries. They are available throughout the year [2]. Spinach is mostly water. The amount of fats and carbohydrates is very low, but it is one of the vegetables that contains more protein. It is rich in fibers, especially stems, proving very beneficial for our health, and is an excellent natural source of vitamins and minerals [3], and this include calcium, iron, potassium, magnesium, manganese, and phosphorus. Regarding the vitamin content, spinach is rich in vitamin A, vitamin C, vitamin E, vitamin K, as well as vitamins of group B (B6, B2, B1) and folic acid (vitamin B9). It also contains antioxidant substances such as flavonoids, and carotenoids (lutein and zeaxanthin, neoxanthin). It is also a good source of Omega-3 fatty acids [4]. Also, other properties have been described as: Promotes the transport and deposition of oxygen in tissues, increase muscle strength, it helps you lose weight, help prevent diseases, benefits pregnant women and children, improves vision, and keeps blood pressure balanced [5].

On the other hand, Industrial development, agricultural exploitation and population expansion lead to the emergence of emissions and waste that constitute a growing threat to the environment. These damages translate into changes that affect the quality of life and health of the beings that inhabit the earth, due to alterations in the air, soil, water and all urban and rural environments [6]. Among the contaminants are metals, whose presence is important to be considered in food, both of vegetable and animal origin [7]. Metals can accumulate in crops, either through their absorption by contaminated irrigation water, by the soil through the roots or by deposition in the foliage of airborne particles. The ability of plants to bioaccumulation metals and other possible contaminants varies depending on the plant species and the nature of the contaminants. Heavy metals can be absorbed by plants

depending on their availability in the soil and the selectivity mechanisms of each species, variety and genotype [8]. In Mexico, plant species with metal accumulative capacity have been identified. These include water lily (*Eichhornia crassipes*) [9], onion (*Allium cepa* L., Liliaceae), beetroot (*Beta vulgaris* L., Chenopodiaceae), rice (*Oriza sativa* L., Poaceae), radish (*Raphanus sativus* L., Brassicaceae) [10], and *Ananas comosus* [11]. Thus, there is a need to develop or find innovative low cost adsorbents with an affinity towards metal ions for the removal of Cr (VI) from aqueous solution, which leads to high adsorption capacity [12]. The objective of this study was to analyze in vitro biosorption of Cr (VI) by spinach (*Spinacea oleraceae*) biomass.

2 | EXPERIMENTAL

A. Biosorbent used

The spinach biomass was obtained from the fruits harvested and offered in the marketplace Republic, in the month of May in 2019, of the capital city of San Luis Potosí, S.L.P. México. To obtain the biomass, the leaves was washed with EDTA (10%) in trideionized water, and then with trideionized water during 3 days at constant stirring, with water changes every 12 hours. Subsequently, it was boiled 1 hour to removal traces of the color, dust and were dry at 80°C for 12 hours in an oven, ground in blender and stored in amber vials until use.

B. Biosorption studies and determination of Cromium hexavalent, trivalent and total chromium

For these studies, was used 1 g of dried biomass mixed with 100 mL of trideionized water containing 100 mg/L of the metal, in an Erlenmeyer flask at the desired temperature and pH. The flasks were agitated on a shaking bath Yamato BT-25 model. Samples of 5 mL were taken at different times, and centrifuged at 3000 rpm for 5 min. The supernatant liquid was separated and analyzed for Hexavalent chromium, which was quantifying by a Spectrophotometric method employing Diphenylcarbazide [13]. The information shown in the results section are the mean from three experiments carried out by triplicate.

3 | RESULTS AND DISCUSSION

A. Effect of incubation time and pH

The optimum time and pH for Cr (VI) removal for *B. vulgaris* biomass was 90 minutes and pH 1.0, at constant values of biosorbent dosage (1 g/100 mL), with an initial metal concentration of 100 mg/L, and a temperature of 28°C (Figure 1). It was used a pH meter Corning Pinnacle 530 model and we use nitric acid 1M to maintain the pH. The literature [9],

report an optimum time of 8 h for the removal of Cr(VI) by porous carbon derived from corn straw, 150 and 180 minutes for Cr (VI) removal using oleaster (*Elaeagnus*) seed and cherry (*Prunus avium*) stone biochar [10], 10 hours by *Ananas comosus* biomass shell [11], and 120 minutes, 150 mg/L of the metal and 2.5 g/L of natural biomass with *Macadamia* nutshell powder oxidized by hydrogen peroxide solutions [12]. Changes in the cell permeability of unknown origin, could partly explain the differences founded in the incubation time, providing greater or lesser exposure of the functional groups of the cell wall of the biomass analyzed [4, 5, and 6]. Adsorption efficiency of Cr (VI) was observing a maximum at pH 1.0 and 180 minutes with the biomass analyzed. The results showed that the increase in pH resulted in decrease in the removal of the metal. It was reported an optimum pH 1.5, for the Cr (VI) removal using oleaster (*Elaeagnus*) seed and cherry (*P. avium*) stone biochar [10], a pH of 1-3, for the removal of Cr (VI) by porous carbon derived from corn straw [9], an optimum pH of 1.0 by *A. comosus* biomass shell [11]. Although other authors report an optimum pH 2.0 for epicarpio of *Vitis vinifera* L. [13], a pH of 3.0 by hydrothermal carbon-sphere-Fe₃O₄ [14], pH of 2.0 by modified Russian knapweed flower powder [15]. This was due to the dominant species (CrO₄²⁻ and Cr₂O₇²⁻) of Cr ions in solution, which were expected to interact more strongly with the ligands carrying positive charges [6, 16].

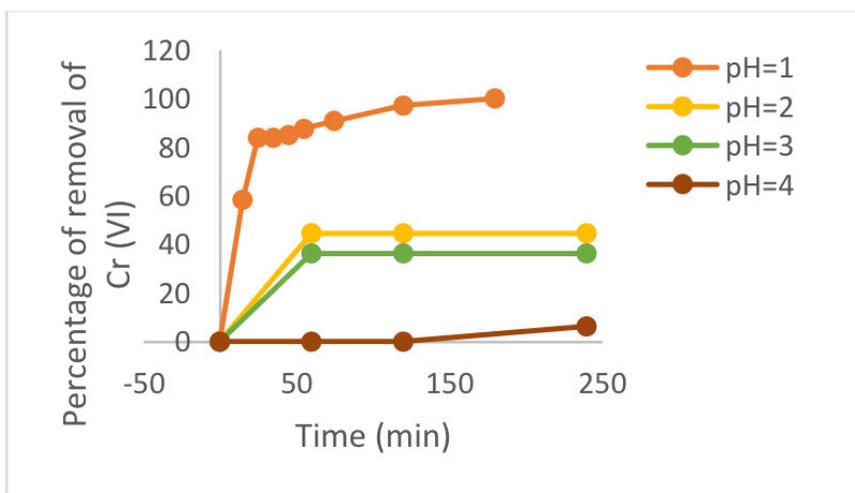


Figure 1. Effect of incubation time and pH on Chromium (VI) removal by *B. Vulgaris* biomass. 100 mg/L Cr (VI), 100 rpm, 28°C. 1.0 g of biomass.

B. Effect of the temperature

On the other hand, temperature was found to be a critical parameter in the bioadsorption of Cr (VI) (Figure 2). To maintain constant the temperature in all experiments, we use a shaking bath Yamato BT-25 model. The total removal was observed at 12 and 180 minutes of incubation, for 60°C and 28°C, respectively. These results are coincident

for power of orange peel biosorbent for the removal of Pb (II) and Zn (II) [17], *A. comosus* biomass shell [11], and residue of the *Persea Americana* Shell [18], by a reusable chitosan-modified multi-walled carbon nanotube composite [19], by dried twigs of *Melaleuca diosmifolia* [20]. The increase in temperature increases the rate of removal of Cr (VI) and decrease the contact time required for complete removal of the metal, to increase the redox reaction rate [21].

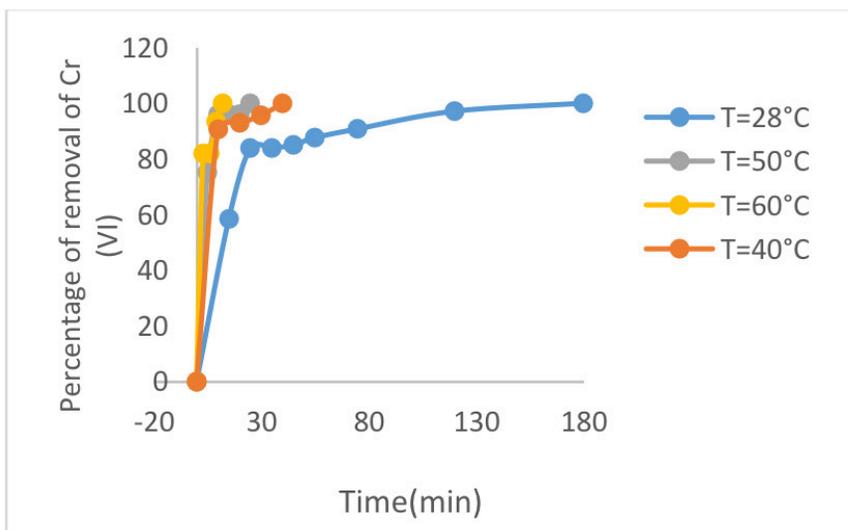


Figure 2. Effect of the temperature on Chromium (VI) removal by *B. vulgaris* biomass.

1/L Cr (VI), pH 1.0, 100 rpm. 1.0 g of biomass.

C. Effect of initial metal concentration

We observe that the removal of metal was 100% at 5 and 24 hours, at 28°C, for 200 and 1000 mg/L, respectively (Figure 3). In addition, we observe the development of a blue-green and white precipitate, which changes more rapidly at higher temperatures (date not shown), and we determined this precipitate how Cr (III) [8]. The results are coincident for the removal of Pb (II) by dried green algae collected from Jeddah coast [22], the removal of Cr (VI) by residual biomass of eucalyptus leaves (*Globulus labill*) [23], and the removal of the same metal by coffee ground and mixed waste tea [16], and are different for the chromium removal using *Platanus x hispánica* aquenium [24], in it was found that the increase in the initial concentration led to an increase in the removal of the contaminant [24]. The increase in initial concentration of Cr (VI), results in the increased uptake capacity and decreased in the percentage of removal of the metal. This was due to the increase in the number of ions competing for the available functional groups on the surface of biomass [6, 21].

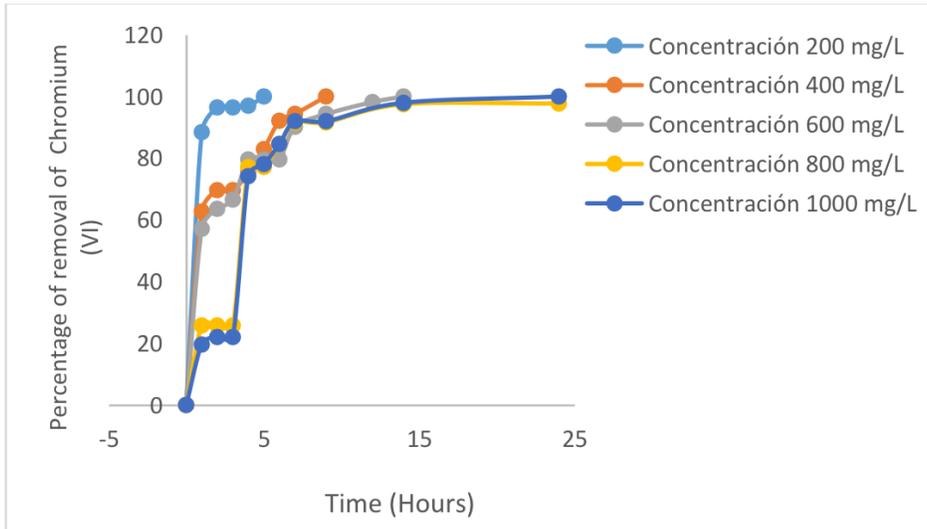


Figure 3. Effect of initial metal concentration on Cr (VI) removal by *B. Vulgaris* biomass. pH 1.0, 100 rpm, 28°C.

D. Effect of biosorbent dose

The influence of biomass concentration on the removal capacity of Cr (VI) is depicted in Figure 4. If we increase the amount of biomass, the removal of the metal in solution decreased slightly, well the removal obtained was observed between 100%-96.2%, with 1-4 g of natural biomass, although it has been reported what with more biosorption sites of the same, because the amount of added biosorbent determines the number of binding sites available for metal biosorption [26]. Different results have been reported for almond green hull [27], with a metal concentration of 10 mg/L, with 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, y 5 g de biomass. Too was reported a efficient removal of the metal if the biomass concentration was increased for oleaster (*Elaeagnus*) seed and cherry (*P. avium*) stone biochar [10], using modified Russian knapweed flower poder to initial concentrations of Cr (VI) of 2, 10 and 15 mg/L with pH 2.0 [15], with coffee grounds, where there is an increase in the removal of 39% to 97%, if the concentration of the bioadsorbent is increased of 0.05 to 0.3 g/100 mL [28], as well as for newspaper, where by increasing the concentration of 2 to 6 g/L, increase the removal efficiency of 43.4% to 98.3% [29].

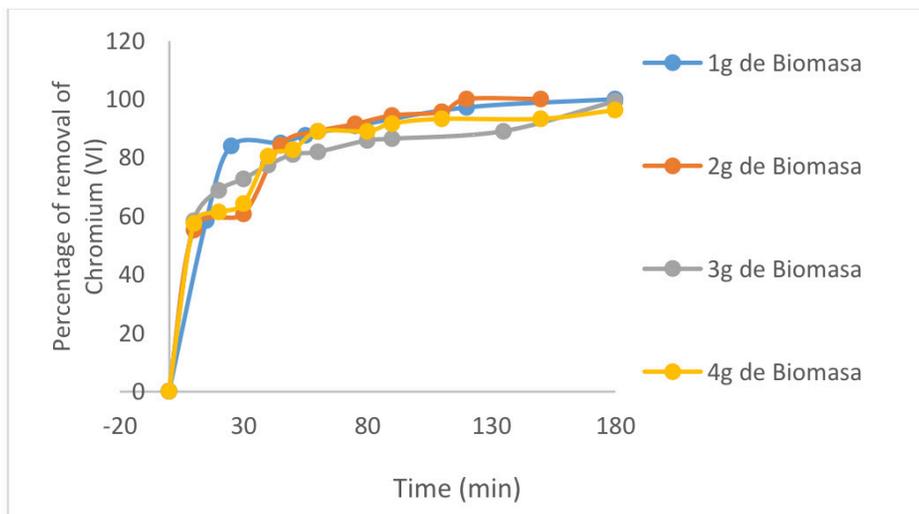


Figure 4. Effect of biomass concentration of *B. vulgaris* biomass, on the removal of 100 mg/L Cr (VI), 28°C, pH 1.0, 100 rpm.

E. Removal of Cr (VI) in industrial wastes with *B. vulgaris* biomass.

We adapted a water-phase bioremediation assay to explore possible usefulness of this biomass for eliminating Cr (VI) from industrial wastes, the biomass (5 g), was incubate with 10 g of non-sterilized contaminated earth with 100 mg/g, and wastewater containing 100 mg/L of Cr (VI) (adjusted), suspended in trideionized water to a final volume of 100 mL. It was observing that in 24 hours of incubation, the Cr (VI) concentration of earth and water samples decrease fully in both (Figure 5), and the decrease level occurred without change significant in total chromium content during the experiments. In the experiment carried out without absence biomass, the Cr (VI) concentration of the earth samples decreased by about of 18% (date not shown); this might be caused by indigenous microflora and (or) reducing components present in the soil [5, 6, 11, and 18]. This results coincides with the literature reports for other natural biomass, such as seeds of *Moringa oleifera* with 1 g of biomass and concentrations of 10 to 150 ppm of Cu (II), Ni (II), and Cr (VI), with percentages of removal between 37-53%, 39-76%, and 11-33%, respectively [30], for a wastewater sample with Cr (III) (4 mg/L), Zn (II) (1 mg/L), Fe (II) (6 mg/L), Ni (II) (2 mg/L), and Cu (II) (31 mg/L) by *Macadamia* nutshell powder oxidized by hydrogen peroxide solutions [12], the Cr (VI) biosorption, in aqueous solutions and in effluents industrial tannery, using biosorbent of eucalyptus tree waste leaves (*G. labill*), activated in acidic medium [23].

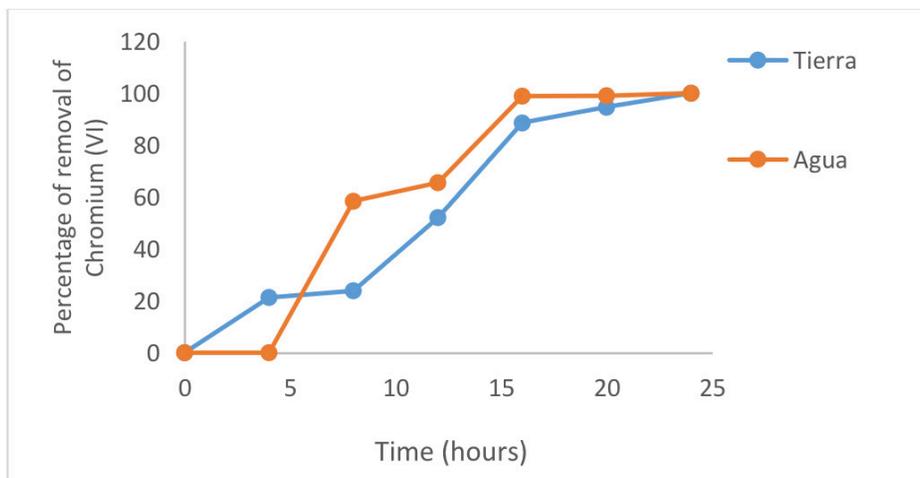


Figure 5. Removal of Cr (VI) in industrial wastes incubated with 5 g of *B. Vulgaris* biomass. 28°C, 100 rpm, 10 g of contaminated earth with 100 mg/g and 100 mL of contaminated water with 100 mg/L (100 mg Cr (VI)/L (adjusted)).

4 | CONCLUSIONS

The biomass analyzed, showed complete capacity of biosorption of 100 mg/L Cr (VI) in solution at different time of incubation, at 28°C, 100 rpm with 1 g of natural biomass, besides this removal the metal *in situ* (24 hours of incubation, with 5 g of biomass), in earth and water contaminated. These results suggest their potential applicability for the remediation of Cr (VI) from polluted soils in the fields.

REFERENCES

- [1] A.F. Pighín, and A.L. Rossi. “Espinaca fresca, supercongelada y en conserva: Contenido de vitamina C pre y post cocción”. *Rev. Chil. Nutr.* Vol. 37, No. 2, pp. 201-207. 2010.
- [2] J.F. Paz León. “Elaboración y control de calidad de pan enriquecido con fibra de cutícula de tomate (*Solanum lycopersicum*) y espinaca (*Spinacea oleracea*)”. Tesis de grado. Bioquímico Farmacéutico. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias. Escuela de Bioquímica y Farmacia. Riobamba, Ecuador. 2014.
- [3] V. Hoyos, M. Rodríguez, J.F. Cárdenas-Hernández, and H.E. Balaguera-López. “Análisis del crecimiento de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) bajo el efecto de diferentes fuentes y dosis de nitrógeno”. *Rev. Col. Ciencias Hortic.* Vol. 3, No. 2. pp. 175-187. 2009.
- [4] M.T. Martínez-Damián y M.C. Cantwell de Tejo. “Cambios de calidad en espinaca almacenada en atmosferas controladas”. *Rev. Chapingo Serie Hortic.* Vol. 8, No. 1. pp. 49-62, 2002.
- [5] S.B. Pérez-Cabeza, N. Morón Angarita, M. Cervantes, and M. A. Barón-Rodríguez. “Evaluación del potencial antioxidante en extracto de espinaca por voltamperometría cíclica”. *Rev. Ion.* Vol. 30, No. 2. pp. 99-105. 2017.

- [6] S.A. Covarrubias and J.J. Peña Cabriales, "Contaminación ambiental por metales pesados en México: Problemática y estrategias de fitorremediación". RICA. Vol. 33. pp. 7-21. 2017.
- [7] M.C. Fiallos Morales. "Cuantificación de metales pesados y calidad microbiológica de frutas y vegetales que se expenden en el mercado mayorista de la ciudad de Ambato". Tesis de Ingeniería Bioquímica. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Universidad Técnica de Ambato. Ecuador. 2017.
- [8] M.L. Garrido, S.A. Veitia, T. de Armas Guillen, O. Collazo García, J. Jiménez Chacón, D. Castro Espín, M. Álvarez Prieto, A. Rodríguez Nodals y R. González Bayón. "Procedimiento analítico para la determinación de metales pesados en zanahoria y espinaca cultivadas en organopónicos urbanos". Rev. Cien. Téc. Agropec. Vol. 22, No. 1. pp. 20-26. 2013.
- [9] C. Carrión, C. Ponce-de León, S. Cram, I. Sommer, M. Hernández, y C. Vanegas. Aprovechamiento potencial del lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) en Xochimilco para fitorremediación de metales". Agrociencia. Vol. 46. pp. 609-620. 2012.
- [10] J. Prieto Méndez, C.A. González Ramírez, A.D. Román Gutiérrez y F. Prieto García. "Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales provenientes de suelos y agua". Trop. and Subtrop. Agroecosyst. Vol. 10. pp. 29 – 44. 2009.
- [11] I. Acosta-Rodríguez, J.F. Cárdenas-González, K. Galaviz-Orocio, A. Rodríguez-Pérez, C. Michel-Cuello, and A. Muñoz-Morales, "Biosorption of Chromium (VI) in aqueous Solution by *Ananas comosus* biomass shell". Modern Concepts & Developments in Agronomy, Vol. 4, No. 1 pp. 1-6. 2019.
- [12] S. Xia, Z. Song, P. Jeyakumar, S. M. Shaheen, J. Rinklebe, Y. Sik Ok, N. Bolan, and H. Wang. "A critical review on bioremediation technologies for Cr(VI)-contaminated soils and wastewater". Crit. Rev. in Environ. Science and Technol. Vol. 49, No.12 pp. 1027-1078, 2019.
- [13] A.E. Greenberg, L.S. Clesceri, and A.D. Eaton, "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater", American Public Health Association, Washington, DC, USA, 18th edition, 1992.
- [14] F. Liu, W. Zhang, L. Tao, B. Hao, and J. Zhang, "Simultaneous photocatalytic redox removal of chromium (VI) and arsenic (III) by hydrothermal carbon-sphere@nano-Fe₃O₄". Environ. Sci. Nano, Vol. 6. pp. 937-947. 2019.
- [15] M. Taghi Ghaneian, M. Dehvari, and B. Jamshidi. "A batch study of hexavalent chromium removal from synthetic wastewater using modified Russian knapweed flower powder". Int. J. of Environ. Health Eng. Vol. 2, No. 5. pp. 38-46. 2013.
- [16] C.E. Barrera-Díaz, V. Lugo-Lugo y B. Bilyeu, "A review of chemical, electrochemical and biological methods for aqueous Cr (VI) reduction", J. Hazard. Mat. Vol. 223– 224, pp. 1– 12, 2012.
- [17] A.F. Cardona Gutiérrez, D.D. Cabañas Vargas, and A. Zepeda Pedreguera. "Evaluación del poder biosorbente de cáscara de naranja para la eliminación de metales pesados, Pb (II) y Zn (II)". Ing. Vol. 17, No. 1. pp. 1-9. 2013.
- [18] I. Acosta-Rodríguez, V. Hernández-López, M.M. Nájera-Pérez, V.M. Martínez-Juárez, M.F. Avalos-Sekeres, C. Michel-Cuello, A. Muñoz-Morales, A. Rodríguez-Pérez, and J.F. Cárdenas-González, "Removal of Cr (VI) Through the Use of the Agroindustrial Residue of the *Persea Americana* Shell". Modern Concepts & Develop. in Agronomy. Vol. 3, No. 4. pp. 1-6. 2019.

- [19] Y. Huang, X. Leeb, F.C. Macazo, M. Grattieric, R. Cai, and S. D. Minteerc. "Fast and efficient removal of chromium (VI) anionic species by a reusable chitosan-modified multi-walled carbon nanotube composite". Chem. Eng. J. Vol. 339. pp. 259-267. 2018.
- [20] D. Pradhana, L.B. Suklaa, M. Sawyerb, and P. K.S.M. Rahman. "Recent bioreduction of hexavalent chromium in wastewater treatment: A review". J. Ind. and Eng. Chem. Vol. 55. pp. 1-20. 2017.
- [21] G.S. Agarwal, H. Kumar, and S. Chaudari. "Biosorption of aqueous chromium (VI) by *Tamarindus indica* seeds". Bioresour. Technol., Vol. 97, pp. 949-956, 2006. [22] R.H. Amasha and M. M. Aly. "Removal of dangerous heavy metals and some human pathogens and some humans pathogens by dried green algae collected from Jeddah Coast". Pharmacophore, Vol. 10, No. 3. pp. 5-13. 2019.
- [23] N. Miranda Zea. "Biosorción de cromo Cr (VI) de soluciones acuosas por la biomasa residual de hojas de eucalipto (*Globulus labill*)". Rev. Did. de las Ciencias Nat. Vol. 1 No.1. pp. 20-32. 2019.
- [24] S.I. García, L. Candia, M.I. Frascaroli, and J.C. González. "Sorcción de cromo utilizando aquenio de *Platanus x hispánica*". Av. Cien. Ing. Vol. 9, No. 2. pp. 21-31. 2018.
- [25] W. Cherdchoo, S. Nithettham, and J. Charoenpanich, "Removal of Cr(VI) from synthetic wastewater by adsorption onto coffee ground and mixed waste tea". Chemosphere. Vol. 221. pp. 758-767. 2019.
- [26] C. Cervantes, J. Campos, S. Devars, F. Gutiérrez, H. Loza, J.C. Torres, and R. Moreno, "Interactions of chromium with microorganisms and plants", FEMS Microbiol. Rev., Vol. 25, pp. 335-347, 2001.
- [27] M. Sahranavard, A. Ahmadpour, and M. Reza Doostiet, "Biosorption of hexavalent chromium ions from aqueous solutions using almond green hull as a low-cost boosorbent". European J. of Scient. Res. Vol. 58, No. 3. pp. 392-400. 2011.
- [28] G.V. Krishna Mohjan, A. Naga Babu, K. Kalpana, and K. Ravindhranath, "Removal of chromium (VI) from water using adsorbent derived from spent coffee grounds". J. Environ. Science and Technol. Vol. 16. pp. 101-112. 2019.
- [29] X. Song Wang, and Z. Zhong, "Removal of Cr (VI) from aqueous solution by newspapers. Desalination. Vol. 249. pp. 175–181. 2009.
- [30] A.C. Landázuri, J.D. Cahuasquí, and A.S. Lagos. "Metal adsorption in aqueous media using *Moringa oleifera* Lam. seeds produced in Ecuador as an alternative method for water treatment". Vol. 11, No. 17. pp. 190–205. 2019.
- [31] Y. Cui, A. Masud, N. Aich, and J.D. Atkinson. "Phenol and Cr(VI) removal using materials derived from harmful algal bloom biomass: Characterization and performance assessment for a biosorbent, a porous carbon, and Fe/C composites". J. Hazard. Mater. Vol. 368. pp. 477–486. 2019.

CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA - Técnico en Química por el Colegio Profesional de Uberlândia (2008), Licenciado en Química por la Universidad Federal de Uberlândia (2010), Licenciado en Química (2011) y Licenciado en Química Industrial (2023) por la Universidad de Uberaba, em Ciencias Biológicas (2021) y en Física (2022) por la Faculdade Única. Especialista em Metodología de Enseñanza de Química y Enseñanza Superior por la Faculdade JK Serrana de Brasília (2012), especialista em Enseñanza de Ciencias y Matemáticas por el Instituto Federal do Triângulo Mineiro (2021), especialista em Ciencias Naturales y Mercado Laboral (2022) por la Universidad Federal de Piauí (UFPI). Maestría en Química por la Universidad Federal de Uberlândia (2015), com énfasis em el desarrollo de un bio adsorbente para la remoción de iones As(V), Sb(III) y Se(IV) en diferentes matrices acuáticas. Doctorado en Química por la Universidad Federal de Uberlândia (2018), com énfasis em Procesos Oxidativos Avanzados [fotocatálisis heterogénea ($\text{TiO}_2/\text{UV-A}$ y $\text{TiO}_2/\text{Solar}$, $\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV-C}$) para la remoción de contaminantes de preocupación emergente (CPE) en diferentes matrices acuáticas. Realizó la primera pasantía pos doctoral (de mayo de 2020 a abril de 2022) y está cursando la segunda pasantía (2022-actual) em la Universidad Federal de Uberlândia com énfasis em la aplicación de nuevos agentes oxidantes utilizando radiación solar para remover CPE en efluentes de una red de alcantarillado planta de tratamiento. Actualmente es químico y técnico responsable de los laboratorios de Unicesumar/Polo Patrocínio y actúa em las siguientes líneas de investigación: (i) Desarrollo de nuevas metodologías para el tratamiento y valorización de residuos químicos generados em laboratorios de instituciones de enseñanza e investigación; (ii) estudios de seguimiento de CPE; (iii) Desarrollo de nuevas tecnologías avanzadas para la remoción de CPE em diferentes matrices acuáticas; (iv) Aplicación de procesos oxidativos avanzados ($\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV C}$, $\text{TiO}_2/\text{UV-A}$ y foto-Fenton y otros) para remover CPE em efluentes de la planta de tratamiento de efluentes para su reutilización; (v) Estudio y desarrollo de nuevos biosorbentes para la remediación ambiental de CPE em diferentes matrices acuáticas; (vi) Educación Ambiental y; (vii) alfabetización científica y procesos de alfabetización em el área de las ciências naturales, especialmente biología y química.

A

Adsorbents 69
 Agentes Patógenos 49
 Antioxidant Properties 68
 Aprendizaje Experiencial 13
 Asincrónica 22, 23

B

Beta-Carotene 68
 Biomass 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76
 Biosorption 67, 68, 69, 72, 73, 74, 75, 76

C

Cablebús 37, 38, 39, 40, 41, 42, 44, 45, 46, 47, 48
 Carotenoids 68
 Clase Virtual 11
 Competências e Capacidades 2
 Conocimiento 9, 11, 12, 13

D

Dendrímeros 49, 50, 51, 53, 54, 56, 58, 59, 60, 62, 63, 64, 65
 Docente 6, 11, 12, 22, 26, 27, 28

E

Educação Digital 2
 Educación Constructivista 12
 Energías Limpias 45
 Enseñanza- Aprendizaje 11
 Estaciones Multimodales 43
 Estudiantes 11, 24, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35

F

Flavonoids 68
 Fotodegradación 52
 Fotoinducida e Inactivación Fotodinámica (PDI) 49, 50, 51, 59, 61, 63
 Fotosensibilizadores 52, 66

G

- Gestão Ágil 1, 6, 7
- Gestão Consensual 4
- Gestão Empresarial 2, 5, 8
- Gestão por Competências 4, 5
- Gestão Universitária 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8

H

- Habilidades Experimentales 30, 35
- Herramientas Tecnológicas 11, 12

I

- Impactos Ambientales 37, 47
- Indústria 4.0 1
- Información 9, 22, 23, 63
- Inovação 1
- Interacción 17, 22, 23, 27, 28, 64
- Investigación Científica 13

M

- Mercado de Trabalho 2, 8
- Movilidad Sustentable 36, 37, 43, 44, 45, 46

N

- Normas de Seguridad 24, 29

O

- Omega-3 68
- Oxígeno Singulete 50, 51, 52, 59, 60, 63

P

- Phytonutrients 68
- Planeación 23, 38
- Plataforma Moodle 12, 13
- Porfirinas 49, 50, 51, 55, 56, 62, 64, 65, 66
- Portais Educacionais 2
- Prácticas de Laboratorio 24, 29
- Propiedades Fotofísicas 49, 50, 62, 63, 64, 65, 66

R

Recursos Energéticos 36

S

Spinach 67, 68, 69

Startup 1, 9, 10

T

Temperature 67, 68, 69, 70, 71

Tulsa Community College (TCC) 24, 26

U

Universidade 2, 3, 6, 7, 8

V

Vitamin 67, 68

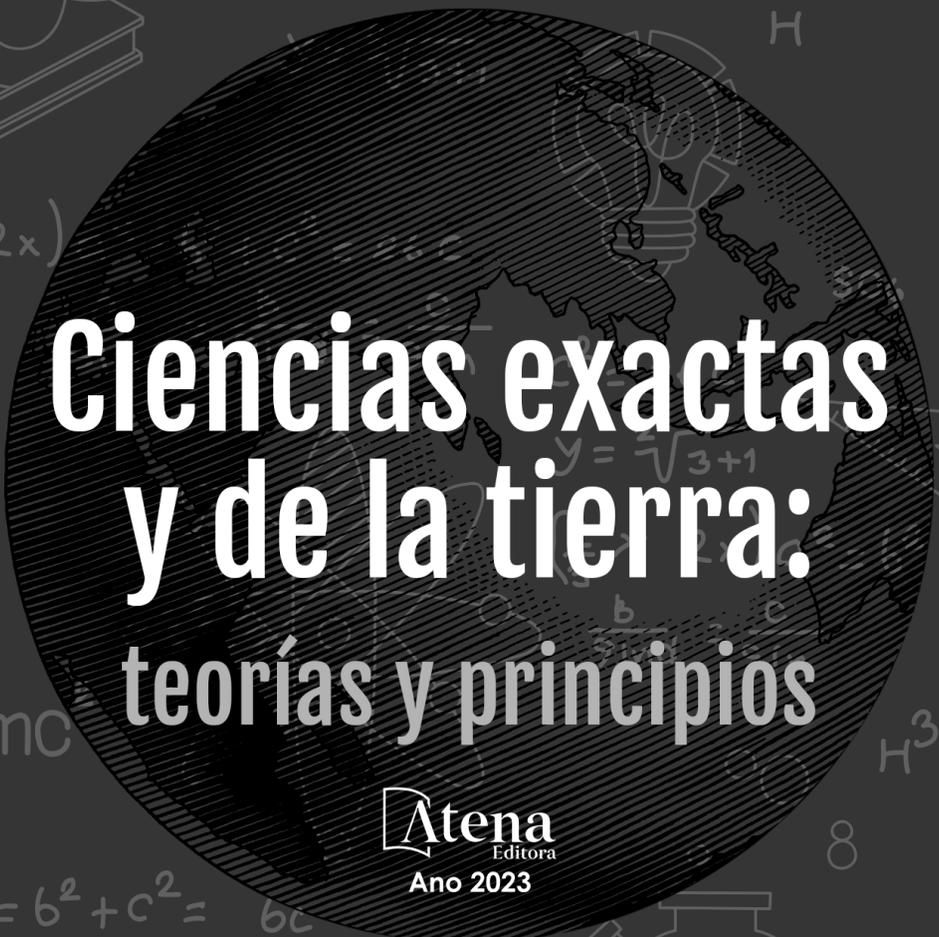
W

Wastewater 68, 73, 75, 76

Whatsapp 13

Z

Zoom 13, 18, 20, 22, 55



**Ciencias exatas
y de la tierra:
teorías y principios**

Atena
Editora
Ano 2023

-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Ciencias exactas y de la tierra: teorías y principios

 **Atena**
Editora
Ano 2023

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 @atenaeditora
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br