

Ciência e Tecnologia

Para o Desenvolvimento
Ambiental, Cultural
e Socioeconômico

Xosé Somoza Medina
(organizador)

VOL VIII

 EDITORA
ARTEMIS
2026

Ciência e Tecnologia

Para o Desenvolvimento
Ambiental, Cultural
e Socioeconômico

Xosé Somoza Medina
(organizador)



VOL VIII

 EDITORA
ARTEMIS
2026



O conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons Atribuição-Não-Comercial NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0). Direitos para esta edição cedidos à Editora Artemis pelos autores.

Permitido o download da obra e o compartilhamento, desde que sejam atribuídos créditos aos autores, e sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

A responsabilidade pelo conteúdo dos artigos e seus dados, em sua forma, correção e confiabilidade é exclusiva dos autores. A Editora Artemis, em seu compromisso de manter e aperfeiçoar a qualidade e confiabilidade dos trabalhos que publica, conduz a avaliação cega pelos pares de todos manuscritos publicados, com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

Editora Chefe	Prof. ^a Dr. ^a Antonella Carvalho de Oliveira
Editora Executiva	M. ^a Viviane Carvalho Mocellin
Direção de Arte	M. ^a Bruna Bejarano
Diagramação	Elisangela Abreu
Organizador	Prof. Dr. Xosé Somoza Medina
Imagem da Capa	peacestock/123RF
Bibliotecário	Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Conselho Editorial

Prof.^a Dr.^a Ada Esther Portero Ricol, *Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Echeverría”*, Cuba
Prof. Dr. Adalberto de Paula Paranhos, Universidade Federal de Uberlândia, Brasil
Prof. Dr. Agustín Olmos Cruz, *Universidad Autónoma del Estado de México*, México
Prof.^a Dr.^a Amanda Ramalho de Freitas Brito, Universidade Federal da Paraíba, Brasil
Prof.^a Dr.^a Ana Clara Monteverde, *Universidad de Buenos Aires*, Argentina
Prof.^a Dr.^a Ana Júlia Viamonte, Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), Portugal
Prof. Dr. Ángel Mujica Sánchez, *Universidad Nacional del Altiplano*, Peru
Prof.^a Dr.^a Angela Ester Mallmann Centenaro, Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil
Prof.^a Dr.^a Begoña Blandón González, *Universidad de Sevilla*, Espanha
Prof.^a Dr.^a Carmen Pimentel, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil
Prof.^a Dr.^a Catarina Castro, Universidade Nova de Lisboa, Portugal
Prof.^a Dr.^a Cirila Cervera Delgado, *Universidad de Guanajuato*, México
Prof.^a Dr.^a Cláudia Neves, Universidade Aberta de Portugal
Prof.^a Dr.^a Cláudia Padovesi Fonseca, Universidade de Brasília-DF, Brasil
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos, Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil
Dr. Cristo Ernesto Yáñez León – New Jersey Institute of Technology, Newark, NJ, Estados Unidos



Prof. Dr. David García-Martul, *Universidad Rey Juan Carlos de Madrid*, Espanha

Prof.^a Dr.^a Deuzimar Costa Serra, *Universidade Estadual do Maranhão*, Brasil

Prof.^a Dr.^a Dina Maria Martins Ferreira, *Universidade Estadual do Ceará*, Brasil

Prof.^a Dr.^a Edith Luévano-Hipólito, *Universidad Autónoma de Nuevo León*, México

Prof.^a Dr.^a Eduarda Maria Rocha Teles de Castro Coelho, *Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro*, Portugal

Prof. Dr. Eduardo Eugênio Spers, *Universidade de São Paulo (USP)*, Brasil

Prof. Dr. Eloi Martins Senhoras, *Universidade Federal de Roraima*, Brasil

Prof.^a Dr.^a Elvira Laura Hernández Carballido, *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*, México

Prof.^a Dr.^a Emilas Darlene Carmen Lebus, *Universidad Nacional del Nordeste*, Argentina

Prof.^a Dr.^a Erla Mariela Morales Morgado, *Universidad de Salamanca*, Espanha

Prof. Dr. Ernesto Cristina, *Universidad de la República*, Uruguay

Prof. Dr. Ernesto Ramírez-Briones, *Universidad de Guadalajara*, México

Prof. Dr. Fernando Hitt, *Université du Québec à Montréal*, Canadá

Prof. Dr. Gabriel Díaz Cobos, *Universitat de Barcelona*, Espanha

Prof.^a Dr.^a Gabriela Gonçalves, *Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP)*, Portugal

Prof.^a Dr.^a Galina Gumovskaya – *Higher School of Economics*, Moscow, Russia

Prof. Dr. Geoffroy Roger Pointer Malpass, *Universidade Federal do Triângulo Mineiro*, Brasil

Prof.^a Dr.^a Gladys Esther Leoz, *Universidad Nacional de San Luis*, Argentina

Prof.^a Dr.^a Glória Beatriz Álvarez, *Universidad de Buenos Aires*, Argentina

Prof. Dr. Gonçalo Poeta Fernandes, *Instituto Politécnico da Guarda*, Portugal

Prof. Dr. Gustavo Adolfo Juarez, *Universidad Nacional de Catamarca*, Argentina

Prof. Dr. Guillermo Julián González-Pérez, *Universidad de Guadalajara*, México

Prof. Dr. Håkan Karlsson, *University of Gothenburg*, Suécia

Prof.^a Dr.^a Iara Lúcia Tescarollo Dias, *Universidade São Francisco*, Brasil

Prof.^a Dr.^a Isabel del Rosario Chiyon Carrasco, *Universidad de Piura*, Peru

Prof.^a Dr.^a Isabel Yohena, *Universidad de Buenos Aires*, Argentina

Prof. Dr. Ivan Amaro, *Universidade do Estado do Rio de Janeiro*, Brasil

Prof. Dr. Iván Ramon Sánchez Soto, *Universidad del Bío-Bío*, Chile

Prof.^a Dr.^a Ivânia Maria Carneiro Vieira, *Universidade Federal do Amazonas*, Brasil

Prof. Me. Javier Antonio Albornoz, *University of Miami and Miami Dade College*, Estados Unidos

Prof. Dr. Jesús Montero Martínez, *Universidad de Castilla - La Mancha*, Espanha

Prof. Dr. João Manuel Pereira Ramalho Serrano, *Universidade de Évora*, Portugal

Prof. Dr. Joaquim Júlio Almeida Júnior, *UniFIMES - Centro Universitário de Mineiros*, Brasil

Prof. Dr. Jorge Ernesto Bartolucci, *Universidad Nacional Autónoma de México*, México

Prof. Dr. José Cortez Godinez, *Universidad Autónoma de Baja California*, México

Prof. Dr. Juan Carlos Cancino Diaz, *Instituto Politécnico Nacional*, México

Prof. Dr. Juan Carlos Mosquera Feijoo, *Universidad Politécnica de Madrid*, Espanha

Prof. Dr. Juan Diego Parra Valencia, *Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín*, Colômbia



Prof. Dr. Juan Manuel Sánchez-Yáñez, *Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo*, México

Prof. Dr. Juan Porras Pulido, *Universidad Nacional Autónoma de México*, México

Prof. Dr. Júlio César Ribeiro, *Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro*, Brasil

Prof. Dr. Leinig Antonio Perazolli, *Universidade Estadual Paulista (UNESP)*, Brasil

Prof.^a Dr.^a Lúvia do Carmo, *Universidade Federal de Goiás*, Brasil

Prof.^a Dr.^a Luciane Spanhol Bordignon, *Universidade de Passo Fundo*, Brasil

Prof. Dr. Luis Fernando González Beltrán, *Universidad Nacional Autónoma de México*, México

Prof. Dr. Luis Vicente Amador Muñoz, *Universidad Pablo de Olavide*, Espanha

Prof.^a Dr.^a Macarena Esteban Ibáñez, *Universidad Pablo de Olavide*, Espanha

Prof. Dr. Manuel Ramiro Rodriguez, *Universidad Santiago de Compostela*, Espanha

Prof. Dr. Manuel Simões, *Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto*, Portugal

Prof.^a Dr.^a Márcia de Souza Luz Freitas, *Universidade Federal de Itajubá*, Brasil

Prof. Dr. Marcos Augusto de Lima Nobre, *Universidade Estadual Paulista (UNESP)*, Brasil

Prof. Dr. Marcos Vinicius Meiado, *Universidade Federal de Sergipe*, Brasil

Prof.^a Dr.^a Mar Garrido Román, *Universidad de Granada*, Espanha

Prof.^a Dr.^a Margarida Márcia Fernandes Lima, *Universidade Federal de Ouro Preto*, Brasil

Prof.^a Dr.^a María Alejandra Arecco, *Universidad de Buenos Aires*, Argentina

Prof.^a Dr.^a Maria Aparecida José de Oliveira, *Universidade Federal da Bahia*, Brasil

Prof.^a Dr.^a Maria Carmen Pastor, *Universitat Jaume I*, Espanha

Prof.^a Dr.^a Maria da Luz Vale Dias – *Universidade de Coimbra*, Portugal

Prof.^a Dr.^a Maria do Céu Caetano, *Universidade Nova de Lisboa*, Portugal

Prof.^a Dr.^a Maria do Socorro Saraiva Pinheiro, *Universidade Federal do Maranhão*, Brasil

Prof.^a Dr.^a M^a Graça Pereira, *Universidade do Minho*, Portugal

Prof.^a Dr.^a Maria Gracinda Carvalho Teixeira, *Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro*, Brasil

Prof.^a Dr.^a María Guadalupe Vega-López, *Universidad de Guadalajara*, México

Prof.^a Dr.^a Maria Lúcia Pato, *Instituto Politécnico de Viseu*, Portugal

Prof.^a Dr.^a Maritza González Moreno, *Universidad Tecnológica de La Habana*, Cuba

Prof.^a Dr.^a Mauriceia Silva de Paula Vieira, *Universidade Federal de Lavras*, Brasil

Prof. Dr. Melchor Gómez Pérez, *Universidad del Pais Vasco*, Espanha

Prof.^a Dr.^a Ninfa María Rosas-García, *Centro de Biotecnología Genómica-Instituto Politécnico Nacional*, México

Prof.^a Dr.^a Odara Horta Boscolo, *Universidade Federal Fluminense*, Brasil

Prof. Dr. Osbaldo Turpo-Gebera, *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa*, Peru

Prof.^a Dr.^a Patrícia Vasconcelos Almeida, *Universidade Federal de Lavras*, Brasil

Prof.^a Dr.^a Paula Arcoverde Cavalcanti, *Universidade do Estado da Bahia*, Brasil

Prof. Dr. Rodrigo Marques de Almeida Guerra, *Universidade Federal do Pará*, Brasil

Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares, *Universidade Federal do Piauí*, Brasil

Prof. Dr. Sergio Bitencourt Araújo Barros, *Universidade Federal do Piauí*, Brasil

Prof. Dr. Sérgio Luiz do Amaral Moretti, *Universidade Federal de Uberlândia*, Brasil

Prof.^a Dr.^a Silvia Inés del Valle Navarro, *Universidad Nacional de Catamarca*, Argentina

Prof.^a Dr.^a Solange Kazumi Sakata, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN)- USP, Brasil

Prof.^a Dr.^a Stanislava Kashtanova, *Saint Petersburg State University*, Russia

Prof.^a Dr.^a Susana Álvarez Otero – Universidad de Oviedo, Espanha

Prof.^a Dr.^a Teresa Cardoso, Universidade Aberta de Portugal

Prof.^a Dr.^a Teresa Monteiro Seixas, Universidade do Porto, Portugal

Prof. Dr. Valter Machado da Fonseca, Universidade Federal de Viçosa, Brasil

Prof.^a Dr.^a Vanessa Bordin Viera, Universidade Federal de Campina Grande, Brasil

Prof.^a Dr.^a Vera Lúcia Vasilévski dos Santos Araújo, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil

Prof. Dr. Wilson Noé Garcés Aguilar, *Corporación Universitaria Autónoma del Cauca*, Colômbia

Prof. Dr. Xosé Somoza Medina, *Universidad de León*, Espanha

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

C569 Ciência e tecnologia para o desenvolvimento ambiental, cultural e socioeconômico VIII [livro eletrônico] / Organizador Xosé Somoza Medina. – Curitiba, PR: Artemis, 2026.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

Edição bilíngue

ISBN 978-65-81701-90-1

DOI 10.37572/EdArt_250326901

1. Desenvolvimento sustentável. 2. Tecnologia – Aspectos ambientais. I. Somoza Medina, Xosé.

CDD 363.7

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422



Editora Artemis

Curitiba-PR Brasil

www.editoraartemis.com.br

e-mail: publicar@editoraartemis.com.br

PRÓLOGO

El presente volumen de ***Ciencia y Tecnología para el Desarrollo Ambiental, Cultural y Socioeconómico*** reúne un conjunto diverso de trabajos que reflejan, desde distintas miradas, la importancia de la ciencia y la tecnología en la comprensión y transformación de los contextos actuales. A lo largo de sus páginas, se percibe un interés común por vincular el conocimiento con la realidad, abordando problemáticas concretas y proponiendo caminos posibles para su análisis y mejora.

Con el propósito de facilitar la lectura y dar coherencia al conjunto, los trabajos han sido organizados en dos grandes ejes, que dialogan entre sí: ciencia y tecnología. Esta división no pretende establecer fronteras rígidas, sino más bien destacar dos dimensiones complementarias del conocimiento.

En el eje de ciencia se reúnen investigaciones que parten de la observación, el análisis y la comprensión de fenómenos naturales, ambientales y sociales. Los estudios aquí incluidos abordan cuestiones como la producción agrícola, la microbiología, el emplazamiento urbano, la contaminación ambiental y la calidad de los ecosistemas, así como reflexiones sobre los fundamentos teóricos que han acompañado el desarrollo del pensamiento científico y económico. En conjunto, estos trabajos permiten dimensionar la relevancia del conocimiento científico como base para la toma de decisiones y la construcción de soluciones sostenibles.

Por su parte, el eje de tecnología concentra contribuciones orientadas al diseño, la aplicación y la innovación. Se presentan propuestas que van desde el desarrollo de dispositivos y sistemas técnicos hasta las tecnologías de tratamiento de aguas residuales industriales o el uso de herramientas digitales en contextos educativos, pasando por análisis vinculados al impacto de las tecnologías en la sociedad contemporánea. En este sentido, los trabajos evidencian cómo la tecnología no solo responde a necesidades concretas, sino que también transforma las formas de interacción, aprendizaje y producción de conocimiento.

En conjunto, este volumen pone de manifiesto que ciencia y tecnología no pueden pensarse de manera aislada. Ambas se entrelazan constantemente, nutriéndose mutuamente y contribuyendo al desarrollo ambiental, cultural y socioeconómico. Más allá de sus diferencias, comparten un mismo propósito: generar conocimiento significativo y aplicable, capaz de dialogar con los desafíos de nuestro tiempo.

Se trata, en definitiva, de una obra que invita a una lectura atenta y abierta, reconociendo la riqueza de enfoques y la diversidad de contextos desde los cuales se produce conocimiento.

Xosé Somoza Medina

Universidad de León, España

SUMÁRIO

CIÊNCIA: ESTUDOS AMBIENTAIS, NATURAIS E SOCIOECONÔMICOS

CAPÍTULO 1..... 1

EVALUACIÓN DEL MAÍZ CRIOLLO POZOLERO DEL ESTADO DE MICHOACÁN EN EL MUNICIPIO DE ZUMPANGO, ESTADO DE MÉXICO

José Luis Gutiérrez Liñán
Carmen Aurora Niembro Gaona
Alfredo Medina García
Oscar Arce Cervantes
Luis Felipe Ramírez Santoyo

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2503269011

CAPÍTULO 2..... 11

CARACTERIZACIÓN DE MICROORGANISMOS BENÉFICOS EN LA HUERTA DE LA TECNOACADEMIA FIJA ARAUCA, PARA ELABORACIÓN DE LAMINARIO DE MICROORGANISMOS

Juan Carlos Llanes Carvajal
Miller Sánchez Balaguera
Andrea Catalina Escalante Rico
Omar Andrés Sánchez Monroy

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2503269012

CAPÍTULO 3..... 20

ESTUDIO DEL VERTIMIENTO DE ACEITES RESIDUALES EN LA CALIDAD DEL SUELO EN TALLERES AUTOMOTRICES DE LA CIUDAD DE CHIMBOTE

Serapio Agapito Quillos Ruiz
Nelver Javier Escalante Espinoza
Luis Carlos Calderon Rodríguez

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2503269013

CAPÍTULO 4..... 35

EL NIVEL DE RUIDO AMBIENTAL EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA – NUEVO CHIMBOTE

Serapio Agapito Quillos Ruiz
Nelver Javier Escalante Espinoza
Luis Carlos Calderon Rodríguez

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2503269014

CAPÍTULO 5.....55

MÉTODO DE EMPLAZAMIENTO URBANO

Liliana Eneida Sánchez-Platas

Celia Bertha Reyes-Espinoza

Víctor Manuel Cruz Martínez

Alejandra Velarde Galván

Olivia Allende-Hernández

Rebeca Hernández

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2503269015

CAPÍTULO 6..... 66

LA MATEMÁTICA EN LA HISTORIA DEL PENSAMIENTO ECONÓMICO: UN BREVE RECuento A CONSIDERAR

Braulio Melchor-Acevedo

Raúl Eleazar Arias-Sánchez

Ronald César Cárdenas-Arango

Wilfredo Paco-Huamani

Delfor Ángel Chávez-Solano

Jhonatan Cardenas-Areche

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2503269016

TECNOLOGIA: INOVAÇÃO, ENGENHARIA E APLICAÇÕES EDUCATIVAS

CAPÍTULO 7.....75

SELECCIÓN DE UNA CÁMARA DE DESHIDRATACIÓN BASADA EN EL ANÁLISIS NUMÉRICO

José Michael Cruz García

Jorge Bedolla Hernández

Vicente Flores Lara

Marcos Bedolla Hernández

Alejandro Zacarías Santiago

Brian Manuel González Contreras

Jorge Aguilar Vázquez

Nicolás Iván Román Roldán

Efrén Sánchez Flores

Ángel Paleta Blancas

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2503269017

CAPÍTULO 8..... 88

TOWARDS SELF-SUFFICIENCY: COGENERATION OPPORTUNITIES FOR THE HOTEL INDUSTRY IN PUERTO RICO

Luis Guzmán Ceballos

Amaury Malave Sanabria

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2503269018

CAPÍTULO 9..... 100

LA ADSORCIÓN COMO TECNOLOGÍA PREDOMINANTE PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA

Walter Manuel Hoyos Alayo

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2503269019

CAPÍTULO 10..... 124

DIGITAL TECHNOLOGIES AND THE EMERGENCE OF HARASSMENT, HATE SPEECH, AND CRIMINAL BEHAVIOR

Patricia Rodríguez Llanes

Gabriel Mendoza Morales

Blanca Aurelia Valenzuela

 https://doi.org/10.37572/EdArt_25032690110

CAPÍTULO 11..... 151

PROGRAMACIÓN WEB, PROYECTOS Y PENSAMIENTO CREATIVO: UNA EXPERIENCIA EDUCATIVA EXITOSA

Patricia Quítl González

Miguel Ángel Herrera Hernández

Concepción Nava Arteaga

Elda Rosario Ruíz

Javier Contreras Ruíz

Laura Martínez Hernández

 https://doi.org/10.37572/EdArt_25032690111

CAPÍTULO 12..... 168

FORTALECIENDO LA EDUCACIÓN EN INSTITUCIONES OFICIALES DE EDUCACIÓN BÁSICA Y MEDIA DE TUNJA CON APOYO EN LMS GRATUITAS

Jairzinio Barón Rodríguez

David Fernando Bernal Bolívar

 https://doi.org/10.37572/EdArt_25032690112

CAPÍTULO 13 181

MOBILE DEVICE USE IN THE DEVELOPMENT OF RESEARCH SKILLS IN STUDENTS
AT A PUBLIC UNIVERSITY IN THE CAJAMARCA REGION

Juan de Dios Aguilar Sánchez

 https://doi.org/10.37572/EdArt_25032690113

SOBRE O ORGANIZADOR..... 201

ÍNDICE REMISSIVO202

CAPÍTULO 1

EVALUACIÓN DEL MAÍZ CRIOLLO POZOLERO DEL ESTADO DE MICHOACÁN EN EL MUNICIPIO DE ZUMPANGO, ESTADO DE MÉXICO

Data de submissão: 18/02/2026

Data de aceite: 04/03/2026

Luis Felipe Ramírez Santoyo

Dr. en Tecnología de Invernaderos

Profesor de Tiempo Completo

Departamento de Agronomía de la

División de Ciencias de la Vida

UGto, Campus Irapuato-Salamanca

<https://orcid.org/0000-0001-7538-6479>

José Luis Gutiérrez Liñán

Dr. en Educación

Profesor de Tiempo Completo

Centro Universitario UAEM

Zumpango, México

<https://orcid.org/0000-0003-3589-2750>

Carmen Aurora Niembro Gaona

Dra. en Educación

Profesor de Tiempo Completo

Centro Universitario UAEM

Zumpango, México

<https://orcid.org/0009-0008-2582-7692>

M. en Ed. Alfredo Medina García

Maestro en Educación

Profesor de Tiempo Completo

Facultad de Ciencias Agrícolas

UAEMéx

Oscar Arce Cervantes

Dr. en Biotecnología

Profesor de Tiempo Completo

Instituto de Ciencias Agropecuarias

UAEH

<https://orcid.org/0000-0002-3388-2973>

RESUMEN: El trabajo de investigación se realizó en el Centro Universitario UAEM Zumpango de la Universidad Autónoma del Estado de México, el objetivo es realizar una evaluación de las características agronómicas del maíz criollo pozolero procedente del estado de Michoacán a partir de sus componentes rendimiento, para conocer su adaptación a las condiciones del municipio de Zumpango, Estado de México, para realizar el análisis se consideraron las siguientes variables: Altura de planta (AP), Altura de mazorca (AM). Tamaño de la mazorca (TM), Grosor de Mazorca (GM), Longitud de la hoja (LH), Rendimiento (RTO), para este último se realizó de acuerdo con la metodología de Muñoz en 1993. Se realizó un muestreo de cinco oros para obtener las muestras dentro de la parcela experimental, con los resultados obtenidos podemos mencionar que el maíz criollo del Michoacán presentó un comportamiento agronómico excelente en la región de Zumpango.

PALABRAS CLAVE: evaluación; maíz; criollo; Michoacán; Zumpango.

1. ANTECEDENTES

El cultivo del maíz es una de las principales especies cultivadas en México, podemos mencionar que ocupa el primer lugar en el consumo por su gran variedad de platillos gastronómico y elaboración de productos que se obtienen a partir de él. México a nivel mundial ocupa el 7° lugar como productor de este grano y su producción nacional de grano para el 2021 fue de 27 millones de toneladas y se cultiva en todo el territorio nacional, con un consumo anual per cápita de aproximadamente 346,5 kilogramos.

En el año 2020, la producción de maíz grano totalizó 27 millones 707 mil 775 toneladas, lo que significó un aumento de 1.8 por ciento en comparación con las 27 millones 228 mil 242 toneladas de un año atrás (2019).

El maíz es la principal especie cultivada en México, más del 75 % de esta superficie se utiliza semilla de variedades criollas, las cuales además de estar adaptadas a las condiciones climáticas y tecnológicas de los productores, poseen características que les permitan responder a sus gustos alimenticios y preferencias.

El maíz es el cereal base de la alimentación en México al ser la fuente primordial de energía de la dieta. El consumo per capita es alrededor de 350 g principalmente como tortilla. Durante más de 300 generaciones, las comunidades rurales e indígenas mexicanas han sido los guardianes de los nichos ecológicos brindando múltiples razas de este cereal. Este hecho es trascendental en la historia y la cultura de los mexicanos y un legado para la humanidad (Hernández, 2010).

Desde la época prehispánica, el maíz ha sido un elemento fundamental para nuestras sociedades. No sólo era un alimento básico, sino también una **planta sagrada** que representaba el universo y formaba parte vital del calendario agrícola y de festividades. Estamos hablando de un grano que fue adorado por nuestros antepasados, como podemos ver en las historias de la antigua civilización maya, azteca y olmeca.

México es hogar de una vasta riqueza de **diversidad genética del maíz**. Contamos con **59 variedades criollas y un total de 64 variedades de este grano**. Esto se debe a la evolución y adaptación del maíz a lo largo de los siglos y a la labor de nuestros campesinos que han conservado y mejorado estas variedades.

La diversidad genética presente en los maíces criollos les confiere mucha plasticidad y les permite una gran capacidad de adaptación a diferentes ambientes, de ahí la importancia de tener caracterizadas las regiones agroecológicas óptimas para la producción de un genotipo ideal.

2. JUSTIFICACIÓN

Las evidencias indican que México es un centro de origen del maíz y los maíces criollos representan reservorios de diversidad genética (germoplasma) que han evolucionado a lo largo de miles de años de cultivo en una gran variedad de razas genéticamente distintas. Éstas se han adaptado a condiciones locales específicas de altitud, precipitación, temperatura, calidad de suelos, resistencia a plagas y enfermedades. Este germoplasma puede ser la clave de la agricultura actual por contener colecciones génicas únicas. Muchos de estos maíces no han sido estudiados desde casi ningún punto de vista de importancia comercial (agronómico, calidad nutricional, propiedades bioquímicas, funcionales y nutraceuticas, ni se ha evaluado su variabilidad genética entre otros).

La diversidad genética presente en los maíces criollos les confiere mucha plasticidad y les permite una gran capacidad de adaptación a diferentes ambientes, de ahí la importancia de tener caracterizadas las regiones agroecológicas óptimas para la producción de un genotipo ideal.

Las razas criollas de maíz en importantes zonas del estado de México han sido sustituidas por híbridos y otras variedades mejoradas. Algunos caracteres heredables varían de una manera continua. Los caracteres cualitativos pueden seguir una distribución normal. Esta variación continua es resultado tanto de diferencias en el genotipo como de la influencia de factores ambientales en parte del fenotipo de manera visual. Es por ello la preocupación por conservar la diversidad genética existente.

En Michoacán, la riqueza de razas de maíz es alta, y hay 27 de las 59 razas reportadas para México (Orozco, et al., 2017). La riqueza de maíces en la región de Pátzcuaro, Michoacán, también es alta, si se considera su extensión. Las razas principales en esa región son: Cónico, Puhépecha, Chalqueño, Elotes Cónicos, Elotes Occidentales, Tabloncillo y Cacahuacintle (Astier et al., 2012). Entre 2005 y 2015 un monitoreo de la diversidad de maíces nativos mostró que la riqueza de razas y variedades locales se ha mantenido. Aunque la superficie sembrada con maíz disminuyó, se siembran las mismas razas y variedades locales que en 2005 (Orozco y Astier, 2017).

Debido a lo anterior ha surgido la inquietud de trabajar con maíz criollo con la finalidad para fincar las bases de un programa que permita recuperar maíces de color en el Centro Universitario UAEM y llegar a cumplir con la demanda que tienen estas por la gran demanda que tiene en cuanto a subproductos (Tortillas, quesadillas, tlacoyos, etc.) por las personas que visitan esta región.

3. OBJETIVOS: GENERAL Y ESPECÍFICOS

General

- Evaluar el comportamiento agronómico del maíz Criollo pozolero del Estado de Michoacán con respecto a sus componentes de rendimiento.

Específicos

- Estudio de los componentes de rendimiento del maíz criollo pozolero del Estado de Michoacán bajo condiciones de temporal en el Municipio de Zumpango.

4. ANTECEDENTES

En México, la producción durante el año agrícola 2023 se ubicó en 27.5 mdt; el 67.5% se cosechó en el ciclo Primavera-verano, con 18.5 mdt, y 32.5% en el ciclo Otoño-Invierno, con un volumen de 8.9 mdt. Por régimen de humedad, 52.4% se cultivó en riego y 47.6% se produjo en temporal. La producción total significó un incremento de 3.8% con respecto a la cosecha del año agrícola previo, favorecida por la obtención de rendimientos máximos históricos tanto en riego como en temporal, de 9.3 y 2.7 toneladas por hectárea, respectivamente (FIRA, 2024).

Por su parte, el consumo nacional de maíz en el ciclo comercial oct-2022/sep-23 se ubicó en un máximo histórico de 43.3 mdt: 54.6% de maíz blanco (23.7 mdt) y 45.4% de maíz amarillo (19.7 mdt). El SIAP-SADER proyecta que al cierre del ciclo comercial 2023/24 el consumo total registre un decremento de 2.9% con respecto al ciclo previo y se ubique en 42.1 mdt (FIRA, 2024).

El maíz criollo es una variedad de maíz que ha sido cultivada de manera tradicional y selectiva por agricultores locales a lo largo de generaciones. A diferencia del maíz híbrido o transgénico, el maíz criollo es modificado genéticamente en laboratorios. En cambio, su evolución ha sido natural, adaptándose a las condiciones específicas del suelo, el clima y las prácticas agrícolas de cada región (milpaviva.com.mx, 2025).

Los maíces criollos presentan una gran diversidad genética, que les permite una gama de colores y más aún se les confiere mucha plasticidad, lo que origina una gran capacidad de adaptación a diferentes ambientes, de ahí la importancia social y económica de tener caracterizadas las regiones agroecológicas para la producción de un genotipo ideal de maíz.

La pérdida de variedades de maíces criollos en los campos de los agricultores durante más de 50 años destaca la importancia de la conservación ex situ. El banco de

germoplasma de maíz del CIMMYT contiene 28 000 muestras de maíz y sus parientes silvestres de 88 países, que abarcan colecciones que datan de 1943. Las semillas almacenadas en el banco de germoplasma están protegidas ante crisis o desastres naturales, y están disponibles para el mejoramiento y la investigación. Los rasgos que se encuentran en las variedades de maíz criollo pueden incorporarse a nuevas variedades para abordar algunos de los desafíos agrícolas más apremiantes del mundo, como los cambios de clima, las plagas y enfermedades emergentes, y la desnutrición (McLean, et.al, 2019).

Esta especie cultivada en México el 75 % de esta superficie se utiliza semilla de variedades criollas, las cuales además de estar adaptadas a las condiciones climáticas y tecnológicas de los productores, poseen características que les permitan responder a sus gustos alimenticios y preferencias.

El alto consumo se debe a la diversidad de usos que se le da a este cultivo, además de la alimentación. De las estimaciones de la SAGARPA y considerando el promedio de 28 millones de toneladas de consumo aparente, 16.8 millones (60%) se utiliza en la alimentación humana, de los cuales 5.3 millones (19%) es en forma de autoconsumo por los productores y 11.5 millones (41 %) lo consume la población no productora, que lo adquiere ya transformado en tortilla y otros subproductos (Madueño, 2017).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente proyecto de investigación se llevará a cabo en uno de los terrenos del Centro universitario UAEM Zumpango de la Universidad Autónoma del Estado de México, que se encuentra ubicado en el municipio de Zumpango, y tienen una ubicación geográfica de 19°40' 50" N y a 99° 06'00" W (Ramírez, 1999).

Este municipio presenta un clima templado subhúmedo, que es la variante menos húmeda de los templados, con lluvias en verano y un porcentaje menor de 5 mm y su temperatura más cálida, se encuentra entre 18 C° y 19 C°, la región tiene una constitución litológica que se refiere a la composición de roca madre resultando diferentes tipos de suelo. Aproximadamente el 85% esfezen, rico en materia orgánica y nutrientes; es una tierra parda de gran fertilidad para la agricultura de riego y de temporal. En el norte, en menor proporción, se tiene cambios, suelo joven poco desarrollado que es altamente susceptible a la erosión y muy pobres en materia orgánica (Ramírez C.A. 1999).

5.1. MATERIAL VEGETATIVO UTILIZADO

Se utilizará semilla de maíz criollo de color del Estado de Michoacán principalmente del municipio de Indaparapeo.

5.2. CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL VEGETATIVO

Este maíz tiene una planta que mide 2.35 m de altura, su mazorca se ubica a 1.30 m, tiene 11.88 hojas y una precocidad de 76 días a floración masculina. La espiga tiene una longitud promedio de 60.58 a 72.78 cm con una parte ramificada de 10.03 a 14.64 cm. La mazorca tiene una longitud de 13.20 a 16.35 cm y un diámetro de 4 a 4.88 cm. Los granos son de color rosa y harinosos con un ancho de 0.62 a 1.18 cm y una longitud de 0.79 a 1.26 cm.

5.3. ÁREA EXPERIMENTAL

La parcela experimental se utilizará una superficie con las siguientes dimensiones 14 metros de ancho x 30 metros de largo dando un área de 420 m², se realizará un surcado de 0.80m dándonos diecisiete surcos y se sembrará a una distancia entre plantas de 0.25m, de dando una densidad de población de 2,040 plantas. Con el fin de eliminar el efecto de bordes, se eliminarán los surcos laterales y un metro en cada cabecera, por lo que la parcela útil tendrá un área de 358m².

5.4. VARIABLES EVALUADAS

Las variables evaluadas se medirán acorde con la metodología propuesta por el Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT (Muñoz et al, 1993). Los descriptores varietales de los que se utilizaron para este trabajo son las siguientes:

Altura de mazorca (AM). En cinco plantas seleccionadas al azar de la parcela útil, se midió la altura de la mazorca desde la superficie del suelo hasta la inserción de la primera mazorca.

Altura de planta (AP). Cuando las plantas alcanzaron la madurez de cosecha, se realizó la medición de la altura de la planta en cinco plantas tomadas al azar de la parcela útil, midiendo desde el punto de la unión de la raíz y el tallo hasta la base de la inflorescencia masculina.

Longitud de la Hoja (LH). De las plantas seleccionadas se les midió la longitud de la hoja y se expresó en cm.

Longitud de Totomoxtle (LT). Se midió la longitud del totomoxtle de las plantas seleccionadas y se expresó en cm.

Grosor del Tallo (GT). De las plantas seleccionadas previamente, se midió el grosor del tallo de la planta de maíz y se expresó en centímetros.

Tamaño de la mazorca: Se realizó la medición de la longitud de la mazorca de las plantas seleccionadas previamente y se expresará en centímetros.

Número de Carreras por Mazorca (NCM). De las plantas seleccionadas, se procedió a la contar el número de carreras por mazorca.

Rendimiento (RTO). Se calculará con base en la cosecha de la parcela útil.

6. DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO

Una vez que la planta de maíz ha llegado a su madurez se procederá a realizar el cálculo de rendimiento por hectárea, el cual consistirá en realizar muestreos al azar en forma de zig zag en todo el terreno, dando una distribución en 5 oros, donde cada muestra consistirá en cosechar un área de 2 x 8 m. las mazorcas colectadas se desgranarán y se generará el peso promedio de grano por planta, adjuntado comúnmente a un contenido de humedad del 12 %. Y se determinará el cálculo del rendimiento por hectárea. Se hará una investigación documental para obtener el rendimiento de maíz criollo de la región o en su caso se realizará visitas a las oficinas de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario en Zumpango y en el Distrito de Desarrollo Rural 074 de Zumpango de la SAGARPA.

6.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Con la Información obtenido se procederá a realizar una estadística descriptiva la cual a través de medidas específicas y representaciones se pretende dar a conocer la información obtenida.

7. RESULTADOS OBTENIDOS

Al realizar el muestreo de cinco oros dentro de la parcela experimental, los resultados obtenidos del trabajo de gabinete como fue los cálculos y análisis se llegaron a los siguientes:

Altura de la Planta	Altura a la Primera Mazorca	Grosor del tallo	Longitud de la hoja	Longitud del totomoxtle	Longitud de la mazorca	Diámetro de la mazorca	Número de la carreras	Rendimiento
2.75 mts	1.28 mts	7.4 cm	89 cm	41 cm	24 cm	14.73 cm	9	380 kg

Al comparar los resultados obtenidos en este trabajo con los que reporta Cabrera y et al en el 2011 en su trabajo razas de maíz de Michoacán de Ocampo, su origen, relación fitogeográfica y fitogenéticas, ellos reportan una altura de maíz de 2.35 metros y el maíz

criollo cacahuacintle sembrado en Zumpango alcanzo una altura de 2.75m, mientras que Wellhausen en 1951 cuando realizó la caracterización del maíz Cacahuacintle, menciona que la altura promedio de 1.8 m de altura, y los materiales utilizados en este trabajo superaron por lo mucho a los de Wellhausen y Cabrera, posiblemente esta diferencia se deba a las condiciones medio ambientales donde se estableció dicho trabajo y el manejo del mismo y si agregamos su potencial genético.

Este maíz tiene una planta que mide 2.35 m de altura, su mazorca se ubica a 1.30 m, tiene 11.88 hojas y una precocidad de 76 días a floración masculina. La espiga tiene una longitud promedio de 60.58 a 72.78 cm con una parte ramificada de 10.03 a 14.64 cm. La mazorca tiene una longitud de 13.20 a 16.35 cm y un diámetro de 4 a 4.88 cm. Los granos son de color rosa y harinosos con un ancho de 0.62 a 1.18 cm y una longitud de 0.79 a 1.26 cm.

Para la variable altura a la primera mazorca se reporta 1.28m, mientras Cabrera y et al en 2011 reportan una altura de 1.30m, En cuanto para la variable longitud de la hoja que se obtuvo 89 cm y comparar los resultados obtenido con los trabajos de Wellhausen en 1951, donde reporta que la longitud de las hojas en promedio es de 82.5 cm, lo que podemos mencionar que los materiales utilizados en este trabajo fueron superiores, lo que nos permite mencionar que se produce mayor cantidad de biomasa en la planta y posiblemente sea a la gran adaptación que tuvieron estos materiales en la región de Zumpango.

Con respecto a la variable longitud de la mazorca mencionamos que con respecto a esta variable el promedio fue de 24 cm y al comparar con los trabajos realizados por Arreguín en 2002, donde menciona que los maíces criollos de color morado provenientes de los estados de Jalisco, Michoacán y Guanajuato valores que van de 18.0 cm. a 19.6 cm. de longitud de elote, valores que coinciden con los criollos blanco y azul. Por otra parte, Lozada en 2005 encontró en elotes criollos blancos del Sureste del Estado de Hidalgo valores de 12.11 a 17.72 cm. Podemos mencionar que el maíz obtenido en el Centro universitario UAEM Zumpango Supero a lo reportados por Arreguin en el 2002 y por Lozada en el 2005.

Para la variable diámetro de la mazorca, el material reporto un promedio de 14.73 cm y al comparar estos resultado con los de Lozada en 2005, se encontró en sus trabajos materiales donde sus valores que oscilan entre 3.76 a 4.83 cm., y por otra parte Arreguín en 2002 encontró valores que van de 4.4 a 5.8 cm., en elotes criollos de color morado provenientes de los estados de Jalisco, Michoacán y Guanajuato, lo que podemos mencionar que el material obtenido en el Centro Universitario fue sobresaliente.

En cuanto al número de Carreras por mazorca, Lozada en el 2005 reporto valores que oscilan entre 10.3 y 21.3 hileras de granos en elote en criollos blancos de siete municipios del Sureste del Estado de Hidalgo, el segundo dato coincide con el encontrado en el criollo blanco. Otros valores reportados por Arreguín (2002) van de 9.2 a 10.7 hileras de granos en elotes criollos morados de Jalisco, Michoacán y Guanajuato valores que son menores a los encontrados en criollos de la región Otomí-Tepehua del Estado de Hidalgo, mientras que el material de este trabajo de investigación demostró un promedio de 9 carreras por mazorca y al comparar este resultados con los Lozada en el 2005 y Arreguín en el 2002, nuestro material se encuentra con los valores encontrados por Arreguín.

8. CONCLUSIONES

- La Evaluación agronómica del maíz criollo pozolero del estado de Michoacán establecido en los terrenos agrícolas del Centro Universitario, presenta excelentes resultados, por lo que puede ser considerado como un cultivo introductorio con buenas posibilidades de respuesta y ser una fuente de ingresos para los productores de la región II de Desarrollo Agropecuario de Zumpango.
- El maíz ha ocupado un papel importante en el ser humano, y le ha sacado un provecho importante por su gran diversidad de usos como elote o en grano seco procesado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arreguin, M.D. 2002. Evaluación de maíces blancos y pigmentados con potencial elotero. Tesis de Licenciatura. Departamento de Fitotecnia. UACH. Chapingo, México.

Astier, M., E. Pérez-Agis, Q. Orozco, M. Patricio-Chavez, y A. Moreno-Calles. 2012. Sistemas agrícolas, conocimiento tradicional y agrobiodiversidad: El maíz en la cuenca del Lago de Pátzcuaro. *In*: Argueta V., A., M. Gómez S., y J. Navia A. (coords.). Conocimiento Tradicional, Innovación y Reapropiación Social. Grupo Editorial Siglo XXI. México, D.F. pp: 146-172.

Cabrera V. J.A; Ron P.J; Sánchez G. J.J; Jiménez C. A.A; Márquez S.F; Sahagún C. L; Sesma G. J.J y Sittm. M. 2011. Razas de maíz de Michoacán de Ocampo. Su origen, relaciones fitogeográficas y fitogenéticas. U A Chapingo, Gobierno de Michoacán, Morelia, Michoacán, México.

Carballo, C., A. 1970. Comparación de variedades de maíz del Bajío y de la Mesa Central por su rendimiento y estabilidad tesis M.C. ENA, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

Centro Internacional de Mejoramiento del Maíz y Trigo. (CIMMYT). 1995. Manejo de los ensayos e informe de los datos para el programa de ensayos internacionales de maíz del CIMMYT. 5a Reimpresión. México, D. F. 21p.

FIRA, 2024. Panorama Agropecuario "Maíz", Dirección de Investigación y E valuación Económica Sectorial, Subdirección de Análisis del Sector, Páginas 29.

Hernández C. J.M. 2010. Conocimiento de la diversidad y distribución actual del maíz nativo y sus parientes silvestres en México, Segunda Etapa 2008-2009. Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad.

Lozada, M. A. 2005. Selección de maíces criollos del sureste del estado de Hidalgo con la mejor calidad nixtamalera para la industria de la tortilla. Tesis de Licenciatura. UAEH, Tulancingo Hidalgo.

Madueño, M. J. La fertilización nitrogenada en maíz y su impacto ambiental. Enlace, Revista de la Agricultura de Conservación. Año IX octubre-noviembre 2017. 38-41 pp. México.

McDonald, M. B. Assessment of seed quality. (1980). HortScience, Alexandria, v. 15, n. 6, p. 784-788.

Muñoz, G., Giraldo, G. y Fernández DE S. J 1993. Descriptores Varietales Arroz, frijol, maíz, frijol. Cali, Centro Internacional de Agricultura Tropical-CIAT. 85 - 108 p.

Quetzacoatl O. R.; Odenthal J. Astier M. 2017. Diversidad de Maíces en Pátzcuaro, Michoacán, México, y su Relación con Factores Ambientales y Sociales. En Agrociencia 51: 867-884. 2017. México.

Ramírez, C.A. 1999. Zumpango (monografía Municipal). Toluca, México. pp. 19-27.

Ortiz, S. C. A.; Gutiérrez, C. M. C. y Nieves, F. J. 2005. Estimación de rendimientos de maíz con el método FAO en el ejido de Atenco, Estado de México. Rev. Geografía Agríc. 35:57-65.

Orozco-Ramírez, Q., and M. Astier. 2017. Socio-economic and environmental changes related to maize richness in México's central highlands. Agric. Human Values 34: 377-391.

Orozco-Ramírez, Q., H. Perales, and R. J. Hijmans. 2017. Geographical distribution and diversity of maize (*Zea mays* L. subsp. *mays*) races in Mexico. Genet. Resour. Crop Evol. 64: 855-865.

<https://mexicana.cultura.gob.mx>

<https://milpaviva.com.mx/blogs/todo-sobre-tortillas/todo-sobre-el-maiz-criollo?>

<https://quo.mx/alimentos/que-es-el-maiz-y-su-importancia-en-la-cultura-mexicana/>

CAPÍTULO 2

CARACTERIZACIÓN DE MICROORGANISMOS BENÉFICOS EN LA HUERTA DE LA TECNOACADEMIA FIJA ARAUCA, PARA ELABORACIÓN DE LAMINARIO DE MICROORGANISMOS

Data de submissão: 14/02/2026

Data de aceite: 02/03/2026

Juan Carlos Llanes Carvajal

Servicio Nacional de Aprendizaje SENA
Tecnacademia Fija - Regional Arauca
Arauca - Arauca - Colombia
<https://orcid.org/0000-0002-5770-5680>

Miller Sánchez Balaguera

Servicio Nacional de Aprendizaje SENA
Tecnacademia Fija - Regional Arauca
Arauca - Arauca - Colombia
<https://orcid.org/0000-0002-4108-4971>

Andrea Catalina Escalante Rico

Servicio Nacional de Aprendizaje SENA
Tecnacademia Fija - Regional Arauca
Arauca - Arauca - Colombia
<https://orcid.org/0009-0005-3653-3006>

Omar Andrés Sánchez Monroy

Servicio Nacional de Aprendizaje SENA
Tecnacademia Fija - Regional Arauca
Arauca - Arauca - Colombia
<https://orcid.org/0000-0002-3259-9762>

tomó una muestra de 10 puntos a 0-10 cm de profundidad, procesados mediante diluciones seriadas en agar Sabouraud (hongos) y MacConkey (enterobacterias), con incubación a 25-37°C y análisis microscópicos. Se identificaron hongos filamentosos (*Mucor sp.*, *Penicillium sp.*, *Alternaria sp.*) con hifas aseptadas/septadas y conidios distintivos, destacando su papel en procesamiento orgánico y control biológico. Complementariamente, bacterias Gram negativas (bacilos delgados, colonias rosadas/incoloras) exhiben fijación de N₂, solubilización de P y producción de auxinas; Gram positivos (cocos/bacilos) contribuyen con enzimas celulasas y antagonismo patógeno. Estos hallazgos, con diversidad validan el laminario como herramienta pedagógica - didáctica para el SENA, promoviendo agricultura sostenible mediante biofertilizantes endófitos. Los resultados abren vías para bioensayos aplicados que potencian la productividad hortícola local, reduciendo agroquímicos en el departamento de Arauca.

PALABRAS CLAVE: microorganismos benéficos; laminario educativo; hongos filamentosos.

CHARACTERIZATION OF BENEFICIAL MICROORGANISMS IN THE GARDEN OF THE TECNOACADEMIA FIJA ARAUCA, FOR THE PREPARATION OF A MICROORGANISM LAMINARY

ABSTRACT: The characterization of beneficial microorganisms in the soil of the

RESUMEN: La caracterización de microorganismos benéficos en el suelo de la huerta de la Tecnacademia Fija Arauca (Colombia) buscó identificar hongos y bacterias para desarrollar un laminario educativo que facilite su reconocimiento en procesos de enseñanza-aprendizaje en biotecnología. Se

Tecnoacademia Fija Arauca (Colombia) garden aimed to identify fungi and bacteria to develop an educational slide collection that facilitates their recognition in biotechnology teaching and learning processes. Ten soil samples were taken from depths of 0–10 cm and processed using serial dilutions on Sabouraud agar (fungi) and MacConkey agar (enterobacteriaceae), incubated at 25–37°C, and subjected to microscopic analysis. Filamentous fungi (*Mucor sp.*, *Penicillium sp.*, *Alternaria sp.*) with aseptate/septate hyphae and distinctive conidia were identified, highlighting their role in organic processing and biological control. Additionally, Gram-negative bacteria (thin bacilli, pink/colorless colonies) exhibited N₂ fixation, P solubilization, and auxin production. Gram-positive bacteria (cocci/bacilli) contribute cellulase enzymes and pathogen antagonism. These findings, along with their diversity, validate the kelp forest as a teaching tool for SENA (National Learning Service), promoting sustainable agriculture through endophytic biofertilizers. The results open avenues for applied bioassays that enhance local horticultural productivity, reducing agrochemical use in the department of Arauca.

KEYWORDS: beneficial microorganisms; educational laminar; filamentous fungi.

1. INTRODUCCION

La caracterización e identificación de microorganismos benéficos en el suelo es fundamental para el desarrollo y la salud de las plantas, el estudio en la comprobación de la riqueza microbiológica sobre el suelo se ha visto limitado por la dificultad de medir con precisión la riqueza y uniformidad de las especies, así como por la falta de información sobre las especies realmente involucradas en las actividades microbianas benéficas. (Nannipieri et al., 2003), la microbiota es un conjunto diverso de microorganismos que incluye hongos, bacterias, arqueas, protozoarios y virus, habitan en nichos ecológicos específicos dentro y alrededor de la planta; estos microorganismos conforman el microbioma, que deriva beneficios como la capacidad de suprimir enfermedades, activar las respuestas inmunológicas de las plantas, inducir resistencia sistémica, mejorar la tolerancia al estrés abiótico, facilitar la adquisición de nutrientes y contribuir a la estabilidad de la estructura del suelo. (Vargas-Fernández et al., 2025)

Las huertas son ecosistemas complejos donde interactúan diversos microorganismos que desempeñan funciones esenciales para las plantas como se describió previamente, las bacterias descomponen compuestos orgánicos simples, como exudados de raíces y residuos vegetales, transformándolos en nutrientes disponibles para las plantas; los hongos filamentosos descomponen materia orgánica más resistente, liberando nutrientes y mejorando la estructura del suelo y los actinomicetos participan en la descomposición de materia orgánica y en la producción de compuestos antimicrobianos que protegen a las plantas de patógenos. (Kevin Rodolfo Salavarría Jiménez, 2023)

Según estudios recientes, la identificación y caracterización de estos microorganismos benéficos en el suelo y las interacciones biológicas y el potencial

biotecnológico de los microorganismos, en los sistemas agrícolas son crucial para el desarrollo de prácticas sostenibles, la importancia de comprender la diversidad microbiana del suelo y su interacción con las plantas es fundamental para anticipar los impactos negativos a estos ecosistemas y para diseñar estrategias de mitigación. (Rosabal Ayan et al., 2021)

La identificación y aislamiento de microorganismos presentes en el suelo implica una serie de pasos que incluyen la toma de muestras, el cultivo en medios de crecimiento, la observación microscópica y la caracterización morfológica y molecular; estas técnicas permiten determinar la diversidad y abundancia de los diferentes grupos funcionales como lo describe en su metodología estándar. (Hernández-Acosta, 2021)

En este contexto, el presente proyecto tiene como objetivo principal caracterizar e identificar los principales microorganismos benéficos presentes en el suelo de la huerta de la Tecno Academia Fija Arauca, para la elaboración de laminario de microorganismos, utilizando técnicas de análisis microbiológico, que ampliaran el conocimiento sobre la diversidad fúngica del suelo y su potencial beneficioso para la agricultura, con el fin de fomentar prácticas agrícolas más sustentables y eficientes y por otro lado, generando en los procesos formativos una experiencia activa y significativa que facilite la comprensión y retención de conocimiento a través de la experimentación con el material pedagógico – didáctico.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras de suelo utilizadas para los análisis fueron recolectadas en la huerta de la Tecnoacademia Fija Arauca, un espacio destinado a la formación de aprendices en técnicas de cultivo vegetal tanto tradicionales como asistidas por tecnologías emergentes, con el propósito de optimizar los procesos productivos. La caracterización e identificación de los microorganismos aislados se llevaron a cabo en el Laboratorio de Biotecnología de la misma institución.

2.1. AISLAMIENTO Y CARACTERIZACIÓN DE MICROORGANISMOS BENÉFICOS

2.1.1. Toma de muestras de suelo

La recolección de las muestras de suelo, se realizó siguiendo como referente la metodología propuesta por (Fernanda Covacevich y V. Fabiana Consolo, 2014). Se seleccionaron aleatoriamente 10 puntos dentro de la huerta de la Tecnoacademia (7°04'17"N 70°46'25"W), se tomaron muestras de suelo a una profundidad de 0 -10 cm. Las muestras

se recolectaron en bolsas de plástico estériles y se transportaron al laboratorio de biotecnología en cava refrigerada.

2.1.2. Aislamiento de microorganismos del suelo

El aislamiento de hongos se realizó siguiendo el protocolo descrito por; (de Jesús Romero Fernández et al., 2019) con algunas modificaciones adaptadas al estudio; en el laboratorio, se pesó una cantidad de 10 gr de cada muestra de suelo y se suspendió en 90 ml de solución salina estéril. Posteriormente, se realizaron diluciones seriadas hasta 10^{-4} de la suspensión, de esta última dilución se sembraron alícuotas de 0.1 ml en placas de Petri con medio de cultivo selectivo para hongos, como agar Sabouraud o agar extracto de malta, las placas se incubarán a 25°C durante 5-7 días.

El aislamiento de bacterias del suelo se realizó teniendo como referente a (Salvador Sánchez Muñoz. et al., 2018), se hicieron diluciones seriadas hasta 10^{-5} con 10 gr de muestra de suelo suspendidos en 90 ml de solución salina estéril; de la dilución 10^{-5} se sembraron alícuotas de 0.1 ml en placas de Petri con medio de cultivo Agar MacConkey medio selectivo y diferencial para enterobacterias, las placas se incubarán a 35°C +/- 2°C por 24 horas.

2.1.3. Identificación morfológica de los aislamientos

Los aislados bacterianos se identificaron basándose en las siguientes características morfológicas: color de las colonias, forma y borde. (Torres-Rodriguez et al., 2025) seguidamente se realizó un frotis de cada cepa bacteriana en un portaobjetos de vidrio, y se efectuó la tinción de Gram siguiendo el protocolo estándar (Mahima P et al., 2020), utilizando cristal violeta, yodo de Lugol, alcohol acetona y safranina, los frotis se observaron al microscopio óptico binocular OPTIKA ITALY B-292 con un aumento de 100X.

La identificación de los hongos aislados se realizó observando la morfología de la colonia macroscópicamente, evaluando el color de la colonia, aspecto y forma; mediante estereomicroscopio trinocular OPTIKA ITALY SLX-3; las características microscópicas, como estructuras de reproducción y tipo de micelio se determinaron utilizando un microscopio binocular OPTIKA ITALY B-292 con un aumento de 40X empleando la técnica de fijación directa con cinta adhesiva transparente. (Pérez et al., 2003) la identificación se llevó a cabo mediante la técnica de coloración con azul de lactofenol adicionando una gota de este sobre el portaobjeto, seguidamente se fijó la cinta adhesiva con la muestra. (Esaú López-Jácome et al., 2014), la morfología de las colonias en placas

y la descripción microscópica se evaluó mediante las claves taxonómicas descritas por (Rúa-Giraldo, 2023).

2.1.4. Elaboración laminario de microorganismo

Los microorganismos identificados mediante observación macroscópica y microscópica fueron fotografiados con cámara OPTIKA ITALY C-B5 instalada al microscopio óptico, estos registros se organizaron en el programa Genially herramienta web para crear contenidos digitales interactivos y animados con sus diferentes características asociados a la imagen identificada de cada microorganismo para la elaboración del laminario de microorganismos. Este laminario de microorganismos representa el material pedagógico-didáctico generado como resultado de la investigación, orientado al fortalecimiento de los procesos formativos en la Tecnoacademia, ya que su diseño interactivo facilita el aprendizaje experiencial y promueve competencias STEM en los aprendices.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El muestreo y análisis microbiológico (ver Tabla. 1-2), permitió identificar una diversidad de enterobacterias y hongos filamentosos (*Mucor sp.*, *Penicillium sp.*, *Alternaria sp.*), ver Fotografía. 1 estos coexisten sinérgicamente con enterobacterias benéficas Gram positivas y negativas, formando consorcios rizosféricos que mejoran la disponibilidad de nutrientes (N, P, Fe) y suprimen patógenos vía competencia y metabolitos antifúngicos/ bacterianos. Por ejemplo, *Penicillium sp.* solubiliza fosfatos orgánicos elevando la eficiencia nutricional en suelos tropicales ácidos como los de Arauca. (Marcela Parra Giraldo, 2018)

Tabla. 1 descripción microscópica y macroscópica de colonias y hongos microscópicos identificados.

Hongo	Descripción Macroscópica	Descripción Microscópica
<i>Mucor sp.</i>	Colonias de color blanco al inicio, que se toman grisáceas con el tiempo, textura algodonosa y crecimiento rápido, generalmente visible en 2-3 días.	Hifas delgadas y largas, multinucleadas, con esporangios que pueden ser solitarios o en racimos. Las hifas son no septadas.
<i>Penicillium sp.</i>	Colonias de color verde a grisáceo, con una textura algodonosa y un crecimiento que puede ser extenso. Generalmente presenta un olor característico a moho.	Hifas septadas, conidios en estructuras llamadas conidióforos, que terminan en filídes. Los conidios son esféricos o elipsoidales.
<i>Alternaria sp.</i>	Colonias de color marrón a negro, con una textura algodonosa y márgenes irregulares. Suelen presentar un crecimiento rápido y pueden ser planas o elevadas.	Hifas septadas, con conidios multicelulares en cadenas. Los conidios son grandes, de 10-20 µm, y pueden ser elipsoidales o en forma de clava

Esta simbiosis incrementa la biomasa radicular en un 20-40% (basado en estudios análogos), reduce la necesidad de fertilizantes químicos y fortalece la resiliencia a estrés abiótico (sequía, inundaciones comunes en el Arauca).

Fotografia.1 hongos filamentosos aislados e identificados al microscopio.

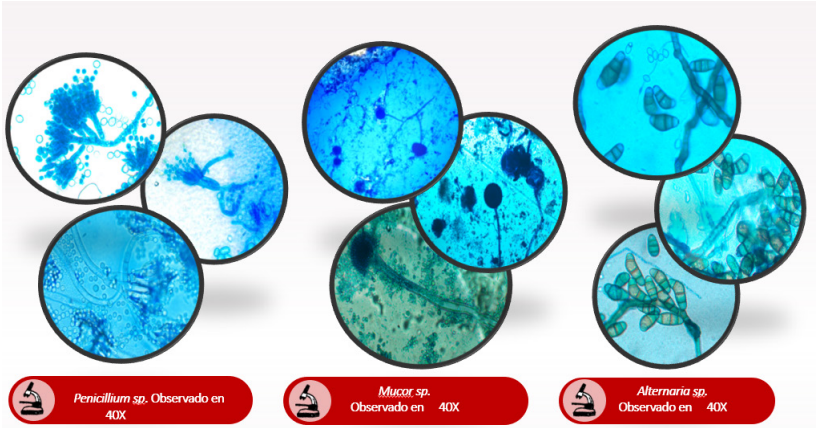
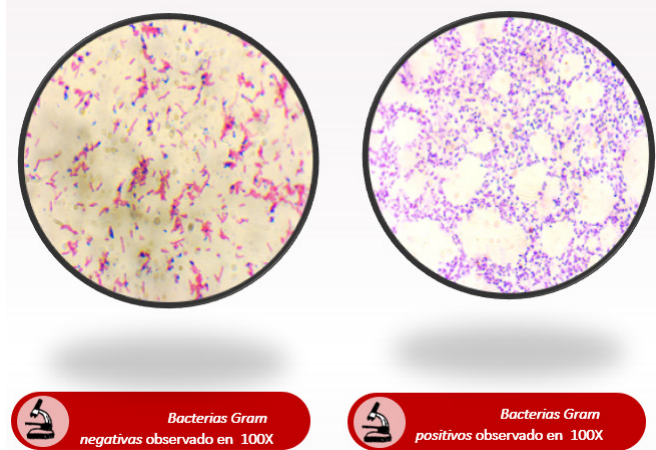


Tabla. 2 características de Bacterias Aisladas.

Tipo de bacteria	Crecimiento en Agar MacConkey	Tinción de Gram	Características Benéficas Principales
Gram negativas	Colonias rosadas o incoloras, convexas/mucoides	Bacilos rectos, delgados.	Fijación de N2, solubilización de P, producción de auxinas y sideróforos.
Gram positivas	Colonias rosadas o incoloras, convexas/mucoides	Bacilos y cocos	Descomposición orgánica, producción de enzimas (celulasas).

Las colonias típicas aisladas en agar MacConkey rosadas o incoloras, clasificadas tanto Gram negativas como positivas ver Fotografía. 2 son un ejemplo de microorganismos benéficos frecuentes en suelos tropicales colombianos y compatibles con el ecosistema de la huerta; su presencia confirma interacciones simbióticas con hongos identificados, potenciando la salud radicular. (Rosabal Ayan et al., 2021).

Fotografia. 2 Bacterias Gram negativas y positivas observadas al microscopio.



El laminario digital de microorganismos desarrollado en el marco del proyecto, se encuentra disponible para consulta a través del siguiente enlace web (Laminario microorganismos), lo que permite el acceso permanente por parte de aprendices, facilitadores y demás actores interesados en estas temáticas. Esta modalidad facilita la socialización de los resultados, promueve el uso autónomo del recurso como herramienta de apoyo formativo y garantiza su disponibilidad como material pedagógico-didáctico dentro de los procesos formativos de la Tecnoacademia del SENA Regional Arauca.

4. CONCLUSION

La caracterización microbiológica del suelo de la huerta de la Tecnoacademia Fija Arauca reveló una comunidad diversa y equilibrada, dominada por hongos filamentosos benéficos (*Mucor sp.*, *Penicillium sp.*, *Alternaria sp.*) y bacterias Gram positivas y negativas, confirmando su potencial para prácticas agrícolas sostenibles. Los hongos exhiben rasgos distintivos como hifas aseptadas o septadas y conidios característicos en agar Sabouraud, contribuyendo a la evaluación orgánica y control biológico, mientras que las bacterias, evaluadas en agar MacConkey y tinción de Gram, muestran colonias con funciones clave como fijación de N₂, solubilización de P, producción de auxinas y enzimas descomponedoras.

Esta diversidad microbiana, fomenta interacciones sinérgicas rizosféricas que mejoran la fertilidad del suelo, la absorción de nutrientes y la resiliencia vegetal en ecosistemas tropicales como Arauca, reduciendo la dependencia de agroquímicos. Los resultados validan el desarrollo del laminario educativo, facilitando la identificación macro

y microscópica en procesos de enseñanza-aprendizaje del SENA, y abren vías para bioensayos aplicados en la huerta que potencien la productividad agrícola local.

El desarrollo e implementación del laminario como recurso pedagógico fortalecerá significativamente el proceso de enseñanza-aprendizaje, al permitir que los aprendices pasen de una comprensión teórica a una experiencia visual, analítica y contextualizada del conocimiento microbiológico. Este material facilitará la observación comparativa, el reconocimiento de estructuras y la asociación entre características morfológicas y funciones biológicas, promoviendo un aprendizaje más significativo y duradero.

BIBLIOGRAFIA

de Jesús Romero Fernández, A., Mota, R. M. A., & Mendoza-Villarreal, R. (2019). Isolation and selection of solubilizing phosphate soil fungi native to Coahuila state, Mexico. *Acta Botanica Mexicana*, (126). <https://doi.org/10.21829/ABM126.2019.1390>

Esau López-Jácome, L., Hernández-Durán, M., Colín-Castro, C. A., Ortega-Peña, S., Cerón-González, G., & Franco-Cendejas, R. (2014). *Las tinciones básicas en el laboratorio de microbiología*. www.medigraphic.org.mx

Fernanda Covacevich y V. Fabiana Consolo. (2014). *Manual de Protocolos Herramientas para el estudio y manipulación de Hongos Micorrízicos Arbusculares y Trichoderma*.

Hernández-Acosta, E. (2021). Distribution and effect of mycorrhizal fungi in the coffee agroecosystem: A review. *Revista de Biología Tropical*, 69(2), 445–461. <https://doi.org/10.15517/rbt.v69i2.42256>

Kevin Rodolfo Salavarría Jiménez. (2023). *UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS ESCUELA DE AGRICULTURA, SILVICULTURA, PESCA Y VETERINARIA*.

Mahima P, Amridha R, & Priya Senan V. (2020). Isolation, screening and identification of amylase and catalase producing bacterial strains from marine sediments. In *Indian Journal of Experimental Biology* (Vol. 58).

Marcela Parra Giraldo, C. (2018). *Establecimiento de Protocolos Operativos Estándar (POE) para la Identificación de hongos filamentosos patógenos para el humano relacionados con los filos Ascomycota y Mucoromycota por la tecnología MALDI-TOF /MS*. Natalia María Prieto Núñez *Estudiante de bacteriología*.

Nannipieri, P., Ascher, J., Ceccherini, M. T., Landi, L., Pietramellara, G., & Renella, G. (2003). *Microbial diversity and soil functions*. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2389.2003.00556.x>

Pérez, E., Santos, R., Montiel, A., Isea, F., Marín, M., & Sandoval, L. (2003). A Method for sampling fungal spores in a guava (*Psidium guajava* L.) plantation. In *Rev. Fac. Agron. (LUZ)* (Vol. 20).

Rosabal Ayan, L., Macías Coutiño, P., Maza González, M., López Vázquez, R., & Guevara Hernández, F. (2021). Microorganismos del suelo y sus usos potenciales en la agricultura frente al escenario del cambio climático. *Magna Scientia UCEVA*, 1(1), 104–119. <https://doi.org/10.54502/msuceva.v1n1a14>

Rúa-Giraldo, Á. L. (2023). Fungal taxonomy: A puzzle with many missing pieces. *Biomedica*, 43, 288–311. <https://doi.org/10.7705/BIOMEDICA.7052>

Salvador Sánchez Muñoz., Karen Jaqueline Juárez Navarro., Martin Frias Herrera., Jennifer Holanda Espinoza Romero., Jesús Adolfo Serrano Ríos., Edith Mier Alba., Arely Martínez Arciniega., & Jhomar Núñez López. (2018). *Aislamiento de bacterias de suelo como fuente de péptidos antimicrobianos contra cepas patógenas*.

Torres-Rodriguez, J. A., Angel, ‡, Cedeño-Moreira, V., Puente-Bosquez, D. K., Alondra Molina-Sanchez, G., Zapata-Sifuentes, G., & Geobel Ceiro-Catasú, W. (2025). *Potencial de Microorganismos del suelo: Caracterización Morfológica, Molecular y Actividad Antifúngica Potential of Soil Microorganisms: Morphological, Molecular Characterization and Antifungal Activity*. <https://doi.org/10.28940/terra>

Vargas-Fernández, J. P., Brenes-Guillén, L., Romero-Calderón, R., Uribe-Lorio, Lidieth, & Uribe-Lorio, Lorena. (2025). Microbiota asociada al cultivo de banano en Costa Rica y otras regiones: conceptos e implicaciones en el manejo del cultivo. *Agronomía Costarricense*. <https://doi.org/10.15517/x5xxs664>

CAPÍTULO 3

ESTUDIO DEL VERTIMIENTO DE ACEITES RESIDUALES EN LA CALIDAD DEL SUELO EN TALLERES AUTOMOTRICES DE LA CIUDAD DE CHIMBOTE

Data de submissão: 05/02/2026

Data de aceite: 27/02/2026

Serapio Agapito Quillos Ruiz

Universidad Nacional del Santa
Departamento de Energía,
Física y Mecánica
Chimbote-Peru

<https://orcid.org/0000-0002-4498-0034>

Nelver Javier Escalante Espinoza

Universidad Nacional del Santa
Departamento de Energía,
Física y Mecánica
Chimbote-Peru

<https://orcid.org/0000-0001-8586-3021>

Luis Carlos Calderon Rodríguez

Universidad Nacional del Santa
Departamento de Energía,
Física y Mecánica
Chimbote-Peru

<https://orcid.org/0000-0002-9447-2257>

RESUMEN: El desarrollo urbano está relacionado con el incremento de la actividad económica y la propagación de vehículos; lo que exige realizar en forma periódica el cambio de aceite de los motores por razones técnicas, el cual genera grandes volúmenes de aceite usado que son liberados al suelo y el agua, generando contaminación ambiental.

En el presente estudio se analizaron talleres automotrices con suelo de tierra y pisos de cemento, tomándose muestras de control sin contaminación y muestras de suelos contaminados. Se encontró presencia de metales pesados (Pb, Zn y Cu) con valores elevados que superan los ECAs de calidad ambiental, existiendo diferencias “altamente significativas” con los valores de suelo control, teniendo un resultado promedio 168,25 mg/kg de Pb (ECA = 70 mg/kg), 251,25 mg/kg de Zn (ECA = 200 mg/kg), y 80,75 mg/kg de Cu (ECA = 91 mg/kg), afectando directamente la calidad del suelo en los talleres de mecánica automotriz de la Avenida José Pardo, Chimbote. No se puede tener una generalización del suelo contaminado cuando se toma en cuenta los pH de los tipos de suelos, teniendo valores cercanos a 8 en la zona de estudio, donde el clima es seco y el terreno es arenoso. Los valores del COT, CE, HTP, Pb, Zn, y Cu obtenidos superan los estándares nacionales e internacionales, estableciéndose que los suelos son fitotóxicos.

PALABRAS CLAVE: aceite residual; metales pesados; contaminación del suelo; residuos líquidos tóxicos.

**STUDY OF RESIDUAL OIL SPILLS ON SOIL
QUALITY IN AUTOMOTIVE WORKSHOPS IN
THE CITY OF CHIMBOTE**

ABSTRACT: Urban development is related to the increase in economic activity and the

proliferation of vehicles; this requires the periodic changing of engine oil for technical reasons, which generates large volumes of used oil that are released into the soil and water, causing environmental pollution. In the present study, automotive workshops with dirt floors and cement floors were analyzed, taking control samples without contamination and samples of contaminated soils. The presence of heavy metals (Pb, Zn, and Cu) was found with elevated values exceeding the environmental quality standards (EQS), with “highly significant” differences compared to the control soil values, resulting in an average of 168.25 mg/kg of Pb (EQS = 70 mg/kg), 251.25 mg/kg of Zn (EQS = 200 mg/kg), and 80.75 mg/kg of Cu (EQS = 91 mg/kg), directly affecting the soil quality in the automotive workshops on José Pardo Avenue, Chimbote. It is not possible to generalize about the contaminated soil when considering the pH of the soil types, which have values close to 8 in the study area, where the climate is dry and the terrain is sandy. The values of TOC, EC, HTP, Pb, Zn, and Cu obtained exceed national and international standards, establishing that the soils are phytotoxic.

KEYWORDS: residual oil; heavy metals; soil contamination; toxic liquid waste.

1. INTRODUCCIÓN

El parque automotriz a nivel mundial genera alrededor del 65% del total de aceite usado, mientras que el restante 35% es producido por la industria, los aceites lubricantes utilizados en el sector automotriz generan residuos peligrosos por los recambios realizados a los motores de combustión interna (MCI) en un promedio de 6000 km de recorrido por unidad, mostrando un alto volumen de aceite residual, en caso del Perú, al año 2019 existen más de 3 millones de unidades vehiculares, repartidos en 85% de vehículos livianos de uso familiar o de taxis y un 15% en unidades pesadas, generando un impacto ambiental y social por los procesos inadecuados que se pueden realizar (Ortiz, 2017) (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2019).

Las ciudades hoy en día tienen una rápida expansión urbana e industrial, generando un alto movimiento de transporte vehicular, siendo los motores de combustión interna el elemento motriz, se requiere el cambio de aceite, por las alteraciones de las propiedades fisicoquímicas, como son: pérdidas de la capacidad refrigerante, inhibición de la corrosión y de las propiedades tribológicas; por esta razón se realiza los cambios de aceite en cada periodo de operación para dar la protección contra el desgaste térmico y así, garantizar el rendimiento y la vida útil del motor (Wei et al., 2020) (Adedeji et al., 2020).

El aceite residual tiene una toxicidad elevada, producida por la combustión en los cilindros del motor, desprendiendo compuestos orgánicos nocivos y metales pesados de baja biodegradabilidad como son el cadmio (Cd), cobre (Cu), plomo (Pb) y Zinc (Zn) depositándose en suelos y aguas. El aceite extraído del cárter del motor, cuando no se tiene un protocolo establecido para evacuación, se desecha con facilidad al medio

ambiente, dando como resultado la contaminación de los ecosistemas acuáticos y terrestres, siendo un material altamente peligroso y nocivo en países en vías de desarrollo, ante la falta de una gestión responsable (Acosta et al., 2011) (Ssempebwa y Carpenter, 2009). En la problemática de la contaminación de suelos por materiales pesados se tienen estudios similares, donde para generalizar criterios en base a la contaminación por metales es difícil y debe tenerse en cuenta si existe una biodisponibilidad elevada, entonces la contaminación puede afectar la salud de las personas (Garcia et al., 2002).

La caracterización físico químicas de los aceites residuales del recambio realizado en motores de combustión interna se componen de calcio, magnesio, sodio, zinc y fosforo provienen de los aditivos del aceite y se pueden reutilizar como producto de segundo uso para la combustión, teniendo en cuenta la presencia de aluminio, cromo por el desgaste de las partes móviles internas del motor (Fong et al., 2017).

La contaminación del suelo por el aceite residual afecta a la capa freática de las aguas subterráneas; siendo, perjudicial para el hombre y todas las demás formas de vida, aumentando el riesgo en ciudades costeras, alterando los procesos de intercambio en los ecosistemas. El aceite lubricante usado que se quema bajo condiciones no controladas puede emitir más plomo al aire que cualquier otra fuente industrial (Fong et al., 2017).

Para mitigar el efecto, las estaciones de servicio, los talleres automotrices deben desarrollar una actividad social y de protección ambiental, para dar una imagen positiva a la sociedad. Estableciendo centros de acopio para los aceites que devuelvan los clientes junto con los envases vacíos y finalmente los comercializadores y recicladores pueden recolectar los aceites (Ortiz, 2017).

Tabla 1. Componentes contaminantes de los aceites usados según su origen

Componentes	Origen
Agua	Combustión
Hidrocarburos polinucleares aromáticos	Combustión incompleta
Hidrocarburos livianos	Dilución del combustible
Plomo	Gasolina plomada
	Desgaste de piezas
Bario	Aditivos detergentes
Calcio	Aditivos detergentes
Magnesio	Aditivos detergentes
Zinc	Aditivos antidesgaste y antioxidantes
Fosforo	Aditivos antidesgaste y antioxidantes
Hierro	Desgaste del motor
Cromo	Desgaste del motor
Níquel	Desgaste del motor

Aluminio	Desgaste de rodamientos
Cobre	Desgaste de rodamientos
Estaño	Desgaste de rodamientos
Cloro	Aditivos-gasolinas plomadas
Azufre	Base lubricante
	Productos de la combustión

Tabla 2. Clasificación de aceites usados y sus fuentes

Clases	Características	Probable fuente
Residuos acuosas	Agua residual que contiene Aceite y residuos mayormente Contaminantes.	Instalaciones de refinerías y petroquímicas, Almacenamiento de aceites, vehículos o lavaderos de autos.
Aceite usado de motor	Contiene contaminantes volátiles (agua y combustible), solubles (aditivos de aceite), insolubles (partículas de carbono), óxido de metales incluyendo óxido de plomo junto con una gran cantidad de trazas metálicas y detergentes.	Garajes, empresas de transporte comercial, estaciones de servicios, sitios industriales.
Emulsión de aceite usado	Aceite de corte soluble en agua desechos que contienen aceites minerales dispersos en agua emulsiones de tipo Jabonoso, aditivos de aceite Lubricantes y otros aceites Contaminantes.	Industrias que trabajan con metales, tiendas de máquinas, activadas de ingeniería de producción mundial.
Mezcla de aceite no emulsionante	Residuos de aceite mineral que contienen aceite 10 %, Agua, materiales lubricantes oxidados, partículas de sedimentos metálicos.	Industrias que trabajan con metales, sectores energéticos industriales manufactureros.

Los aceites usados en los MCI son una mezcla de aceite base proveniente del petróleo al 85% en promedio y complementado con aditivos para optimizar sus propiedades, es un proceso térmico realizado en un mezclador hasta alcanzar la homogeneidad del producto final y es utilizado para lubricar las piezas móviles internas del motor, reducir la fricción, proteger contra el desgaste metálico y eliminar los elementos contaminantes; el resultado final es la pérdida de calidad original del aceite, en la tabla I se muestra los componentes del aceite usado y su origen (Nour et al., 2021).

Los combustibles de origen fósil no son fuentes inagotables y actualmente corresponde el 85% de la energía total generada para la actividad económica, los desechos de la industria y actividades conexas presentan un peligro al medio ambiente y la salud humana. En la actualidad los aceites usados tienen un uso energético, por el poder calorífico que contiene y pueden ser aprovechados por las industrias ladrilleras, cementeras previamente tratado por métodos de re-refinación, combustible tipo energía,

valoración como combustible industrial y la incineración del residuo (Fong et al., 2017) (El-Fadel y Khoury, 2001).

En la Ciudad de Chimbote, los talleres de mecánica realizan diariamente los cambios de aceite a los colectivos, taxis y autos particulares, para luego ser vertidos en cilindros y otros recipientes para darle un segundo uso en talleres informales, desparramando gran parte en el suelo que es generalmente de tierra y por la falta de un manejo adecuado provocando un deterioro ambiental, en la tabla II, se muestran los niveles del daño al suelo; por tal motivo la presente investigación consiste en determinar la presencia de metales pesados y elementos fisicoquímicos que son tóxicos para las plantas, el agua subterránea y la vida humana.

2. METODOLOGÍA

2.1. CALIDAD DEL SUELO

El suelo representa la primera capa de la corteza terrestre, compuesta por material rocoso, aire, agua, minerales, arena y especies biológicas, donde se debe tener condiciones adecuadas para el desarrollo de la actividad humana, en el caso de estar contaminado, debido a la actividad antropogénica van a representar un riesgo para la salud humana de la población.

La Canadian Environmental Quality Guidelines (CEQGs) y el Ministerio del Ambiente del Perú, establecen los estándares de calidad ambiental (ECA) para el suelo, los valores se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Valores referenciales de calidad de suelo.

Indicador	Valor	ECA
pH	6,0 – 8,0	CEQGs
COT	1,02	
CE (mS/cm)	1-2	Agrolab, 1999
HTP	< 150	Norma de calidad ambiental de recurso de suelo y criterio de remediación de suelos contaminados, tabla 1. CEQGs
Metales pesados		
Plomo (mg/kg)	70	Minan-Perú
Zinc (mg/kg)	200	CEQGs
Cobre (mg/kg)	91	CEQGs

2.2. PARÁMETROS DE MEDICIÓN

Para realizar las mediciones en los talleres seleccionados se establecieron los parámetros de medición del suelo, siendo los siguientes:

- Potencial de Hidrógeno (Ph).
- Carbono Orgánico Total (COT) (%).
- Conductividad eléctrica (CE) (mS/cm).
- Hidrocarburos Totales de Petróleo (HTP) (mg/kg).
- Metales pesados (Pb, Zn, Cu) (mg/kg) (Acosta et al., 2011).

Las técnicas usadas para determinar los parámetros de Ph, COT, CE, HTP, Pb, Zn y Cu, se muestra en la tabla 4.

Tabla 4. Técnica e instrumentación para la medición de la calidad de suelo.

Parámetros	Técnica	Instrumentos
pH	Potenciometría	pHmetro
COT	Volumetría Titulometría	Bureta
CE	Conductimetría	Conductimétrico
HTP	Gravimetría Extracción	Balanza analítica Equipo Solxtlet
Metales pesados Plomo Zinc Cobre	Espectrofotometría	Espectrofotómetro de absorción atómica Analyst 300

2.3. AREA DE ESTUDIO

Las muestras de suelo tomadas para el estudio provienen de la Avenida José Pardo, ubicado en el distrito de Chimbote, capital de la provincia del Santa (Áncash), ubicada al norte del Perú (9°05'07" S, 78°34'41" O).

Cuenta con una superficie de 1467 km² y con una población de 214983 habitantes (2017) por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) del Perú, con una altitud sobre el nivel del mar de 4 metros, figura 1.

Figura 1. Mapa de Chimbote - Avenida José Pardo



Donde existen 16 talleres de mantenimiento automotriz a lo largo sus 6 km de longitud de la Avenida, es la más representativo de la ciudad.

Para la selección de la muestra se aplicó la fórmula de población finita:

$$n = \frac{Z^2 S^2 N}{E^2 (N - 1) + Z^2 S^2} \quad (1)$$

$$n = 3,85 \cong 4$$

Dónde: n es la muestra representativa de estudio, z es factor de confiabilidad al 95% (1,96), N es el tamaño de la población finita (16), E el error permisible (10%) y S la varianza (0,111).

Tabla 5. Talleres automotrices de la Av. José Pardo.

N°	Muestra	Nombre	Dirección
1		El socio	Av. José Pardo 1145
2		El Bolichero	Av. José Pardo 1161
3		S/N	Av. José Pardo 1181
4		El Chato	Av. José Pardo 1210
5		Mariano	Av. José Pardo 1239
6		El Gato	Av. José Pardo 1658
7		San Borja	Av. José Pardo 1727
8		Macate	Av. José Pardo 1820
9		San Antonio	Av. José Pardo 2067

10		Santos	Av. José Pardo 2734
11		S/N	Av. José Pardo 3065
12		Mecánico	Av. José Pardo 3340
13	A	S/N	Av. José Pardo 3575
14	B	S/N	Av. José Pardo 3695
15	C	S/N	Av. José Pardo 3794
16	D	S/N	Av. José Pardo 3798

Asimismo, la selección de los talleres se realizó visitando in situ el estado actual de los ambientes automotrices, la textura de la tierra, el vertido indiscriminado de aceite al suelo y principalmente la coloración del suelo, la tabla 5 muestra la ubicación de locales de recambio de aceite.

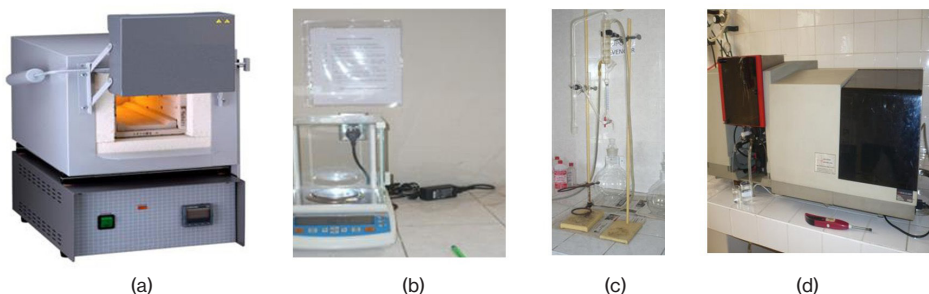
Cuando se realiza el cambio de aceite y el mantenimiento de las unidades vehiculares, para ser clasificado según la tabla 6 y un terreno libre de impurezas de aceites y otros compuestos contaminantes llamado suelo control (SC).

Tabla 6. Calidad del suelo según los talleres automotrices.

Clase del taller	Nivel de contaminación del suelo
A	Suelo con aceite de color negro
B	Suelo con aceite de color marrón
C	Suelo con aceite de color marrón claro
D	Suelo con aceite de color beige

2.4. EQUIPOS UTILIZADOS

Figura 2. Equipo (a): Horno mufla. (b) Balanza Sartorius 0,1 mg. (c) Titulación para el COT. (d) Espectrofotómetro de absorción atómica marca Perkin Elmer AAnalyst 300.



Los equipos utilizados se muestran en la figura 2 para realizar los análisis de los aceites y del suelo contaminado en el laboratorio de química y de materiales.

2.5. LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN

Suelo contaminado es un suelo cuya característica química han sido alteradas negativamente por la presencia de sustancia contaminantes depositadas por la actividad económica, según lo establecido en el D.S. N°117-2017MINAM, en la figura 3 se observa el estado de los talleres automotrices.

Para el estudio, las muestras de suelo fueron recolectadas en cuatro sitios diferentes, según el grado de contaminación, definido por la textura al tacto (evidenciando la presencia de aceite usado) y principalmente por la coloración; la cual indicaba la concentración de este contaminante.

Figura 3. Estado de los talleres A, B C y D.



En consideración a lo expuesto anteriormente, de la tabla 6 se seleccionó un taller según el grado de contaminación A, B, C y D) y el suelo control (SC), la figura 3 muestra el estado de algunos talleres y la figura nos muestra el terreno y se debe tener en cuenta la morfología del suelo, es suave con alta presencia de arena de tipo pluvial con ligeras pendientes.

Figura 4. Toma de muestras a) terreno agrícola b) Talleres automotrices.

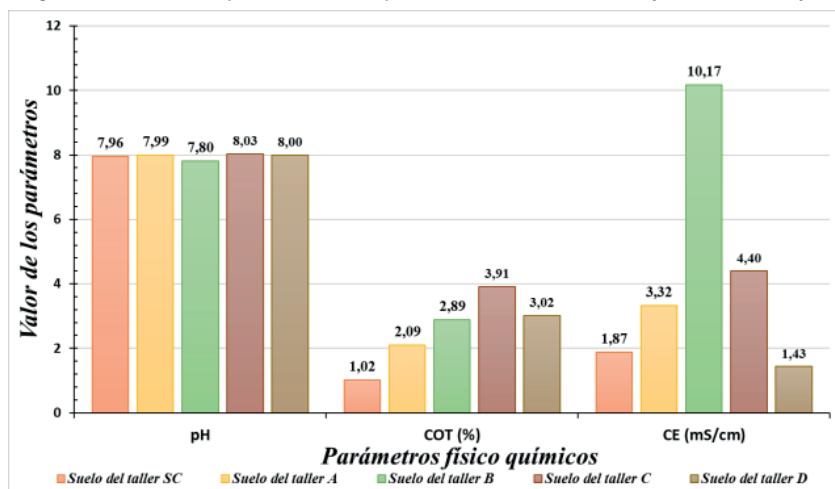


En los talleres A, B, C y D, se tomaron tres muestras compuestas a una profundidad de 20 cm, las cuales fueron secadas al aire y pasadas a través de un tamiz de 2 mm, previo a efectuar las diferentes determinaciones en el laboratorio, ver figura 4 (Adedeji et al., 2020) (Fong et al., 2017).

3. RESULTADOS

En el presente estudio se eligieron los parámetros físicos químicos del pH, COT y CE y HTP, por ser una región de clima seco y terreno arenoso, por su cercanía al mar, al tener una tendencia a la salinidad y una deficiencia orgánica.

Figura 5. Valores de los parámetros fisicoquímicos del suelo control (SC) y talleres A, B, C y D.

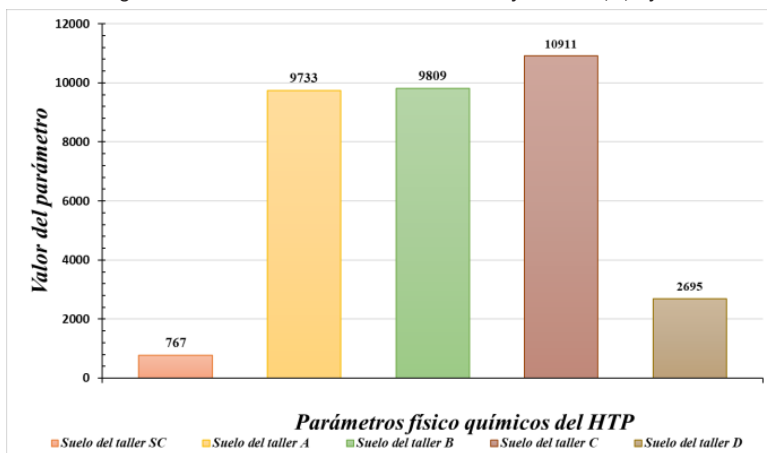


En nuestro caso de estudio la calidad del suelo para la ciudad de Chimbote está definida para uso urbano y comercial, entonces se debe cumplir con la calidad ambiental, el arreglo de los jardines, la vida animal de mascotas y la salud humana, para lo cual se determinó el pH y el COT por la estrecha relación que estos guardan con la movilidad de los metales pesados en el suelo (Adedeji et al., 2020) (Fassbender & Bornemisza, 1994).

En la figura 5 se presentan los valores promedios obtenidos para el pH del SC (7,96) y suelos de estudio (A = 7,99 B = 7,80, C = 8,03 y D = 8,0), se observa que cumplen con los estándares de calidad de la CEQGs de la tabla IV y se definen como suelos alcalinos (Garcia et al., 2002).

Los valores promedio del COT del SC (1,02%) y en lo que respecta a las muestras de suelo A, B, C y D de los talleres contaminados por el aceite de motor, los valores observados para COT y CE fueron mayores, en relación al SC (1,02% y 1,87); COT (A= 2,09%, B= 2,89%, C= 3,91 y D= 3,03) y el CE (A= 3,32%, B= 10,17, C= 4,40 y D= 1,43), solamente en el taller B el pH es menor al SC, no sucediendo así con los parámetros del COT y CE de los talleres en estudio, los valores del COT inferiores a 1,5 son considerados bajos por el tipo de suelo de estudio (Adedeji et al., 2020).

Figura 6. valores de los HTP en el taller control y talleres a, b, c y d.

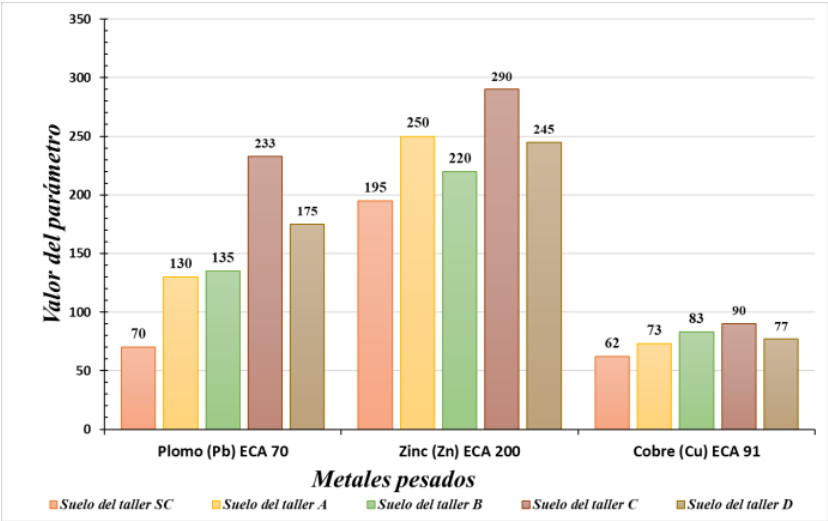


Los valores de HTP (figura 6) del SC y de los talleres en estudio, todos superan los 150 mg/kg según la guía de calidad ambiental canadiense para suelos (Canadian Environmental Quality Guidelines), con valores SC (767) y los suelos (A = 9 733, B = 9 808, C = 10911 y D = 2 695) mg/kg, donde el taller C es el más elevado.

Se debe contemplar que es suelo aceitoso y requiere un tratamiento, de no hacerlo trae consecuencias ambientales por el alto contenido de hidrocarburos, donde

la solución particular es la Biorremediación del suelo contaminado para disminuir la toxicidad (Ferreira, 2013).

Figura 7. Valores de los metales pesados en el taller control y talleres A, B, C y D.



La evaluación del contenido total de metales pesados, en las diferentes muestras de suelo, los resultados se indican en la figura 7, el contenido total de los metales pesados evaluados (Cu, Pb y Zn) en todas las muestras de suelo afectado por el aceite usado de motor (A, B, C y D), son mayores al SC.

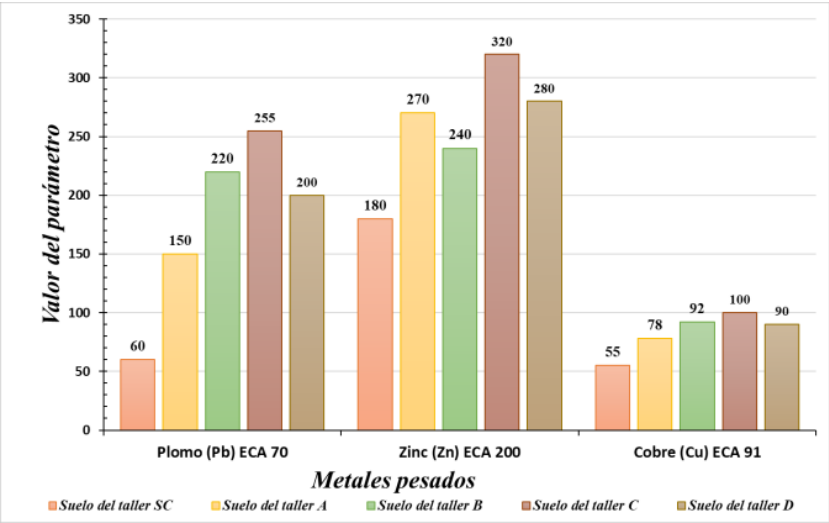
Comparando el Pb de los talleres con el SC, resultó ser mayor $C > B > D > A > SC$ ($233 > 175, 135 > 130 > 70$ mg/kg, superando los talleres los estándares ambientales del Perú (ECA 70) y solamente SC está del ECA ambiental, lo que evidencia la presencia de derrames de aceites en el suelo, dando como consecuencia la contaminación del suelo en forma significativa (Fassbender & Bornemisza, 1994) (Ferreira, 2013).

La disponibilidad del Zn, según los resultados de los talleres es $C > D > A > B$ ($290 > 250 > 245 > 220$) mg/kg y tiene relación con el pH ($C > D > A > B$), a mayor disponibilidad de Zn mayor pH, lo que no concuerda con la literatura de Fassbender que indica lo contrario, porque su estudio está basado en suelos con carbonatos de calcio y con ausencia de derrames de hidrocarburos, El suelo SC cumple con el ECA ambiental ($195 < 200$ ECA).

El Cu se encuentra en los suelos en estado divalente y los límites son 100 mg/kg, la norma de calidad ambiental CEQGs es 91, donde los valores encontrados en los talleres es $C < B > D > A > SC$ ($90 > 83 > 77 > 73 > 62$) mg/kg, donde ninguno supera los 100 g/kg, podemos indicar en el SC su valor es el menor (62), expresamos que la presencia de metales pesados de Pb y Zn son altamente significativos (Fassbender & Bornemisza, 1994).

En el análisis de los metales pesados del aceite nuevo con los aceites usados en los talleres A, B, C y D, muestra la concentración de los metales pesados en el aceite usado en promedio: Pb (277,5 mg/kg), Zn (277,5 mg/kg) y Cu (90 mg/kg) respectivamente, mientras que el aceite nuevo tiene Pb (60 mg/kg), Zn (180 mg/kg) y Cu (55 mg/kg), mostrando una diferencia muy alta y el taller C muestra como el más contaminado.

Figura 8. Valores de los metales pesados en el taller control y talleres A, B, C y D.



La figura 8, muestra los resultados al evaluar el aceite nuevo (SC) con los aceites usados (A, B, C y D) de los talleres, donde los aceites, sus valores superan los ECAs ambientales de calidad de suelo, mientras el aceite de SC está dentro de los estándares permitidos.

4. CONCLUSIONES

La problemática de la contaminación del suelo persiste debido a los vertimientos de aceites durante los cambios realizados en los talleres de la ciudad, esta situación se agrava por la presencia de metales pesados (Pb, Zn y Cu) con concentraciones que superan los ECAs de calidad ambiental, se observan marcadas diferencias significativas respecto al suelo control, teniendo un resultado promedio 168,25 mg/kg (ECA = 70 mg/kg) del Pb, 251,25 mg/kg (ECA = 200 mg/kg) del Zn y 80,75 mg/kg (ECA = 91mg/kg) del Cu, impactando negativamente en la calidad del suelo de los talleres de mecánica automotriz.

Los aceites contienen aditivos a base de cobre, plomo y zinc, que se incorporan para optimizar sus propiedades fisicoquímicas y ofrecer mayor protección contra la

oxidación y la herrumbre; es producido en el desgaste por fricción de cilindro, pistón, anillos y válvulas y al realizarse el cambio del aceite, parte es vertido accidentalmente al suelo generando contaminación del área.

No se puede tener una generalización del suelo contaminado cuando se toma en cuenta los pH de los tipos de suelos A, B, C, D y el suelo control, tienen una relación cercana, (Valor máximo = 8,03 y mínimo = 7,80) siendo en el área de estudio un clima seco y de terreno arenoso.

Los parámetros fisicoquímicos, del COT y el CE muestran un promedio de contaminados de 2,97% y 4,83 mS/cm y la concentración de HTP de los talleres nos reporta un promedio de 8 287 mg/kg, muy superior al ECA = 150 mg/kg.

La comparación de ECAs para Metales Pesados Pb, Zn, Cu y (HTP) en los talleres mecánicos automotrices A, B, C y D superan los Estándares Nacionales e Internacionales por lo que se verifica que los suelos de estos talleres están contaminados por el vertimiento de aceite automotriz usado, donde es necesario realizar un trabajo de gestión para reducir los daños ambientales.

BIBLIOGRAFIA

Acosta, Y., El Zahuare, M., Reyes, N., García, H., Morales, C. y Revilla, A. "Metales pesados en un suelo afectado con aceite proveniente de motores de combustión interna", Multiciencias, vol. 1, no. 1, pp. 2634, febrero 2011.

Adekova," Evaluación de la distribución espacial, los posibles riesgos ecológicos para la salud humana de la contaminación por metales pesados del suelo alrededor de un parque de remolques en Nigeria," Africano científico. vol. 10, pp. 1-8, 2020.

El-Fadel, M., Khoury, R. "Strategies for vehicle waste-oilmanagement: a case study," Resources, Conservation and Recycling, vol. 33, pp. 75-91, February 2001.

Fassbender, H.W. & Bornemisza, E. "Química de suelos con énfasis en suelos de américa latina", Servicio editorial del instituto Latinoamericano de cooperación para la agricultura, pp. 420, junio 1994.

Ferreira Do Nascimento, T.C., Santos Oliveira F.J. y Pessoa De Franca, F." Biorremediación de un suelo tropical contaminado con residuos aceitosos intemperizados", Rev. Inv. Contam. Ambie, vol. 29, no. 1, pp. 21-28, 2013.

Fong, W., Quiñonez, E., y Tejada, C. "Physical-chemical characterization of spent engine oils for its recycling", Prospectiva, vol 15, no. 2, 135-144, Junio 2017.

García, C., Moreno, J.L., Hernández M.T. y Polo, A. "Metales pesados y sus implicancias en la calidad del suelo", Ciencia y Medio Ambiente, pp. 125-138, 2002.

Ministerio de Transporte y Comunicaciones, "Anuario estadístico 2019", Recuperado <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1545560/Anuario%20Estad%20C3%ADstico%202019.pdf>

Nour, A.H., Elamin, E.O., Nour, A.H. & Alara, O.R.” Dataset on the recycling of used engine oil through solvent extraction,” Chemical Data Collections, vol. 31, pp. 1-11, 2021.

Ssempebwa, J.C. & Carpenter, D.O. “The generation, use and disposal of waste crankcase oil in developing countries: A case for Kampala district, Uganda,” Journal of Hazardous Materials, vol. 161, pp. 835-841, January 2009.

Ortiz, O.L. “Evaluación de la gestión integral del manejo de aceite usado vehicular en Bogotá”, Revista Guarracuco, pp. 1-19, junio 2017.

Wei, L., Duan, H. Jin, Y., Jia, D., Cheng, B., Liu, J. & Li, J.” Motor oil degradation during urban cycle road tests”, Friction, pp. 1-10, March 2020. [4] O.H. Adedeji, O.O. Olayinka, O.O. Tope-Ajayi, A.S.

CAPÍTULO 4

EL NIVEL DE RUIDO AMBIENTAL EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA – NUEVO CHIMBOTE

Data de submissão: 05/02/2026

Data de aceite: 27/02/2026

Serapio Agapito Quillos Ruiz

Universidad Nacional del Santa

Departamento de Energía,

Física y Mecánica

Chimbote-Peru

<https://orcid.org/0000-0002-4498-0034>

Nelver Javier Escalante Espinoza

Universidad Nacional del Santa

Departamento de Energía,

Física y Mecánica

Chimbote-Peru

<https://orcid.org/0000-0001-8586-3021>

Luis Carlos Calderon Rodríguez

Universidad Nacional del Santa

Departamento de Energía,

Física y Mecánica

Chimbote-Peru

<https://orcid.org/0000-0002-9447-2257>

RESUMEN: Las investigaciones realizadas sobre la contaminación acústica en las universidades son necesarias para conocer el nivel de afectación auditiva a los estudiantes por el ruido intenso que

es sometido la comunidad universitaria, la toma de datos se realizó en doce puntos del campus universitario de la UNS. El estudio se desarrolló cumpliendo con la normativa del Ministerio del Ambiente y para el análisis se muestreo en los lugares de mayor afluencia de alumnos y tuvo como objetivo determinar los niveles de ruido ambiental en las diferentes áreas académicas y administrativas de la UNS. La metodología utilizada es mediante un control estático con un sonómetro digital cumpliendo con el protocolo de monitoreo de ruido ambiental del MINAM y los Estándares Nacionales de calidad ambiental para ruido en instituciones educativas de 50 dBA. Los LAeq obtenidos en todos los puntos superan los ECA de 50 dB; los valores altos se tienen en la puerta N° 1, puerta N° 2, en la plazuela de la universidad y en la zona de recreo. Las causas de los valores altos ECA se deben al bullicio de los estudiantes, vehículos que circulan por las pistas interiores y ruidos externos que se sienten en el campus universitario. El ruido en la UNS es altamente negativo debido a los altos valores que tiene los LAeq en los doce puntos monitoreados, siendo los valores mínimos de 55 dB y se da en la Facultad de Ciencias y el más alto en la puerta 1 con 66 dB. Asimismo, con el mapa del ruido obtenido nos permitió evaluar los niveles de ruido considerando las variables de altitud, velocidad media de los vehículos y el nivel de presión acústica.

PALABRAS CLAVE: contaminación ambiental; ruido; ECA; decibel.

THE LEVEL OF AMBIENT NOISE AT THE NATIONAL UNIVERSITY OF SANTA – NUEVO CHIMBOTE

ABSTRACT: Research on noise pollution at universities is necessary to understand the level of hearing impairment experienced by students due to the intense noise the university community is subjected to. Data was collected at twelve locations on the UNS campus. The study was conducted in compliance with Ministry of the Environment regulations, and for analysis, samples were taken from locations with the highest student attendance. The objective was to determine ambient noise levels in the various academic and administrative areas of the UNS. The methodology used is static monitoring with a digital sound level meter, complying with the MINAM environmental noise monitoring protocol and the National Environmental Quality Standards for noise in educational institutions of 50 dBA. The LAeq obtained at all locations exceed the ECA of 50 dB; the highest values are found at Gate 1, Gate 2, the university plaza, and the recreation area. The causes of the high ECA values are due to the noise of students, vehicles traveling on the interior lanes, and external noises felt on the university campus. Noise at the UNS is highly negative due to the high LAeq values at the twelve monitored points, with the lowest values at 55 dB occurring in the Faculty of Sciences and the highest at Gate 1 at 66 dB. Furthermore, the noise map obtained allowed us to evaluate noise levels considering the variables of altitude, average vehicle speed, and sound pressure level.

KEYWORDS: environmental pollution; noise; ECA; decibel.

1. INTRODUCCIÓN

El sonido excesivo ha representado sin duda un desafío ambiental para la humanidad. Cerca de 600 años antes de Cristo, en la antigua ciudad de Sibarís en Italia, se identificó lo que podría ser uno de los primeros ejemplos de una regulación sobre el ruido en una comunidad, dado que los carpinteros y herreros que allí trabajaban fueron trasladados fuera de los límites urbanos debido a las molestias ocasionadas por sus ruidos (German-Gonzales, Santillán, 2006).

Hoy en día, se considera el ruido un enemigo para la salud humana ya que genera efectos tanto psicológicos como físicos, provocando cambios emocionales en las personas según las actividades que realizan y el entorno en el que se encuentran. Por lo tanto, el ruido elevado es resultado de las actividades humanas y es fundamental identificar dónde se concentra dicha actividad (Cuellar et al., 2014).

Viendo el ruido como un tipo de contaminación ambiental, también es un elemento que perturba a las personas en las ciudades medianas y grandes, provocado por las labores humanas en la fabricación, el transporte y el ocio; donde estos procesos liberan diversas formas de energía. Esta energía liberada puede causar daños a las personas, afectando por ejemplo al oído, al estado mental y causando enfermedades en el sistema nervioso (De Esteban, 2003).

La polución acústica tiene un efecto notable a nivel global. El ruido que existe en la sociedad actual repercute negativamente en el medio ambiente y actualmente se aborda desde las instancias gubernamentales, siendo un factor clave para la salud de la población. Diversas investigaciones siguen evidenciando los efectos perjudiciales del ruido en los individuos, ocasionando problemas físicos y psicológicos (Gonzales y Fernández, 2014).

Conocer los niveles de sonido y la polución acústica en los entornos académicos es fundamental para fomentar varias actividades que giran en torno al entendimiento de los elementos acústicos relacionados con el ruido ambiental y la contaminación que este genera. Esto subraya la importancia de crear conciencia y elevar la participación activa tanto de los estudiantes como del personal administrativo en la búsqueda de soluciones a los efectos ambientales causados en la rutina diaria (Rodríguez et al., 2018).

En el entorno del estudiante universitario hay múltiples problemas; el aprender a manejarse en este ambiente y ser competitivo le permitirá destacarse y tener una mejor calidad de vida. Uno de los problemas más destacados del entorno son los contaminantes que afectan el comportamiento de las personas; en este caso, el ruido es una de las molestias menos investigadas, pero eso no significa que sea menos relevante.

El estudiante a menudo no identifica con claridad de dónde provienen sus incomodidades relacionadas con su ambiente ni cómo estas influyen en su conducta. La molestia es la percepción desagradable ocasionada por un contaminante que la persona sabe o piensa que puede tener un efecto perjudicial en su salud o bienestar (Gómez et. al., 2010).

Teniendo en cuenta los aspectos mencionados previamente, se propone a la Universidad Nacional del Santa (UNS) como el lugar de investigación. Esta institución de educación superior se caracteriza por su calidad educativa y dentro de su enfoque integral busca el bienestar de su comunidad académica. Por esta razón, resulta fundamental analizar las condiciones actuales de la UNS y estar al tanto de los peligros relacionados con la contaminación acústica que pueden afectar a la comunidad universitaria, mediante un diagnóstico que facilite la implementación de acciones correctivas o preventivas (Londoño et al., 2020).

Por esta razón, se busca evaluar los niveles de contaminación acústica en la ciudad de Chimbote, para luego establecer medidas tecnológicas y ecoamigables con el aporte de la ingeniería. Asimismo, se pretende dejar establecida una metodología sencilla que motive a continuar investigando este tema, considerando que la contaminación acústica es una molestia para la salud. Especialmente se debe tener en cuenta en la UNS (Chilito et. al., 2025).

El transporte vehicular, locales comerciales y hospitales que utilizan parlantes, manteniendo así un nivel sostenible de ruido dentro del radio de influencia de los ambientes educativos, postas médicas y hospitales de la ciudad donde se transgreden las normas ambientales y sanitarias, siendo frecuentes los continuos de ruidos poco perceptibles y su energía se concentraba en bajas frecuencias (Ministerio del Ambiente OEFA, 2016).

2. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

2.1. CONTAMINACIÓN SONORA

La Organización Mundial de la Salud (OMS) considera como ruido cualquier sonido que supere los 65 decibeles (dB), estableciendo este umbral como referencia para determinar cuándo un sonido se convierte en una fuente de incomodidad o daño. La presencia de estos ruidos no deseados constituye una alteración significativa en la sociedad actual, ya que representan un problema ambiental que afecta directamente al ser humano. El ruido genera en los individuos diversos problemas de salud, convirtiéndose en un peligro que requiere ser abordado para resguardar la salud humana. “La liberación de energía física puede ser súbita y no controlada, como el caso de un ruido fuerte explosivo o mantenido y más o menos bajo control como en las condiciones de trabajo con la exposición a largo plazo a niveles inferiores de ruido constante” (Amable Álvarez et al., 2017).

“La contaminación sonora es la presencia en el ambiente de niveles de ruido que implique molestia, genere riesgos, perjudique o afecte la salud y al bienestar humano y causen efectos significativos sobre el medio ambiente. Actualmente, este es uno de los problemas más importantes que pueden afectar a la población, ya que la exposición de las personas a niveles de ruido alto puede producir estrés, presión alta, vértigo, insomnio, dificultades del habla y pérdida de audición. Además, afecta particularmente a los niños y sus capacidades de aprendizaje” (Roozbahani et al., 2009).

2.2. RUIDO

“Definamos el ruido como una emisión acústica indeseable, perturbadora, molesta y hasta mortal. La historia de la humanidad demuestra que durante milenios el estrépito de tambores, trompetas y otros instrumentos, ha servido para promover e incitar la acción. Lo romanos disponían de legiones especiales que difundían ruido para atemorizar y confundir a los enemigos en el combate” (Akan et al., 2011).

Se distinguen: los ruidos estacionarios, que prácticamente no tienen fluctuaciones en función del tiempo, y los ruidos no estacionarios, que presentan fluctuaciones más o menos fuertes.

La intensidad de los distintos ruidos se mide en decibeles (dB), los decibeles son las unidades en las que habitualmente se expresa el nivel de presión sonora; es decir, la potencia o intensidad de los ruidos; además, son la variación sonora más pequeña perceptible para el oído humano (Amable Álvarez et al., 2017).

Los daños que puede provocar el ruido son:

- a. Irritabilidad.
- b. Alteraciones del sueño.
- c. Disminución de la agudeza visual.
- d. Afecta la visión del color.
- e. Aumenta la secreción de ciertas hormonas.
- f. Aumenta la frecuencia respiratoria.
- g. Hipertensión.
- h. Taquicardia.
- i. Aumenta la secreción gástrica y la motilidad intestinal.

2.3. BARRERAS ACÚSTICAS

“Son dispositivos que, interpuestos entre la fuente emisora y el receptor, atenúan la propagación aérea del sonido, por lo que evitan su incidencia directa sobre receptor” (Minan, 2016).

2.4. DECIBEL (DB)

“Son las unidades en las que habitualmente se expresa el nivel de presión sonora; es decir, la potencia o intensidad de los ruidos. Los decibeles son, además, la variación sonora más pequeña perceptible para el oído humano” (Minan, 2016).

2.5. CONTAMINACIÓN ACÚSTICA

“La contaminación acústica es un problema de salud común en los países en desarrollo. Especialmente las autopistas y los aeropuertos provocan contaminación acústica en diferentes niveles y en muchas frecuencias” (Akan et al., 2011).

Con el fin de evaluar los riesgos asociados a la pérdida de audición en trabajadores, debido a la exposición a la contaminación acústica, se realizó un estudio transversal y se les evaluó la audición mediante audiometría. Los resultados audiométricos revelaron que

entre los trabajadores que están expuestos a la contaminación acústica en los Talleres de Hilandería y Tejeduría hay un claro aumento en el número de casos de pérdida auditiva en altas frecuencias (Roozbahani et al., 2009). A continuación, en la Tabla 1 identificamos las causas y efectos de la contaminación acústica.

Tabla 1. Causas y efectos de la contaminación acústica.

Causas	Efectos
Tráfico automovilístico	Psicopatológicos
Tráfico aéreo	Psicológicos
Obras de construcción	Sueño y conducta
Restauración y ocio nocturno	Memoria y atención
Animales	Psicopatológicos

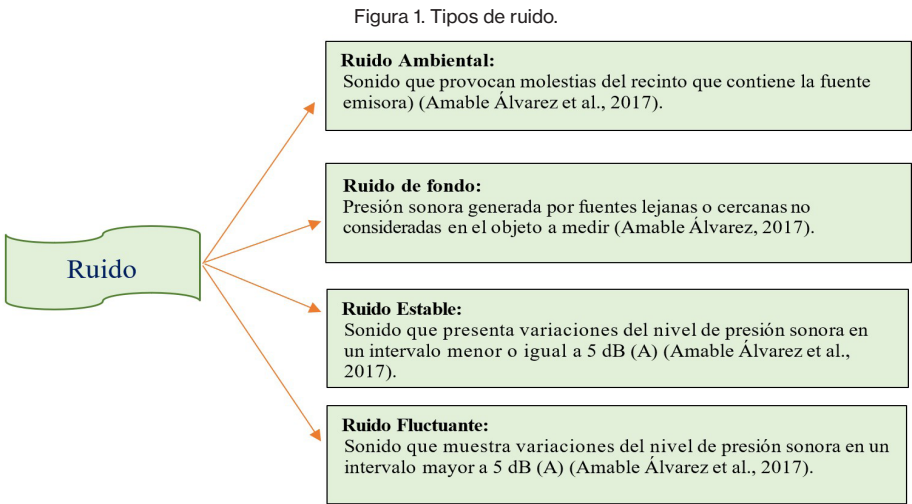
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1. SONIDO

Es el resultado en ondas generadas por cambios de presión y densidad en los materiales audibles (Akan, Ali Körpinar y Tulgar, 2011).

3.2. RUIDO

Se trata del sonido compuesto por diversas frecuencias, no articuladas, de gran intensidad y puede causar molestias en las personas. Este sonido se encuentra considerado como fuente contaminante para el ser humano y el medio ambiente, luego del agua, aire y residuos sólidos, tanto del entorno industrial como urbano. (Akan, Ali Körpinar y Tulgar, 2011).



3.3. INTENSIDAD

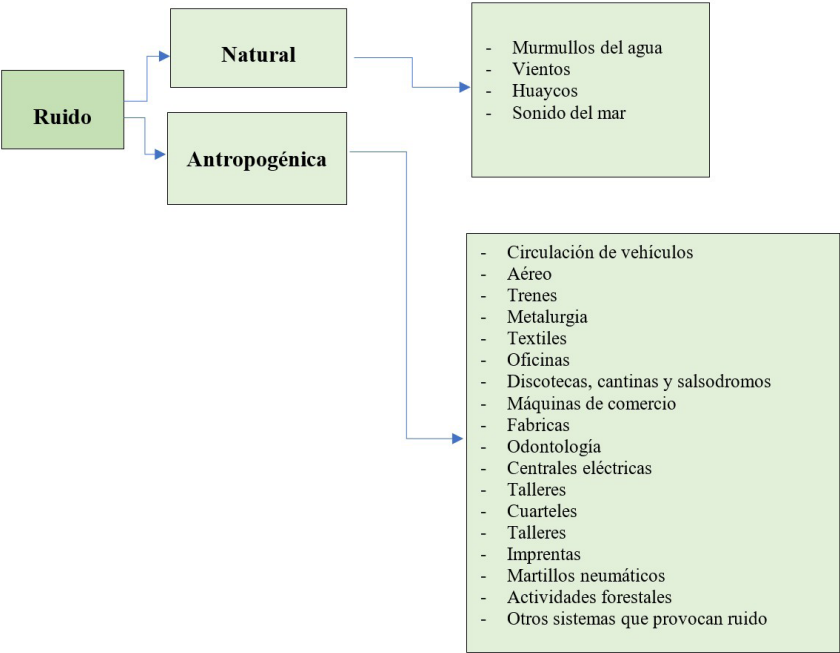
Corresponde al nivel de energía de la onda, luego, el tono, consiste en el resultado de la frecuencia de la vibración y por último la duración, corresponde al tiempo en que el sonido es perceptible (Amable Álvarez et al., 2017). Su magnitud es el decibelio (dB), una unidad adimensional. Una conversación habitual se encuentra alrededor de 30 dB, el tráfico de las calles, 80 dB, luego, un martillo neumático y un motor a reacción bordean los 100 dB (Amable Álvarez et al., 2017).

Tabla 3. Intensidad del ruido y valoración subjetiva de su percepción.

Nivel dB	Valoración subjetiva
50-60	Moderada
70-80	Fuerte
90	Muy fuerte
120	Ensordecedor
130	Umbral de sensación dolorosa

3.4. FUENTES DE RUIDO

Figura 2. Fuentes de ruido.



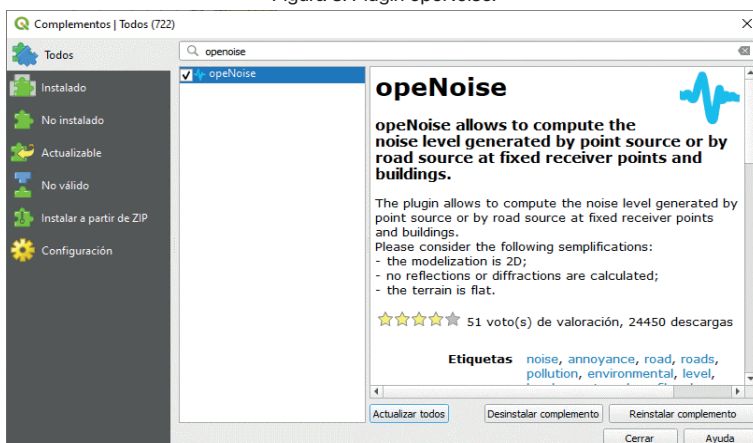
3.5. FRECUENCIA

La intensidad de un sonido debe definirse como la cantidad de vibraciones que se presentan en un entorno específico. Los sonidos audibles para el hombre evidencian una frecuencia de entre 16 y 20.000 ciclos por segundo, lo cual significa que los sonidos por debajo de este límite son los llamados infrasonidos y por arriba los ultrasonidos. (Varón y García, 2017).

3.6. QGIS “OPENOISE”

Es una extensión que permite evaluar los niveles de ruido producidos por fuentes puntuales, con el fin de obtener un mapa de ruido considerando diversas variables como la altitud, la velocidad media de los vehículos, el volumen del tráfico y básicamente, el nivel de presión acústica (Mapping GIS, 2020).

Figura 3. Plugin opeNoise.



3.7. CONTAMINAR

La acción en la que se encuentra un agente peligroso en el entorno natural. A partir de estas consideraciones, podríamos definir de manera sencilla que el ruido es el sonido que contamina y afecta a todas las personas que trabajan o viven cerca de las fuentes sonoras de actividades situadas en las calles, siendo fuentes de sonido constante, como las que se generan por las obras públicas, el tráfico, las tiendas comerciales, etc. (Amable Álvarez et al., 2017).

3.8. SUSCEPTIBILIDAD INDIVIDUAL

Se evidencian variaciones y diferencias individuales en el grado de impacto en los empleados sometidos a un ruido perjudicial. Algunos autores proponen llevar a cabo

pruebas de cansancio auditivo en los aspirantes a desempeñarse en este medio con el fin de determinar la probabilidad de escuchar ruido. Se puede incluir dentro del área de susceptibilidad, los de causa hereditaria, meningitis, o bien infecciones del aparato auditivo con consecuencias internas).

3.9. ALTERACIONES HISTOPATOLÓGICAS

Son los procesos que causan las lesiones en la oreja interna debido a un trauma acústico. De acuerdo con los estudios de Schuknecht, se puede afirmar que las primeras modificaciones estructurales se producen en las células ciliadas externas del órgano de Corti, en oposición de los procesos isquémicos que perjudican inicialmente las células ciliadas internas. Se puede apreciar una disminución gradual de las células que termina con su destrucción. En el proceso de trauma acústico agudo, la lesión se produciría debido a la intensa vibración de la membrana basal sobre la cual se ubica el órgano de Corti.

3.10. FISIOPATOLOGÍA

Trauma acústico agudo

El cuadro clínico está producido por un ruido de gran intensidad, pero de duración limitada. Requiere una gran energía para su aparición y suele ocurrir en personas con una determinada profesión, como los militares, los mineros, los técnicos con explosivos, o en situaciones especiales, como explosiones fortuitas. La sintomatología clínica se manifiesta inmediatamente después del impacto sonoro, en forma de acufenos y de hipoacusia, que puede evolucionar hacia la desaparición o mantenerse constante.

Trauma acústico crónico

Es el déficit auditivo causado por la exposición prolongada al ruido durante el trabajo. El grado de riesgo de sordera se establece después de estar expuesto ocho horas diarias a 80 dB(A). La presencia de la sordera depende de la intensidad y el tiempo de exposición al ruido. Esta situación es progresiva si el ruido persiste, aunque hay el factor de susceptibilidad individual, la edad o la simultaneidad con otras patologías auditivas que alteran su evolución.

3.11. EFECTOS DEL RUIDO EN LA SALUD HUMANA

Los principales efectos son:

- A lo largo del día. Se ha demostrado que el ruido es más molesto en la noche que en el día. Un simple goteo que se genera a lo largo de la noche es más molesto que en el día. Durante la acción de la persona. El receptor

experimentará un ruido más intenso si está concentrado o distraído en alguna actividad mientras se produzca el ruido.

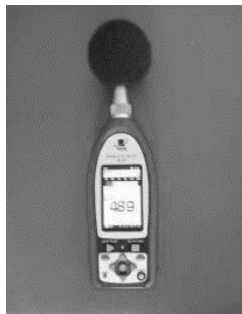
- En momentos de alboroto: para la persona que lo genera, generalmente no le parece molesto. El sonido de un dispositivo de música será ensordecedor para la madre y, por el contrario, quedará por debajo de la intensidad que desearía el hijo.
- De acuerdo con los hallazgos sociocultural. La misma música se puede considerar como un sonido o un ruido según los antecedentes culturales del que lo escuche o de los recuerdos que le transmiten.
- Dentro de la familiaridad. Se puede acostumbrarse al sonido del ordenador o de la música, al sonido del aire acondicionado, al sonido del tren, entre otros. Se pueden presentar casos de no experimentarlo de manera habitual e, incluso, pueden requerir un sonido para poder dormirse.
- De acuerdo con la naturaleza del sonido. Un sonido constante es más molesto que un sonido continuo. De acuerdo a la intensidad y la frecuencia del sonido, según la edad y el sexo del receptor (Amable Álvarez y Et al., 2017).

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. CONTROL ESTÁTICO

Se realizó en la universidad en horas de la mañana a las 10:00 horas hasta las 12:00 horas, los viernes 13, lunes 16, miércoles 18 y viernes 20 de diciembre del dos mil veinticinco, repitiéndose durante cuatros veces en los mismos puntos y en la misma hora. Para el efecto se utilizó un equipo denominado: Sonómetro digital. Marca: Rion. Modelo: NL -52 Clase: 1 ANSI/ASA S1.4-2014. Certificado por INACAL-PERÚ LAC-079-2019 y calibrado de acuerdo a la Norma Metrológica Peruana NMP-011-2007.

Figura 4. Sonómetro Rion.



4.2. PARÁMETROS DE MEDICIÓN

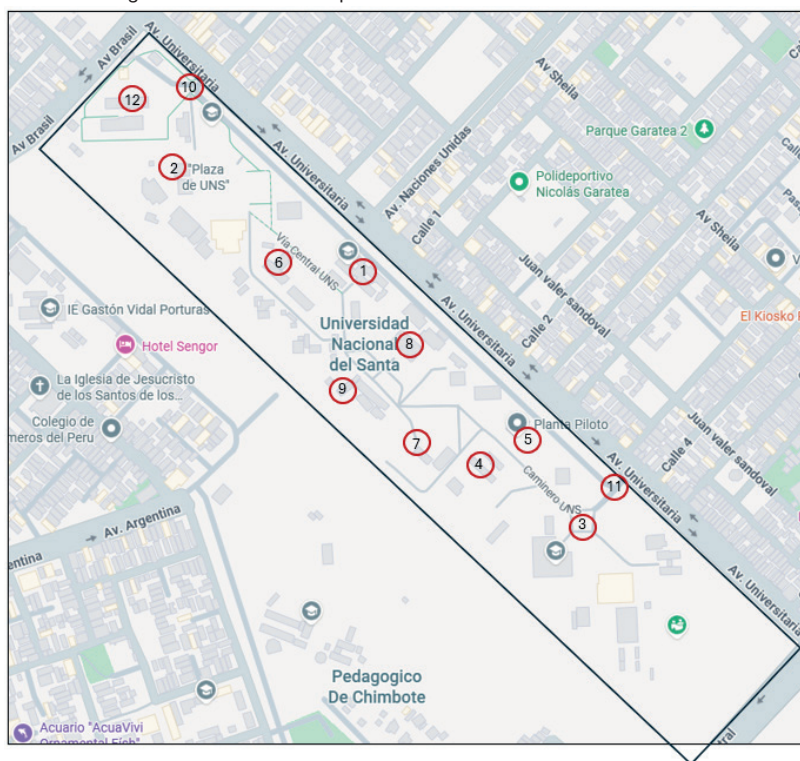
El sonómetro captura los niveles de presión en decibeles, teniendo un nivel de presión sonora continuo equivalente con ponderación A (LAeqT), correspondiente al nivel de presión sonora constante en (dBA) en el respectivo intervalo de tiempo (T), otro nivel lo constituye el Nivel de presión sonora máxima (L_{máx}) y finalmente el Nivel de presión sonora mínima (L_{mín}) (Ministerio del Ambiente OEFA, 2016).

4.3. ÁREA DE ESTUDIO

Puntos de mediciones de la Universidad Nacional del Santa

1. El área cercana puerta 1 (comprende los puntos 2, 10 y 12).
2. El área central de UNS (comprende los puntos 1, 6, 8 y 9).
3. El área cercana a la puerta 2 (comprende los puntos 3, 4, 5, 7 y 11).

Figura 5. Ubicación de los puntos donde se recolectó la información.



Nota. El plano de la Universidad muestra los puntos de la toma de lectura con el sonómetro digital, se empezó a las 10 horas y culminó a las 12 horas, la toma de datos por cada punto corresponde a 10 minutos. Repitiéndose en cuatro días la toma de lectura en los mismos puntos.

4.4. ESTÁNDARES NACIONALES

A fin de recopilar los datos del ruido de la UNS se establecieron 12 puntos de monitoreo según la Figura 5, ante ello, se aplicó el protocolo de monitoreo de ruido ambiental del MINAM, indicando que son las zonas de mayor generación de ruido. En estos puntos se realizó las mediciones durante 10 minutos en las horas punta previamente establecidas, el sonómetro se colocó a una altura de 1.5 metros del piso y de forma horizontal a 2 metros de distancia para evitar la reflexión de la pared. Registrando mediciones de $L_{máx}$, $L_{mín}$ y el LA_{eqT} de cada punto de medición; una vez culminado, se repitieron las mediciones 3 veces más en cada punto (Ministerio del Ambiente OEFA, 2016).

Tabla 4. Estándares Nacionales de calidad ambiental para ruido (dBA).

L_{AeqT}	Horario diurno	Horario nocturno
Zona de protección especial	50	40
Residencial	60	50
Comercial	70	60
Industrial	80	70

Nota. Se considera zona de protección especial según el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para ruido - Decreto Supremo N° 085-2003-PCM (Publicado el 30-10-2003), art. 3, numeral u, que a la letra dice: Zona de protección especial: Es aquella de alta sensibilidad acústica, que comprende los sectores del territorio que requieren una protección especial contra el ruido donde se ubican establecimientos de salud, establecimientos educativos asilos y orfanatos.

4.5. LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN

La información fue levantada en la UNS, dándose la mayor afluencia de gente en la zona de puerta 1, las aulas y la puerta 2, así mismo tenemos la mayor actividad académica en las aula y zonas de tránsito y en la parte externa, caracterizada por el transporte vehicular, comprendiendo zonas, que son los puntos a tomar las lecturas en cumplimiento a las recomendaciones del Ministerio del Ambiente.

Tabla 5. Lectura del día viernes 13 diciembre 2025.

Punto		$L_{mínimo}$	$L_{máximo}$	LA_{eq}	ECA
1	Pool de aulas	50	66	60	60
2	Plazuela del Santa	52	68	62	60
3	Zona de recreo de educación	54	72	64	60
4	Escuela de Energía	48	64	57	60
5	Escuela de Agroindustrial	50	66	59	60
6	Escuela de Sistemas	49	65	57	60
7	Escuela de Civil	50	67	60	60

8	Facultad de ciencias	47	62	55	60
9	Enfermería	48	63	56	60
10	Entrada puerta 1	56	75	66	60
11	Entrada puerta 2	55	73	64	60
12	Edificios administrativos	49	65	58	60

Tabla 6. Lectura del día viernes lunes 16 de diciembre 2025.

Punto		LA _{mínimo}	LA _{máximo}	LA _{eq}	ECA
1	Pool de aulas	51	67	61	60
2	Plazuela del Santa	53	68	62	60
3	Zona de recreo de educación	55	73	65	60
4	Escuela de Energía	48	65	58	60
5	Escuela de Agroindustrial	51	67	60	60
6	Escuela de Sistemas	50	66	58	60
7	Escuela de Civil	51	67	60	60
8	Facultad de ciencias	48	63	56	60
9	Enfermería	49	64	57	60
10	Entrada puerta 1	57	75	66	60
11	Entrada puerta 2	56	74	65	60
12	Edificios administrativos	50	66	59	60

Tabla 7. Lectura del día miércoles 18 de diciembre 2025.

Punto		LA _{mínimo}	LA _{máximo}	LA _{eq}	ECA
1	Pool de aulas	50	65	59	60
2	Plazuela del Santa	52	68	61	60
3	Zona de recreo de educación	54	72	63	60
4	Escuela de Energía	47	63	56	60
5	Escuela de Agroindustrial	49	65	58	60
6	Escuela de Sistemas	48	64	56	60
7	Escuela de Civil	49	66	59	60
8	Facultad de ciencias	47	62	55	60
9	Enfermería	48	63	56	60
10	Entrada puerta 1	55	73	64	60
11	Entrada puerta 2	54	72	63	60
12	Edificios administrativos	49	64	58	60

Tabla 8. Lectura del día viernes 20 de diciembre 2025.

	Punto	LA _{mínimo}	LA _{máximo}	LA _{eq}	ECA
1	Pool de aulas	49	64	58	60
2	Plazuela del Santa	51	67	60	60
3	Zona de recreo de educación	53	70	62	60
4	Escuela de Energía	46	62	55	60
5	Escuela de Agroindustrial	48	64	57	60
6	Escuela de Sistemas	47	63	55	60
7	Escuela de Civil	48	65	58	60
8	Facultad de ciencias	46	61	54	60
9	Enfermería	47	62	55	60
10	Entrada puerta 1	54	72	63	60
11	Entrada puerta 2	53	70	62	60
12	Edificios administrativos	48	63	57	60

4.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTACIÓN DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Se realizó siguiendo el Protocolo Nacional de Monitoreo de Ruido Ambiental del Minan, donde el procedimiento para el monitoreo del ruido es:

- Se ubicó el sonómetro aprox. a una altura de 1,2 m del nivel del suelo y el ángulo formado entre plano inclinado y el sonómetro paralelo al suelo entre 30 a 60 grados.
- Se colocó el sonómetro a una mínima distancia libre 0,50 m del cuerpo del especialista y 3,5 metros o más de las estructuras reflectantes, construcciones o paredes.
- Se usó la pantalla (filtro o rejilla) anti viento que forma parte de equipo.
- En el momento de medir se evitaron factores meteorológicos extremas como viento, lluvia, entre otros que puedan afectar los resultados obtenidos.

La lectura de la frecuencia de cada punto de monitoreo fue de 10 min. el cual cada segundo toma valores, permitiendo una constante vigilancia del ruido con una presión sonora razonable y el punto se ubicó en el límite de la calzada de 2,5 m de radio.

4.7. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se procesó la información utilizando un computador Pentium Corel Duo, a través de una Hoja de Cálculo en Excel 2016 en el cual se elaboran los gráficos y curvas de comportamiento y el procesamiento de los datos se hará uso de una computadora Core i7, con el programa de Microsoft (Redacción y cálculos), QGIS “opeNoise”.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. LECTURA DEL MONITOREO Y MAPAS DEL RUIDO

Figura 6. Nivel de ondas sonoras en el día viernes 13 de diciembre 2024.

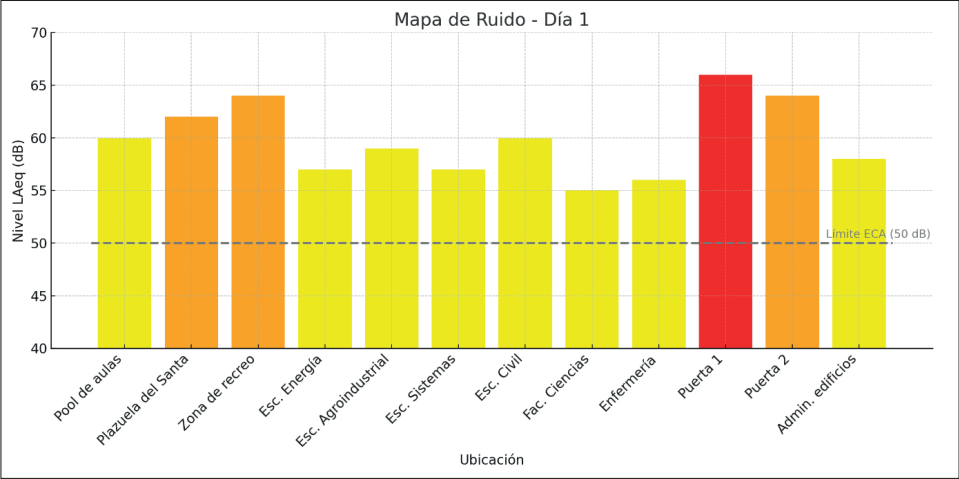


Figura 7. Mapa del ruido día 1 – viernes 13 diciembre 2024.

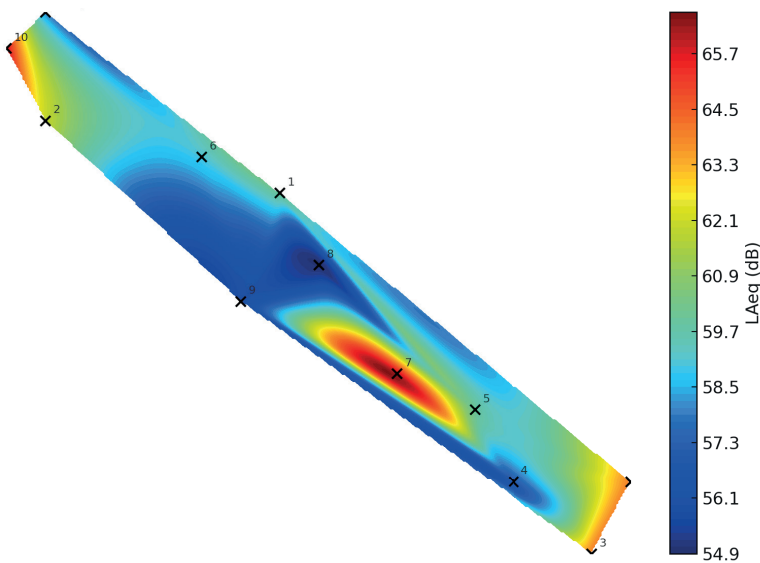


Figura 8. Nivel de ondas sonoras en el día lunes 16 de diciembre 2024.

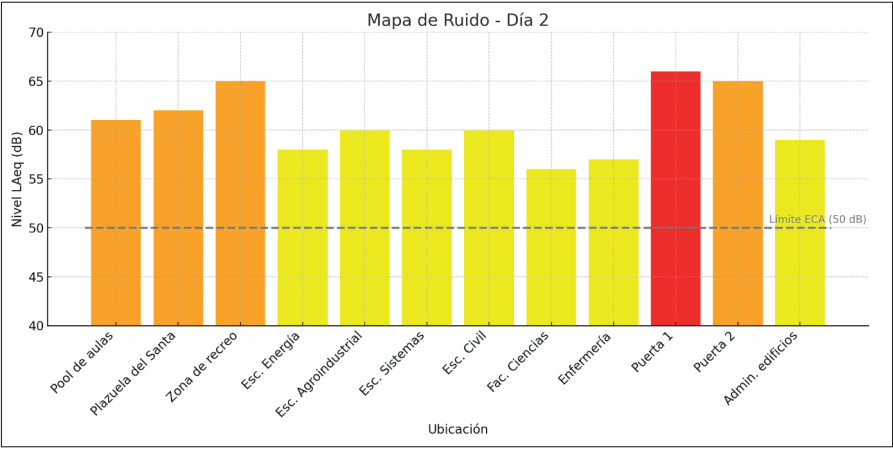


Figura 9. Mapa del ruido día 2 – lunes 16 diciembre 2024.

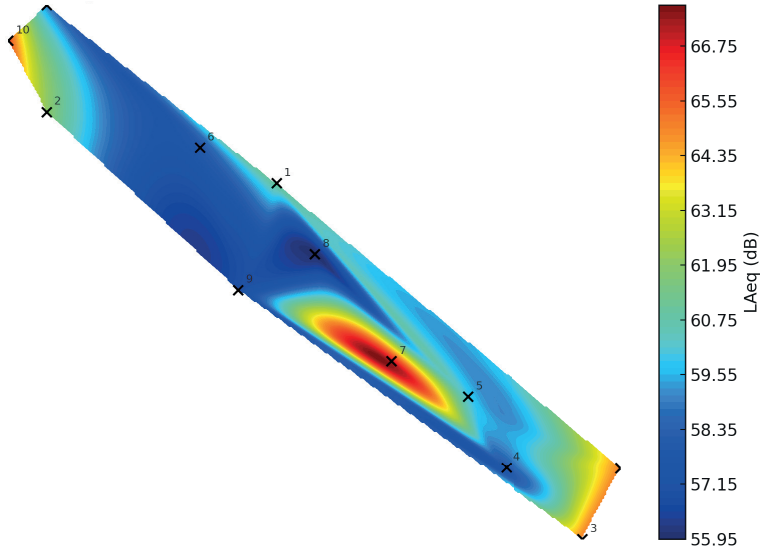


Figura 10. Nivel de ondas sonoras en el día miércoles 18 de diciembre 2024.

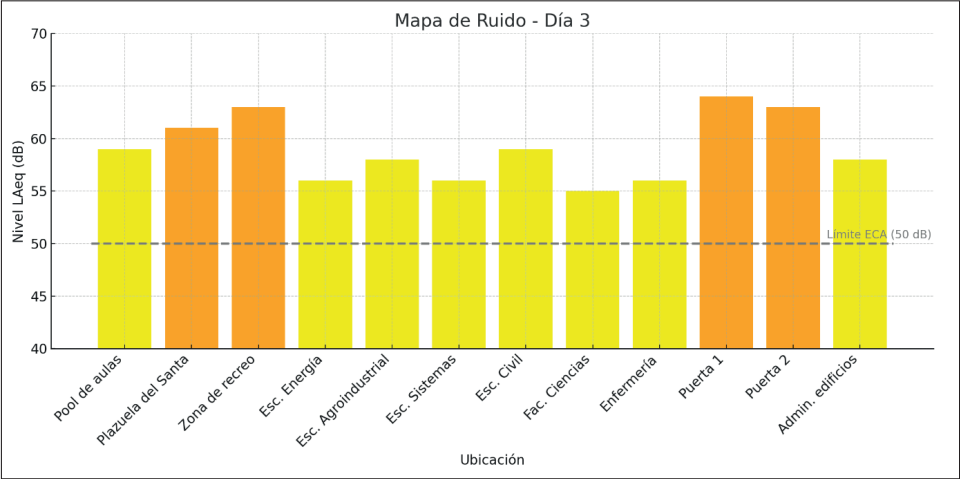


Figura 11. Mapa del ruido día 3 – miércoles 18 diciembre 2024.

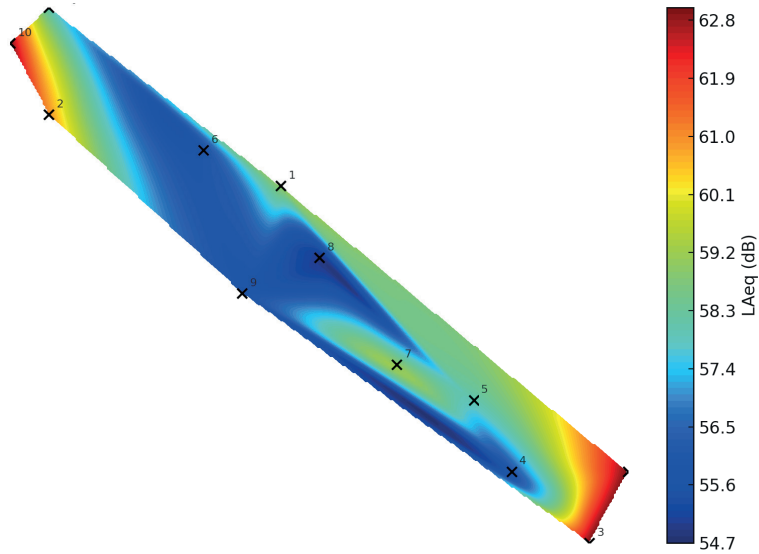


Figura 12. Nivel de ondas sonoras en el día viernes 20 de diciembre 2024.

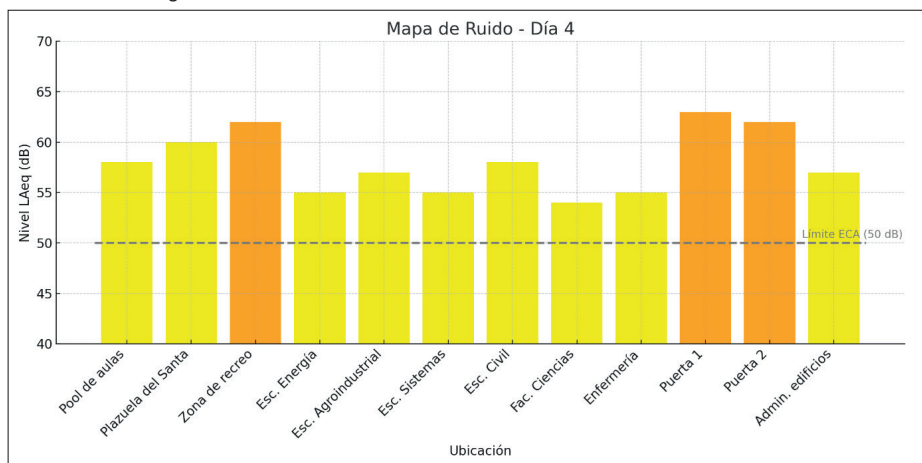
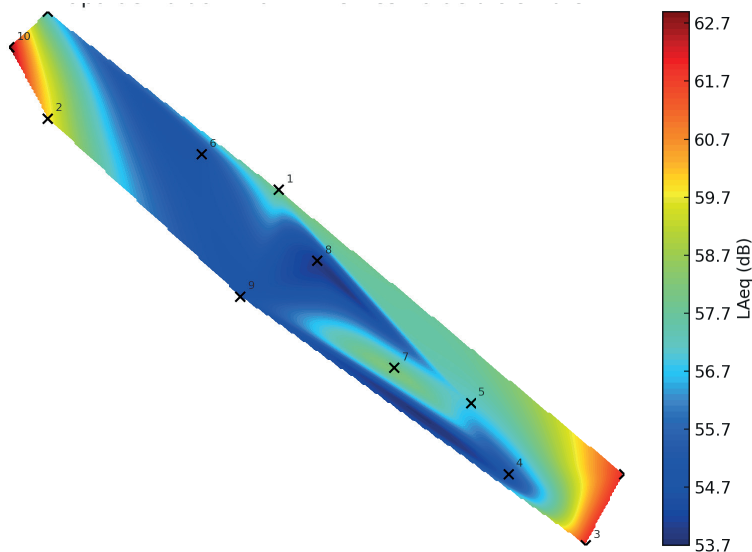


Figura 13. Mapa del ruido día 4 – viernes 20 diciembre 2024.



5.2. DISCUSIÓN

El presente estudio se demuestra que existe la contaminación por ruido ambiental en los cuales los valores máximos están desde los 55 a 66 dB, el resultado tiene similitud con lo presentado por Velásquez (2022) donde el nivel de contaminación sonora en el Puerta N° 1, Puerta N° 2 y Puerta N° 3 son los que tienen mayor presión sonora donde oscila de los 57 a 78 dB(A). Asimismo, se detectó que los puntos de la Puerta N°1, Puerta N°2 de la UNS son los que tienen mayor presión sonora, donde oscila de los 63 a 66 dB.

El resultado tiene una similitud con lo presentado por Nery (2019) donde su zona perimetral presenta elevados niveles de presión sonora, donde se alcanzan valores de alrededor de 80 dB(A), también se detectó que estos niveles de presión son producto del ruido vehicular, alcanza a la Facultad de Ciencias con niveles de presión sonora alrededor de los 65 a 65 dB.

También se percibe en los estudiantes, docentes y administrativos que se distraen rápidamente debido al ruido, perdiendo su eficiencia por problemas de en la salud.

En el transcurso de las últimas cinco décadas, las investigaciones se han enfocado en comprender cómo reaccionamos al ruido que nos rodea y es un campo extenso y los estudios han explorado diversas perspectivas. Aunque la conexión entre la exposición al ruido y nuestra respuesta a él últimamente se ha juzgado de manera desfavorable, considerando una molestia o un problema de contaminación.

6. CONCLUSIONES

El ruido en la UNS es altamente negativo debido a los altos valores que tiene los LAeq en los doce puntos monitoreados, siendo los valores de 55 dB el más bajo y se da en la Facultad de Ciencias y el más alto en la puerta 1 con 66 dB, coincidiendo con los niveles sonoros de los centros educativos de educación universitaria con 65,60 dB para la Universidad Alas Peruanas, con 75,81 dB la universidad de Chiclayo, de 65,68 dB la Universidad Nacional de Cajamarca y con 67,59 para la Universidad Nacional de Jaén; todas la universidades monitoreadas superan los 50 dB que corresponde a la zona de protección especial (Universidades y centros de estudios) (Nery, 2019), (Minan, 2016).

Los LAeq superan los ECA de 50 dB en cada punto, los valores altos se tienen en las puertas 1 y 2, en la plazuela de la universidad y en la zona de recreo. Las causas de los valores altos ECA se deben al bullicio de los estudiantes, vehículos que circulan por las pistas interiores y ruidos externos que se sienten en el campus universitario.

Asimismo, se elaboró un mapa del ruido utilizando el QGIS opeNoise, que representa los niveles sonoros en los 12 puntos de medición, donde se muestra los diferentes zonas y ambientes de la UNS donde se identifican zonas con alto, medianamente alto y ligeramente alto, todos superando el ECA permitido para centros educativos (Mapping GIS, 2020).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Akan, Z., Körpınar, M. A., & Tuglar, M. (2011). Effects of noise pollution over the blood serum immunoglobulins and auditory system on the VFM airport workers, Van, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 177(1), 537-543. <https://doi.org/10.1007/s10661-010-1654-6>

Amable Álvarez I, Méndez Martínez J, Delgado Pérez L, Acebo Figueroa F, Armas Mestre J, Lidia Rivero M. (2017). Contaminación ambiental por ruido. *Revista Médica Electrón.* 39 (3).

Cuellar, Z., Díaz, K. y Taborda, Y. (2014). Niveles de ruido ambiental en la Universidad Surcolombiana (Sede Central). *Entorno.* 27.

Chilito, A., Pantoja, Juan., Martínez, D., Garcés, N. y Merchán, A. (2025). Percepción del ruido y estado auditivo en estudiantes de Fonoaudiología de una Universidad Colombiana. *Vitalia Revista científica y académica.* 6 (2). DOI: <https://doi.org/10.61368/r.s.d.h.v6i2.629>

De Esteban Alonso, A. (2003). Contaminación acústica y salud. Observatorio medioambiental. Universidad Rey Juan Carlos Facultad de Sociología Instituto Universitario de Ciencias Ambientales (UCM). 73-95.

German-Gonzales, M. y Santillán, A. (2006), Del concepto de ruido urbano al de paisaje sonoro. *Revista Bitácora Urbano Territorial.* 10 (1), pp. 39-52. ISSN (Versión impresa): 0124-7913.

Gonzales, SY. y Fernández, DY. (2014). Efectos de la contaminación sónica sobre la salud de estudiantes y docentes, en centros escolares. *Revista Cubana Hig Epidemiol.* 52(3). 402-410 pp.

Gómez, D., Cervantes, R., Recio, R. y Gómez A. (2010). Percepción del ruido ambiental en los estudiantes universitarios y las afecciones que provoca. *Tlatemoani Revista Académica de Investigación.* 4. 127-137 pp. <https://mappinggis.com/2020/09/como-generar-mapas-de-ruido-con-qgis/#more-32273>

Londoño, J., Correa, C. y Agudelo, C. (2020). Estudio de los niveles de ruido y elaboración del mapa de ruido del campus universitario en la Universidad Católica de Oriente, Rionegro, Colombia. *Revista Universidad Católica de Oriente.* 31 (45). <https://doi.org/10.47286/01211463.283>

Ministerio del Ambiente. Organismo de evaluación y fiscalización y ambiental. La contaminación Sonora en Lima y Callao. 2016. 1-52.

Nery, F. (2019). *Estándares de calidad ambiental (ECAS) para ruido en los principales centros de educación superior universitaria, de la ciudad de Jaén.* [Tesis para obtener el título de Ingeniero Forestal y Ambiental]. Universidad Nacional de Jaén.

Rodriguez, I., Valdés, T., Hernández, X., Ancheta, H. y Acosta, T. (2018). *El ruido y la salud en la Escuela latinoamericana de Medicina como universidad saludable.* Panorama Cuba y Salud. 13(1). 488-491 pp. <https://revpanorama.sld.cu/index.php/panorama/issue/view/EN%20PROGRESO>

Roobahani, M. M., Nassiri, P., & Shalkouhi, P. J. (2009). Risk assessment of workers exposed to noise pollution in a textile plant. *International Journal of Environmental Science & Technology*, 6(4), 591-596. <https://doi.org/10.1007/BF03326099>

Varón L, y García J.M. (2017). El ruido ambiental en el centro de la ciudad de Ibagué, Colombia y la medida de pico y placa. *Lampasados.* 18: 34-38.

Velásquez, D. (2022). *Evaluación del ruido ambiental y su afectación a la población de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión – Huacho.* [Tesis para obtener el título de Ingeniero Ambiental]. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.

CAPÍTULO 5

MÉTODO DE EMPLAZAMIENTO URBANO

Data de submissão: 27/02/2026

Data de aceite: 14/03/2026

Olivia Allende-Hernández

Instituto de Ciencias Sociales y
Humanidades

Universidad Tecnológica de la Mixteca

Carretera Huajuapán-Acatlilma km 2.5

Huajuapán de León, Oaxaca, México

<https://orcid.org/0000-0002-8528-457X>

Liliana Eneida Sánchez-Platas

Instituto de Diseño

Universidad Tecnológica de la Mixteca

Carretera Huajuapán-Acatlilma km 2.5

Huajuapán de León, Oaxaca, México

<https://orcid.org/0000-0001-5233-3868>

Rebeca Hernández

Instituto de Ciencias Sociales y
Humanidades

Universidad Tecnológica de la Mixteca

Carretera Huajuapán-Acatlilma km 2.5

Huajuapán de León, Oaxaca, México

Celia Bertha Reyes-Espinoza

Instituto de Computación

Universidad Tecnológica de la Mixteca

Carretera Huajuapán-Acatlilma km 2.5

Huajuapán de León, Oaxaca, México

<https://orcid.org/0000-0003-3787-912X>

Víctor Manuel Cruz Martínez

Instituto de Ingeniería Industrial y
Automotriz

Universidad Tecnológica de la Mixteca

Carretera Huajuapán-Acatlilma km 2.5

Huajuapán de León, Oaxaca, México

<https://orcid.org/0009-0002-4618-723X>

Alejandra Velarde Galván

Instituto de Diseño

Universidad Tecnológica de la Mixteca

Carretera Huajuapán-Acatlilma km 2.5

Huajuapán de León, Oaxaca, México

<https://orcid.org/0000-0002-7302-5669>

RESUMEN: La población mundial alcanzó los 8,000 millones de personas de acuerdo al informe Perspectivas de la Población Mundial (ONU/UNFPA-2023). En México el crecimiento poblacional no es la excepción, en el año 1990 había 81.2 millones de personas, para el año 2020 se registraron 126 millones de personas, de 2010 a 2020, la población se incrementó en 14 millones de habitantes (INEGI, 2020). La falta de una distribución uniforme de la creciente densidad de población ha generado un aumento en la demanda de territorio urbanizado con servicios públicos básicos. El método para la integración de un emplazamiento urbano tiene como objetivos: establecer las variables primarias para la definición del sitio de emplazamiento de una nueva ciudad; evaluar un sitio ya definido

de emplazamiento de una ciudad; evaluar el sitio de emplazamiento de una ciudad ya existente; supervisar las etapas de desarrollo de una ciudad existente o planear las etapas de crecimiento de una ciudad, entre otros. El método de la presente investigación se desarrolló a través del estudio, el análisis y la potencialización de diversos procesos metodológicos permitiendo integrar un proceso de emplazamiento urbano. Como resultado se describirán c/u de las etapas de forma progresiva: Etapa 1. Identificación de la vocación de uso de suelo. Etapa 2. Identificación de áreas para la ubicación del equipamiento urbano y los espacios públicos a cielo abierto. Etapa 3. Ubicación de la infraestructura a nivel de redes y puntos de concentración. Etapa 4. Definición del sistema de accesibilidad urbana.

PALABRAS CLAVE: proceso; urbano; ciudad.

URBAN SITE PLANNING METHOD

ABSTRACT: The world's population reached 8 billion people, according to the World Population Prospects report (UN/UNFPA-2023). Population growth in Mexico is no exception. In 1990, there were 81.2 million people; by 2020, this number had reached 126 million. From 2010 to 2020, the population increased by 14 million inhabitants (INEGI, 2020). The lack of a uniform distribution of this growing population density has generated an increased demand for urbanized land with basic public services. The method for integrating an urban site aims to: establish the primary variables for defining the site for a new city; evaluate a pre-defined site for a city; evaluate the site of an existing city; monitor the development stages of an existing city; or plan the growth stages of a city, among other objectives. The methodology of this research was developed through the study, analysis, and enhancement of various methodological processes, allowing for the integration of an urban site planning process. As a result, each stage will be described progressively: Stage 1. Identification of land use potential. Stage 2. Identification of areas for the location of urban amenities and open public spaces. Stage 3. Location of infrastructure at the network level and concentration points. Stage 4. Definition of the urban accessibility system.

KEYWORDS: process; urban; city

1. INTRODUCCIÓN - CRECIMIENTO POBLACIONAL

El Reporte Mundial de las Ciudades 2022: Visualizando el futuro de las ciudades, emitido por la Organización de las Naciones Unidas, (ONU-Habitat -2022), señala que la proporción de la población mundial de las ciudades se duplicó del 25% en 1950 a alrededor del 50% en 2020; se prevé que aumente lentamente al 58% en los próximos 50 años; Esto indica un aumento significativo en el surgimiento de nuevos asentamientos, exigiendo un análisis en la planeación de los procesos para el emplazamiento de asentamientos humanos.

Así también entre los años 2020 y 2070, el número de ciudades en los países de ingresos bajos aumentará en un 76%, en los países de ingresos altos y medios-

bajos en aproximadamente un 20% y en los países de ingreso medios-altos en un 6%; El crecimiento exponencial en el número de ciudades principalmente en los países de ingresos bajos requiere de asesoría técnica especializada y herramientas de apoyo para la planeación de los procesos para el emplazamiento de asentamientos humanos.

Durante las próximas cinco décadas, el crecimiento de la superficie urbana tendrá lugar principalmente en países de ingresos bajos (141%), ingresos medios-bajos (44%) y países de ingresos altos (34%). Se prevé que los cambios en los países de ingresos medios-altos sean relativamente pequeños (13%). Por la diversidad socioeconómica y medioambiental en los países principalmente de ingreso bajos, es necesario que los procesos de emplazamiento urbano consideren aspectos sociales, económicos y medio ambientales.

El crecimiento poblacional, la pobreza, la migración, la baja producción de vivienda, la comercialización ilegal y el encarecimiento de terrenos y viviendas, entre otros, han provocado que la población de menores ingresos no logre acceder a territorios urbanizados para el emplazamiento de una vivienda. La principal consecuencia ha sido la conformación de asentamiento humanos irregulares, territorios con falta de infraestructura y equipamiento urbano, propiciando una decadente calidad de vida. (Gaytan, 2021)

El emplazamiento es la zona o el territorio en donde se asentará una comunidad humana con un medio físico natural y artificial en constante interacción, permitiendo la integración de una ciudad en sus diferentes etapas, teniendo por objeto administrar la ciudad.

2. OBJETIVOS

Los objetivos académicos de la presente investigación se enlistan a continuación:

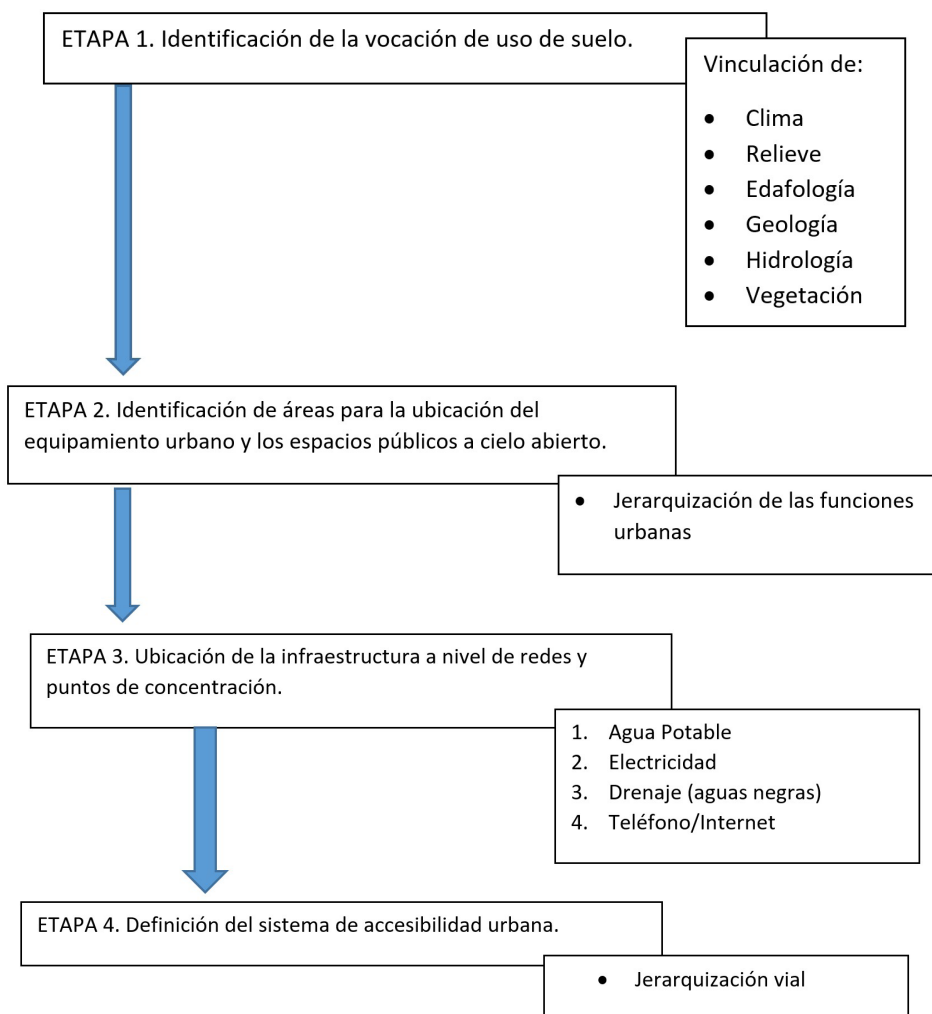
- ❖ Estudiar, analizar y potencializar diversos métodos de emplazamiento urbano.
- ❖ Vincular diversos métodos para el emplazamiento urbano.
- ❖ Integrar un método para el emplazamiento urbano.
- ❖ Aportar etapas en el método de emplazamiento urbano.
- ❖ Considerar aspectos del nuevo urbanismo.
- ❖ Considerar aspectos sobre las ciudades y el medio ambiental.
- ❖ Jerarquizar los aspectos a atender en un proceso para el emplazamiento urbano.

El método para conformar el emplazamiento de un asentamiento urbano se puede aprovechar para diversas situaciones:

- Para seleccionar de forma preliminar la ubicación de una nueva ciudad.
- Para evaluar el emplazamiento de una ciudad.
- Para diagnosticar el proyecto de emplazamiento de una nueva ciudad.
- Para planear y determinar el emplazamiento de una nueva ciudad.
- Para evaluar los escenarios de emplazamiento de una ciudad.

3. MÉTODO

MÉTODO PARA EMPLAZAMIENTOS URBANOS



4. RESULTADOS

A continuación se describen las etapas de un proceso para el emplazamiento urbano:

ETAPA 1. Identificación de la vocación de uso de suelo.

La primera etapa consiste en el análisis y la vinculación de los aspectos naturales que caracterizan a un área o territorio y la caracterización por su potencial de uso y aprovechamiento humano (Ortiz, 1984).

El análisis del Medio Físico Natural implica la consideración del clima, el relieve, la edafología, la geología, la hidrología y la vegetación- (Schjetnan, M., Calvillo, J., Peniche, M. - 2004), siendo uno de los métodos gráficos más viable la sobreposición cartográfica.

ETAPA 2. Identificación de áreas para la ubicación del equipamiento urbano y los espacios públicos a cielo abierto.

En la segunda etapa se deben identificar las áreas para ubicar el equipamiento urbano.

1. Será necesario jerarquizar a partir del Plan de Desarrollo Urbano la priorización del equipamiento urbano determinada por la atención a las funciones urbanas.
- ❖ Funciones urbanas:
 1. Residencial
 2. Industrial
 - a. Vecina
 - b. Separada
 - c. Mezclada
 3. Equipamiento urbano
 - a. Comercial
 - b. Administrativo
 - c. Salud
 - d. Educación
 - e. Recreación y esparcimiento
 - f. Financieras
 - g. Seguridad
 - h. Especiales
 - i. Transporte

2. En referencia a la jerarquización de las funciones urbanas de la ciudad se identificarán las áreas que por su belleza natural potencialicen la ubicación de parques, plazas y jardines, como parte del equipamiento urbano de recreación y esparcimiento.

El equipamiento urbano y los espacios públicos a cielo abierto se deberán de planear y ubicar considerando su radio de acción urbana, su impacto social, el grupo de destino a quien van dirigidos, las fortalezas y debilidades a corto, mediano y largo plazo, los beneficiarios directos e indirectos, su impacto ambiental, etc.

ETAPA 3. Ubicación de la infraestructura a nivel de redes y puntos de concentración.

En esta tercera etapa la definición y ubicación de la infraestructura se reconocen como el conjunto de instalaciones, sistemas y redes que sostienen el funcionamiento de la ciudad.

Los principales sistemas que conforman las redes y líneas de abastecimiento de servicios son:

1. Agua potable
2. Electricidad
3. Drenaje (aguas negras)
4. Teléfono/Internet

La prioridad en la atención de los servicios varía dependiendo de factores económicos, sociales, políticos, ambientales, etc.

1. **Sistema de abastecimiento de Agua Potable.** Está integrado por las redes hidráulicas, es decir el sistema de tubería que distribuye el agua potable a cada uno de los predios en la ciudad. El diseño de la red de agua potable debe tomar en cuenta los siguientes aspectos:

1. Fuente de abastecimiento: origen del agua (pozos, manantiales, presa, río, etc) - Se ubicará y resguardará el punto de la toma del agua –
2. Tipo de sistema de distribución, el cual puede ser operado por gravedad, por un tanque de almacenamiento elevado, por un sistema de bombeo, mixto, etc.
3. Red de distribución. Se caracteriza por la cantidad de agua que puede conducir el sistema en un tiempo determinado, dependiendo del diámetro de la tubería y de la presión del agua.

2. Sistema de Energía Eléctrica. Este sistema está integrado por las redes que alimentan de energía eléctrica a cada uno de los predios, clasificándose a partir del voltaje y el ciclaje:

1. Se sitúa la central generadora de energía eléctrica y se define el tipo de sistema en un sitio que no moleste a la comunidad y cerca de sus más importantes usuarios.
2. Subestaciones de energía eléctrica
3. Definición de Sistema de distribución (aéreo o subterránea)
4. Red de transmisión
5. Transformadores de distribución
6. Distribución domiciliada -Ubicación de la red a nivel de calle en c/u de los predios-.

3. Colector de aguas negras o Drenaje. Este sistema está formado por la red de aguas negras y aguas pluviales. La normativa establece que las edificaciones y los predios en uso deberán de estar provistos de instalaciones que garanticen el drenaje eficiente de aguas negras y aguas pluviales independiente (Reglamento de Construcción y Seguridad Estructural para el Edo. de Oaxaca-1998).

Se caracteriza por su capacidad, el cual es el volumen que el sistema es capaz de desalojar (en función del diámetro de la tubería, características mecánicas, etc.)

Se puede definir y desarrollar en función de su:

1. Tipo de sistema: funcionamiento por bombeo o conducción, gravedad, fosas sépticas, etc. Esto dependerá de las características del medio físico natural propias del emplazamiento.
2. Fin del sistema: se refiere al lugar de desalojo de las aguas negras (se considera la más conveniente las plantas de tratamiento de aguas residuales).

4. Red de Telefonía/Internet. Integrado por las redes telefónicas aéreas y subterráneas, en cuyo diseño deben considerarse tres aspectos básicos:

- a. Capacidad de enlace (líneas)
- b. Características y capacidad de centrales
- c. Grado de automatización

Será importante evaluar la jerarquización de las Redes, Líneas y Vías de comunicación con el fin de determinar las necesidades prioritarias de la comunidad para un proceso progresivo de emplazamiento.

ETAPA 4. Definición del sistema de accesibilidad urbana. En la cuarta etapa se diseña la red o vías de acceso a las áreas comunes y a c/u de los predios, considerando el escurrimiento de las aguas pluviales. A continuación se presenta una lista de vialidades las cuales deberán de ser ubicadas y diseñadas en referencia al Plan de Desarrollo Urbano, el cual debe de jerarquizar su atención a partir de la fase de diagnóstico:

1. Vialidades pluviales – Para diseñar las vialidades pluviales es necesario considerar el relieve y respetar los niveles topográficos del terreno a partir de la identificación del escurrimiento de las aguas pluviales, instalando los canales de desagüe como parte de la trama urbana.
2. Vialidades controladas (autopistas) – Este tipo de vialidades es dedicada exclusivamente al tránsito de vehículos, no permite el tránsito peatonal y no es posible la conexión directa a predios adyacentes; También se puede ubicar en pasos a desnivel, registrando pocos accesos; Es de más de dos carriles, sin posibilidades de estacionamiento adyacente; Registra volúmenes altos de tráfico y velocidades relativamente altas; Se configuran para viajes largos y es fácil de identificar visualmente en el contexto urbano; Son propicias para la instalación de sistemas que aprovechen la energía solar y la conviertan en energía eléctrica; Se emplea el cobro electrónico de peaje para su tránsito.
3. Vialidades Primarias. Son las avenidas o vialidades más importantes de la ciudad, permiten el acceso a predios adyacentes por calles laterales; En su caso presentan camellones continuos para evitar el cruce peatonal en zonas inadecuadas; Llevan o traen tránsito a las vialidades controladas; Sustituyen en su caso a las vías de acceso controlado; Conectan los principales puntos dentro de la ciudad; Se emplean para viajes a distancias medias y para rutas principales de camiones de carga y pasajeros.
4. Vialidades Peatonales. Presentan un uso exclusivo para peatones; Extraordinariamente permiten el acceso a vehículos de emergencia; Se ubica mobiliario urbano removible para impedir/permitir el tráfico vehicular; Se apoyan significativamente de la señalética horizontal; A mediano plazo se potencializa una conducta positiva del peatón a través de la psicología del lugar.
5. Vialidades Secundarias. Dan servicio para el transito interno de una zona de la ciudad o distrito; Se conectan con la vialidad primaria; Se emplean para viajes cortos; En zonas de alta densidad de uso (habitacional, comercial, etc), se convierten en vialidad primaria; A través de esta vialidad los transportes de pasajeros y de carga penetran a las diferentes zonas de la ciudad.

6. Ciclovías. Vialidades exclusivamente para el tránsito de bicicletas; Se apoyan significativamente de la señalética horizontal.
7. Vialidades Locales. Su función principal es dar acceso a los predios o edificios adyacentes; Es la vialidad que más área ocupa en la ciudad; En zonas céntricas registran mucho tráfico; Dan servicio a zonas residenciales, comerciales e industriales; En zonas muy concurridas combinan el uso peatonal y vehicular; Contribuyen a forjar la identidad de la ciudad; Emplean más que las demás vialidades la diversidad en pavimentos, mobiliario urbano y vegetación.
8. Zonas de reserva municipal – Son áreas de estacionamiento reservadas para vehículos de emergencia, siempre deberán de estar accesibles y libres de cualquier obstáculo, principalmente en días festivos.
9. Estacionamientos. Territorio público o privado destinado exclusivamente a permitir el estacionamiento de vehículos privados y públicos; Se apoyan significativamente de la señalética horizontal.

5. CONCLUSIONES

La planificación del proceso de emplazamiento de una ciudad influye en sus escenarios de crecimiento a corto, mediano y largo plazo, así como al desarrollo económico, social y cultural, por tal razón, se trate de un emplazamiento nuevo o la reconfiguración de un asentamiento urbano ya establecido, debe ser evaluado periódicamente y reconfigurado en base a las necesidades y proyecciones de crecimiento de la ciudad.

La planeación y el proceso de emplazamiento de una ciudad es una tarea compleja y crucial para el desarrollo de una ciudad. Su planificación permitirá fortalecer la identidad y mejorar la calidad de vida de los habitantes contribuyendo al crecimiento sostenible y equilibrado de la ciudad y su entorno. Sánchez Platas, L. E. (2011).

Las etapas del emplazamiento urbano son:

1. Identificación de la vocación de uso de suelo.
2. Identificación de áreas para la ubicación del equipamiento urbano y los espacios públicos a cielo abierto.
3. Ubicación de la infraestructura a nivel de redes y puntos de concentración.
4. Definición del sistema de accesibilidad urbana.

Cada etapa debe ser planeada y desarrollada minuciosamente con el fin de determinar el método a implementar, los alcances, las etapas, el proceso, las herramientas, las referencias, y cualquier otro elemento que permita una correcta integración con el objetivo de mejorar la calidad de vida de la comunidad en cuestión.

Para consolidar el desarrollo de los emplazamientos urbanos es recomendable la integración de foros para escuchar a la comunidad sobre la problemática y las propuestas de solución, así también es necesaria la asesoría por parte de especialistas en diseño urbano, planeación urbano, urbanismo, ingeniería en diseño o cualquier otra área a fin, la intensión es vincular a la sociedad en el desarrollo del emplazamiento urbano con el fin de apropiarse del proyecto y hacerlo posible bajo una responsabilidad compartida entre autoridades y comunidad.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

Cabeza Pérez, A. (1993) Elementos para el diseño de paisajes: naturales, artificiales y adicionales. Ed. Trillas. México.

Centro de Inteligencia Territorial. Cite (2019) Conoce los 6 tipos de uso de suelo establecidos en la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción. Infraestructura. <http://cit.zacatecas.gob.mx/index.php/2019/07/16/conoce-los-6-tipos-de-uso-de-suelo-establecidos-en-la-oguc/>

Conanp (2023). Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. <https://www.gob.mx/conanp/documentos/areas-naturales-protegidas-278226?state=published>

Fondo para la comunicación y la educación ambiental, a.c. <https://agua.org.mx/cuanta-agua-tiene-mexico/>

García L. L. (2021) Tipos de uso de suelo y sus características. <https://www.nocnok.com/blog-inmobiliario/tipos-uso-de-suelo>

Gaytán B, L., González G, V., González G, I. (2021) Asentamientos humanos irregulares en la Zona Metropolitana de Oaxaca. La lógica de la marginación urbana.

INEGI (2020). Indicadores Sociodemográficos de México (1930-2000). Cuéntame de México. Población. <https://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/habitantes.aspx?tema=P#:~:text=%C2%BF%Cu%C3%A1nto%20aument%C3%B3%20la%20poblaci%C3%B3n%3F,en%2014%20millones%20de%20habitantes>

Informe Estado de la Población Mundial (2023). 8000 millones de vidas, infinitas posibilidades: argumentos a favor de los derechos y libertades. Fondo de Población de las naciones unidas. ONU (UNFPA-2023). Informe Perspectivas de la Población Mundial. <https://news.un.org/es/tags/informe-poblacion>

Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGEPA.pdf>

ONU-Habitat. Reporte Mundial de las Ciudades (2022): Visualizando el futuro de las ciudades. <https://onu-habitat.org/WCR/#:~:text=El%20Reporte%20Mundial%20de%20las,valiosas%20lecciones%20que%20dej%C3%B3%20la>

Ortiz, Carlos A., Cuanalo de la Cerna, H. E. (1984) Metodología del Levantamiento Fisiográfico. Centro de Edafología. Colegio de Postgraduados. 2ª Edición. Chapingo, México.

Prats M. R. (2024) El suelo comercial e industrial: Impulsores del Desarrollo Económico y Urbano del Siglo XXI. <https://es.linkedin.com/pulse/el-suelo-comercial-e-industrial-impulsores-del-y-xxi-prats-moyano-c3bof>

Reglamento de construcción y seguridad estructural para el Edo. de Oaxaca. (1998) Capítulo VII. Instalaciones hidráulicas y sanitarias. <http://cdam.unsis.edu.mx/files/Desarrollo%20Urbano%20y%20Ordenamiento%20Territorial/Reglamentacion/REGLAMENTO%20DE%20CONSTRUCCI%C3%93N%20Y%20SEGURIDAD%20ESTRUCTURAL%20PARA%20EL%20ESTADO%20DE%20OAXACA.pdf>

Tinoco, G. R. Definición y algunas aplicaciones de los Sistemas de Información Geográfica. Construcción de bases de datos geográficas. <https://plusformacion.com/Recursos/r/Definicion-Algunas-Aplicaciones-los-Sistemas-Informacion-Geografica>

Sánchez Platas, L. E. (2011) Metodología Integral para el Ordenamiento del territorio y el Desarrollo Urbano. II Congreso de Urbanismo y Ordenación del Territorio. Un nuevo modelo hará una nueva época. Editor: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. ISBN: 978-84380-0448-7. Madrid, España.

Schjetnan, M., Calvillo, J., Peniche, M. (2004) Principios del Diseño Urbano/Ambiental. Ed. Árbol. México.

CAPÍTULO 6

LA MATEMÁTICA EN LA HISTORIA DEL PENSAMIENTO ECONÓMICO: UN BREVE RECUENTO A CONSIDERAR

Data de submissão: 04/02/2026

Data de aceite: 20/02/2026

Braulio Melchor-Acevedo

Universidad Nacional de Huancavelica, Perú
<https://orcid.org/0000-0002-4098-3860>

Raúl Eleazar Arias-Sánchez

Universidad Nacional de Huancavelica
<https://orcid.org/0000-0003-4604-9507>

Ronald César Cárdenas-Arango

Universidad Nacional de Huancavelica
<https://orcid.org/0000-0001-8546-3132>

Wilfredo Paco-Huamani

Universidad Nacional de Huancavelica
<https://orcid.org/0000-0002-2073-8091>

Delfor Ángel Chávez-Solano

Universidad Nacional de Huancavelica
<https://orcid.org/0000-0002-9381-5983>

Jhonatan Cardenas-Areche

Universidad Nacional de Huancavelica
<https://orcid.org/0009-0000-0782-8247>

RESUMEN: El trabajo analiza la evolución histórica de la matematización del pensamiento económico occidental, desde sus orígenes cualitativos en la economía clásica hasta

su consolidación como disciplina formal y axiomática. Inicialmente, autores como Adam Smith y David Ricardo privilegiaron el razonamiento verbal y la aritmética básica, lo que permitió establecer conceptos fundamentales, aunque con limitaciones predictivas. En el siglo XIX, economistas como Cournot, Walras y Jevons impulsaron la incorporación sistemática de las matemáticas mediante el cálculo diferencial, la teoría del equilibrio general y la utilidad marginal, otorgando mayor rigor y generalización al análisis económico. Así también, este proceso generó debates, con críticas a la excesiva abstracción y propuestas intermedias como la de Alfred Marshall. Los resultados muestran que la matematización transformó el lenguaje, los métodos y la práctica económica, influyendo en la formulación de políticas públicas, aunque manteniendo tensiones entre formalismo y realismo empírico.

PALABRAS CLAVE: historia; economía; matemática; pensamiento económico.

MATHEMATICS IN THE HISTORY OF ECONOMIC THOUGHT: A BRIEF OVERVIEW TO CONSIDER

ABSTRACT: This paper analyzes the historical evolution of the mathematization of Western economic thought, from its qualitative origins in classical economics to its consolidation as a formal and axiomatic discipline. Initially, authors such as Adam Smith

and David Ricardo favored verbal reasoning and basic arithmetic, which allowed them to establish fundamental concepts, albeit with predictive limitations. In the 19th century, economists such as Cournot, Walras, and Jevons promoted the systematic incorporation of mathematics through differential calculus, general equilibrium theory, and marginal utility, lending greater rigor and generalizability to economic analysis. This process also generated debates, with criticisms of excessive abstraction and intermediate proposals such as that of Alfred Marshall. The results show that mathematization transformed economic language, methods, and practice, influencing the formulation of public policies, while maintaining tensions between formalism and empirical realism.

KEYWORDS: history; economics; mathematics; economic thought.

1. INTRODUCCIÓN

El pensamiento económico occidental se desarrolló inicialmente de manera cualitativa (Aguado et al., 2009). Economistas clásicos como Adam Smith y David Ricardo utilizaron razonamientos verbales y aritmética básica para analizar fenómenos de producción, comercio y distribución de la riqueza, privilegiando la descripción de tendencias y regularidades económicas sin recurrir a formalismos matemáticos complejos (Roncaglia, 2017; Méndez, 2021; Zambón & Giuliani, 2025), así, este enfoque permitió establecer conceptos fundamentales como la división del trabajo, la ventaja comparativa y la teoría del valor-trabajo, pero carecía de herramientas precisas para medir relaciones cuantitativas entre variables económicas o para construir predicciones generalizables.

A lo largo del siglo XIX, la economía comenzó a experimentar un proceso de matematización (Camino, & Fernández, 1988), impulsado por figuras como Antoine Augustin Cournot (Sandmo, 2011), Léon Walras (Walras, 1896) y William Stanley Jevons (Maas, 2005). Cournot aplicó el cálculo diferencial al estudio de mercados de duopolio y monopolio, modelando precios y cantidades como funciones continuas (Coronell, 1987). Jevons introdujo el concepto de utilidad marginal cuantificable (Mora, 2000), mientras que Walras desarrolló la teoría del equilibrio general a través de sistemas de ecuaciones simultáneas, proponiendo la ley de Walras que formaliza la consistencia de la oferta y la demanda en toda economía (Andrés & Castrillón, 2021). Este impulso estuvo motivado conferir a la economía la precisión, exactitud y formalismo de las ciencias naturales, elevando la disciplina hacia un modelo de ciencia deductiva y más axiomatizada.

Sin embargo, esta transición no fue lineal ni universalmente aceptada. La Escuela Histórica alemana y economistas como Cairnes cuestionaron la excesiva abstracción de los modelos matemáticos, señalando que reformulaban verdades ya conocidas y podían alejar el análisis de la realidad social y económica concreta (Perdices, 2006; Ravier, 2014). Alfred Marshall propuso un enfoque intermedio, utilizando las matemáticas como punto

de partida para diagramas y análisis comparativo, manteniendo la relevancia empírica y el realismo económico (Betancourt, 2023). En este sentido, este trabajo de revisión examina el proceso histórico de incorporación de las matemáticas en la economía occidental, resaltando los hitos clave y las contribuciones de los principales economistas. Se busca mostrar cómo la matematización transformó la economía de una disciplina descriptiva y cualitativa a una ciencia analítica y formal, capaz de construir modelos predictivos, influir en políticas públicas y sentar las bases para la economía moderna, incluyendo la teoría de la optimización (Pecha, 2005), el equilibrio general (Ackerman & Nadal, 2014) y la teoría de juegos (Fernández, 2018), asimismo, se discuten las tensiones entre formalismo (Franco, 2005; Escobar, 2016) y realismo (García, 2006), evidenciando que la evolución de la disciplina ha sido un equilibrio dinámico entre abstracción matemática y comprensión empírica del comportamiento económico.

2. MARCO TEÓRICO

La matematización progresiva del pensamiento económico (Tabla 1) puede rastrearse desde la *Aritmética Política* de William Petty en el siglo XVII (Roncaglia, 2017), considerado uno de los primeros economistas cuantitativos, en este sentido, el señalado, recopilaba datos sobre población, producción y comercio, aplicando operaciones aritméticas básicas para estimar ingresos nacionales y productividad, sin desarrollar abstracciones matemáticas formales, de esta forma, su enfoque buscaba proporcionar una base numérica a los análisis económicos, marcando el inicio de un pensamiento cuantitativo orientado a la medición y comparación de fenómenos sociales y económicos. Durante el siglo XIX, el enfoque matemático se profundizó con los trabajos de Antoine Augustin Cournot (Baloglou, 2012; Béraud & Numa, 2023; Vázquez, 2006; Moore, 1905; Menard, 2023), quien aplicó el cálculo diferencial al estudio de mercados de duopolio y monopolio, asimismo, modeló los precios y cantidades como funciones continuas, introduciendo conceptos de optimización y equilibrio parcial que sentaron las bases del análisis microeconómico moderno, así también, sus modelos permitieron formalizar la interacción estratégica entre competidores y evaluar cómo cambios en oferta o demanda afectan precios y producción.

Léon Walras (Monsalve, 2010; Andrés & Castrillón, 2021; Nadal, 2010; Monsalve, 1999), por su parte, desarrolló la teoría del equilibrio general mediante sistemas de ecuaciones simultáneas, proponiendo la conocida ley de Walras, según la cual la suma de los excesos de demanda en todos los mercados es cero. Este enfoque permitió analizar la economía como un sistema interdependiente de mercados, introduciendo el concepto

de consistencia global y dando origen a la noción de óptimo económico colectivo, que influiría en el desarrollo de la economía neoclásica.

William Stanley Jevons (Pintado, 2022; Perdices, 2006; Gallego, 2004) argumentó que la economía debía ser matemática porque trataba con cantidades y propuso cuantificar la utilidad marginal mediante cálculo diferencial, de esta manera, su trabajo permitió formalizar la teoría del valor basada en la utilidad, integrando el concepto de preferencias individuales en modelos matemáticos y reforzando el enfoque marginalista.

Alfred Marshall (Martínez, 2014; Shove, 1943; Becattini, 2002) adoptó un enfoque más flexible, usando las matemáticas con rigor analítico con intuición económica. Marshall advirtió que las matemáticas debían ser un medio y no un fin; una vez traducidas al lenguaje verbal y gráfico, debían conservar la relación con la realidad económica observable, integrando teoría y evidencia empírica.

Tabla 1. Economistas precursores de la matematización.

Economista	Contribución Matemática	Influencia y Relevancia
Cournot (1838)	Aplicación del cálculo diferencial al análisis de duopolio y monopolio; desarrollo de modelos de equilibrio parcial que representan precios y cantidades como funciones continuas.	Sentó las bases del análisis cuantitativo microeconómico; permitió formalizar la interacción estratégica entre competidores y medir cómo cambios en la oferta o demanda afectan el mercado, inaugurando el enfoque matemático en economía.
Walras (1874)	Formulación de la teoría del equilibrio general mediante sistemas de ecuaciones simultáneas; introducción de la Ley de Walras, según la cual la suma de los excesos de demanda es cero.	Fundador de la economía neoclásica moderna; proporcionó un marco para analizar la interdependencia de mercados y establecer condiciones de eficiencia y óptimo económico colectivo, consolidando el estudio de la economía como ciencia formal y sistémica.
Jevons (1871)	Formalización de la utilidad marginal mediante cálculo diferencial; cuantificación de las preferencias individuales y análisis de decisiones económicas.	Impulsó el marginalismo utilitario, integrando matemáticas y teoría del valor; permitió modelar cómo los agentes maximizan su satisfacción individual y sentó bases para la microeconomía moderna.
Marshall (1890)	Uso de diagramas y análisis comparativo para representar conceptos de oferta, demanda, equilibrio parcial y elasticidad; matemáticas como herramienta de “taquigrafía” más que como fin.	Síntesis equilibrada de teoría y observación empírica; facilitó la enseñanza y aplicación práctica de la economía, combinando rigor analítico con realismo económico y preparando el terreno para análisis económicos aplicados y políticas públicas.

3. RESULTADOS

El análisis histórico-teórico desarrollado en este estudio evidencia que la matematización del pensamiento económico occidental no fue un fenómeno aislado ni meramente técnico, sino un proceso acumulativo que transformó de manera estructural la forma de producir, validar y aplicar el conocimiento económico. Los resultados muestran que las contribuciones de economistas pioneros como William Petty, Antoine Augustin Cournot, Léon Walras, William Stanley Jevons y Alfred Marshall constituyeron hitos fundamentales en la transición desde un análisis descriptivo y cualitativo hacia un enfoque formal, deductivo y axiomático.

En primer lugar, se identifica que los aportes de Cournot y Walras sentaron las bases conceptuales y matemáticas para el desarrollo de teoremas fundamentales de la economía moderna. El uso del cálculo diferencial y de funciones continuas en los modelos de equilibrio parcial de Cournot permitió formalizar la toma de decisiones bajo restricciones, anticipando los principios de optimización que posteriormente serían generalizados. De manera complementaria, el enfoque de equilibrio general walrasiano introdujo la idea de interdependencia sistémica de los mercados, lo que facilitó la formulación posterior de criterios de eficiencia como el óptimo de Pareto y el análisis del equilibrio competitivo en economías complejas.

Asimismo, los resultados evidencian que la cuantificación de la utilidad marginal propuesta por Jevons y el desarrollo del marginalismo reforzaron la centralidad del individuo racional como unidad analítica básica, lo que permitió integrar las preferencias y elecciones individuales en modelos matemáticos coherentes. Este avance fue crucial para el posterior desarrollo de la teoría de juegos y del análisis estratégico, culminando en el equilibrio de Nash, el cual amplió el alcance del análisis económico hacia contextos de interacción estratégica entre agentes, empresas y Estados.

En segundo lugar, la matematización consolidó a la economía neoclásica como una disciplina axiomática, caracterizada por el uso sistemático de supuestos explícitos, funciones objetivo y restricciones formales. Este proceso habilitó el desarrollo y la aplicación de técnicas de optimización lineal y no lineal, fundamentales para el análisis de problemas de asignación de recursos, maximización del bienestar y eficiencia productiva. De igual manera, permitió la expansión de la econometría y la formalización de la macroeconomía keynesiana durante el siglo XX, fortaleciendo la capacidad predictiva y evaluativa de la disciplina.

Finalmente, los resultados muestran que, en el contexto occidental, la matematización transformó profundamente el lenguaje y la práctica profesional de la

economía. El análisis discursivo y normativo fue progresivamente sustituido –aunque no eliminado– por modelos formales utilizados en la formulación de políticas públicas, el diseño de estrategias empresariales y la evaluación de escenarios económicos. Sin embargo, este proceso también evidenció tensiones persistentes entre formalismo y realismo, ya que el énfasis en la abstracción matemática tendió a relegar dimensiones institucionales, históricas y sociales no fácilmente cuantificables.

4. DISCUSIÓN

En el siglo XX, Paul Samuelson consolidó y sistematizó los avances de la matematización de la economía mediante la aplicación rigurosa de principios de optimización y estática comparativa, particularmente en su libro *Foundations of Economic Analysis* [Fundamentos del análisis económico] (1947), así, el mencionado unificó diversas áreas del análisis económico (microeconomía, macroeconomía keynesiana y econometría) bajo un marco formal común, basado en funciones objetivo, restricciones y condiciones de equilibrio. Esta perspectiva permitió extender el uso de modelos matemáticos al análisis del comportamiento agregado, la política fiscal y monetaria, así como a la estimación empírica de relaciones económicas, fortaleciendo la economía como una disciplina axiomática y predictiva.

No obstante, a pesar de su indiscutible aporte metodológico, las críticas al formalismo matemático han persistido. Diversos autores han señalado que un uso excesivo de modelos altamente abstractos puede distanciar el análisis económico de la compleja realidad social, institucional y cultural en la que se desarrollan los fenómenos económicos (Samuelson, 1947; Varian, 1992; Mas-Colell et al., 1995). En este sentido, se cuestiona la tendencia a simplificar supuestos sobre racionalidad, información perfecta y estabilidad de preferencias, lo que limita la capacidad explicativa de los modelos frente a contextos de incertidumbre, crisis financieras y dinámicas institucionales cambiantes. Ahora bien, la evolución de la economía hacia métodos predominantemente deductivos refleja una tensión permanente entre rigor formal y relevancia empírica, si bien la matematización ha permitido avances significativos en precisión analítica y coherencia lógica, también ha relegado, en ciertos enfoques, dimensiones no fácilmente cuantificables como las instituciones, la historia, el poder y el comportamiento social, abriendo un debate aún vigente sobre los límites y alcances del uso de las matemáticas en el análisis económico contemporáneo.

5. CONCLUSIONES

El análisis desarrollado a lo largo de este trabajo permite concluir que la matematización del pensamiento económico occidental constituyó un proceso histórico progresivo, complejo y profundamente transformador, que redefinió no solo el lenguaje de la economía, sino también su estatuto epistemológico como disciplina científica. Desde los primeros enfoques cualitativos de la economía clásica hasta la consolidación de modelos formales en la economía neoclásica y contemporánea, la incorporación de herramientas matemáticas respondió a la necesidad de dotar al análisis económico de mayor precisión, coherencia lógica y capacidad de generalización. Los resultados evidencian que las contribuciones de autores como Petty, Cournot, Walras, Jevons y Marshall fueron decisivas para el tránsito desde una economía descriptiva hacia una ciencia analítica y axiomática. Así también, la formalización del comportamiento de los agentes, la interdependencia de los mercados y la optimización bajo restricciones sentaron las bases de desarrollos teóricos fundamentales como el equilibrio general, el óptimo de Pareto y, posteriormente, la teoría de juegos. Estos avances consolidaron a la economía neoclásica como el paradigma dominante en Occidente y ampliaron significativamente el alcance del análisis económico en la formulación de políticas públicas y la toma de decisiones estratégicas.

De igual modo, este proceso también estuvo acompañado de tensiones persistentes entre rigor formal y el empirismo. Tal como se ha discutido, el énfasis en la abstracción matemática, si bien fortaleció la consistencia interna de los modelos, tendió en ciertos casos a relegar dimensiones institucionales, históricas y sociales que resultan centrales para la comprensión de fenómenos económicos complejos. Las críticas formuladas desde enfoques históricos, institucionales y heterodoxos evidencian que la matematización, lejos de ser un camino lineal e incuestionable, ha generado debates metodológicos que continúan vigentes en la economía contemporánea. Finalmente, la matematización del pensamiento económico debe entenderse no como un fin en sí mismo, sino como una herramienta poderosa cuyo valor depende de su articulación con la realidad empírica y social, ya que, el equilibrio entre abstracción matemática y comprensión contextual emerge, así, como un desafío permanente para la disciplina, así, reconocer los aportes y límites de este proceso resulta fundamental para avanzar hacia una economía más reflexiva, plural y capaz de responder a los desafíos económicos del mundo actual.

REFERENCIAS

- Ackerman, F., & Nadal, A. (2014). *Ensayos críticos sobre la teoría del equilibrio general*. Siglo XXI Editores México.
- Aguado, I. Echebarria, M. & Barrutia, J. (2009). El desarrollo sostenible a lo largo de la historia del pensamiento económico. *Revista de economía mundial*, (21), 87-110. <https://www.redalyc.org/pdf/866/86611886004.pdf>
- Andrés, Á., & Castrillón, P. (2021). *Microeconomía del equilibrio general*. Universidad de la Salle.
- Baloglou, C.P. (2012). Antoine Augustin Cournot. En: Backhaus, J. (eds.) *Manual de Historia del Pensamiento Económico. La herencia europea en economía y ciencias sociales*, vol. 11. Springer, Nueva York, NY. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-8336-7_17
- Becattini, G. (2002). Alfred Marshall. Fra storia e analisi economica. *Rivista di storia economica*, 18(1), 95-110. <https://www.rivisteweb.it/doi/10.1410/7640>
- Béraud, A., & Numa, G. (2023). Antoine-Augustin Cournot and the emergence of mathematical economics. In *A History of Economic Thought in France* (pp. 78-104). Routledge. <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.4324/9780429202407-5/antoine-augustin-cournot-emergence-mathematical-economics-alain-b%C3%A9raud-guy-numa>
- Betancourt Gómez, M. E. (2023). Dimensión y método en la teoría económica contemporánea: un comparativo entre la teoría convencional y las corrientes heterodoxas. *Andamios*, 20(53), 439-460. <https://doi.org/10.29092/uacm.v20i53.1048>
- Camino, C. & Fernández, E. (1988). Orígenes y problemas teóricos de la matematización de la economía en el siglo XIX. *Revista de Historia Económica-Journal of Iberian and Latin American Economic History*, 6(2), 295-309. <https://doi.org/10.1017/S0212610900015809>
- Coronell, R. (1987). La teoría del monopolio antes de Adam Smith: una revisión. *Estudios Públicos*. 25. <https://www.estudiospublicos.cl/index.php/cep/article/view/1646/2809>
- Escobar Jiménez, C. (2016). Ethos y formalismo de la ciencia económica: el caso de la teoría de la elección racional. *Revista de filosofía*, 72, 5-24. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-43602016000100001>
- Fernández Fernández, I. (2018). *La Teoría de Juegos y su aplicación en la Economía*. [Grado en Administración y Dirección de Empresas]. Universidad de Valladolid. <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/34577>
- Franco de los Ríos, C. A. (2005). El formalismo axiomático en economía. *Cuadernos de Economía*, 24(43), 35-63. <http://www.scielo.org.co/pdf/ceco/v24n43/v24n43a3a.pdf>
- Gallego Abaroa, E. (2004). *Una investigación de las fuentes de la oferta y la demanda de trabajo en la historia del pensamiento económico*. [Memoria para optar al grado de Doctor]. Universidad Complutense de Madrid. <https://docta.ucm.es/entities/publication/e47c2f64-b04a-477e-bba3-2a7a118510a5>
- García, A. (2006). *Realismo dialéctico en la historia*. Ediciones Humanismo y Sociedad Ltda.
- Maas, H. (2005). *William Stanley Jevons and the making of modern economics*. Cambridge University Press.
- Martínez, M. (2014). Cuando Las Matemáticas Suplantán a La Economía (When Mathematics Supplants Economy). *Cuadernos Empresa y Humanismo*, (125). <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2492496>

Mas-Colell, A., Whinston, M. D., & Green, J. R. (1995). *Microeconomic Theory*. Oxford University Press.

Menard, C. (2023). Hacia la revolución marginal: El estatus fundacional de Antoine-Augustin Cournot. En: Maruyama, T. (eds.) *Revolución marginal en economía. Monografías en Economía Matemática*, vol. 6. Springer, Singapur. https://doi.org/10.1007/978-981-99-4342-5_2

Méndez Morales, J. S. (2021). *Análisis económico*. Grupo Editorial Patria.

Monsalve, S. (1999). *Introducción a los conceptos de equilibrio en economía*. Universidad Nacional de Colombia.

Monsalve, S. (2010). A cien años de la muerte de León Walras I: Sobre su obra original. *Cuadernos de economía*, 29(53), 287-319. <http://www.scielo.org.co/pdf/ceco/v29n53/v29n53a10.pdf>

Moore, H. L. (1905). Antoine-Augustin Cournot. *Revue de Métaphysique et de Morale*, 13(3), 521-543. <https://www.jstor.org/stable/40893111>

Mora, J. (2000). William Stanley Jevons: el uso de las probabilidades y el cálculo. *Estudios Gerenciales*, 16, 37-47. <http://www.scielo.org.co/pdf/eg/v16n76/v16n76a03.pdf>

Nadal, A. (2010). El concepto de mercado. *UNAM: Conceptos y fenómenos fundamentales de nuestro tiempo*. https://conceptos.sociales.unam.mx/conceptos_final/450trabajo.pdf

Pecha, A. (2005). *Optimización estática y dinámica en economía*. Universidad Nacional de Colombia.

Perdices, L. (2006). *Escuelas de pensamiento económico*. Ecobook.

Pintado González, R. (2022). *Evolución de la idea de racionalidad en la economía ortodoxa: una visión desde Xavier Zubiri*. [Máster Universitario en Filosofía Teórica y Práctica Especialidad de Lógica, Historia y Filosofía de la Ciencia]. Universidad Nacional de Educación a Distancia. <https://e-spacio.uned.es/entities/publication/06b21316-d195-4fd4-a638-4091bf1fa29a>

Ravier, A. (2014). Las Leyes Económicas en la Historia del Pensamiento Económico. *Laissez-Faire*, (40-41), 70-98. https://laissezfaire.ufm.edu/index.php?title=LF-40.7_Ravier.pdf

Roncaglia, A. (2017). *Breve historia del pensamiento económico*. Prensas de la Universidad de Zaragoza.

Samuelson, P. A. (1947). *Foundations of Economic Analysis*. Harvard University Press.

Sandmo, A. (2011). *Economics evolving*. Princeton university press

Shove, G. F. (1943). Los "Principios" de Marshall en la evolución de la teoría económica. *El Trimestre Económico*, 10(37 (1), 135-186. <https://www.jstor.org/stable/20854547?seq=1>

Varian, H. R. (1992). *Microeconomic Analysis*. W. W. Norton & Company.

Vázquez, A. (2006). Slonimsky's view on Antoine-Augustin Cournot. *The European Journal of the History of Economic Thought*, 13(4), 533-541. <https://doi.org/10.1080/09672560601025837>

Walras, L. (1896). *Études d'économie sociale:(théorie de la répartition de la richesse sociale)*. F. Rouge.

Zambón, H., & Giuliani, A. (2025). *Introducción al pensamiento económico*. EDUCO.

CAPÍTULO 7

SELECCIÓN DE UNA CÁMARA DE DESHIDRATACIÓN BASADA EN EL ANÁLISIS NUMÉRICO¹

Data de submissão: 18/02/2026

Data de aceite: 06/03/2026

José Michael Cruz García

Doctor en Ciencias en Termofluidos
Instituto Tecnológico de Apizaco
Departamento de Metal-Mecánica
Apizaco, Tlaxcala, México
<https://orcid.org/0000-0003-0372-3987>

Jorge Bedolla Hernández

Doctor en Ciencias de Ingeniería Mecánica
Instituto Tecnológico de Apizaco
Departamento de Metal-Mecánica
Apizaco, Tlaxcala, México
<https://orcid.org/0000-0003-3856-6061>

Vicente Flores Lara

Doctor en Ingeniería
Instituto Tecnológico de Apizaco
Departamento de Metal-Mecánica
Apizaco, Tlaxcala, México
<https://orcid.org/0000-0001-5029-9707>

Marcos Bedolla Hernández

Doctor en Ingeniería Mecatrónica
Instituto Tecnológico de Apizaco
Departamento de Metal-Mecánica
Apizaco, Tlaxcala, México
<https://orcid.org/0000-0001-9668-2779>

Alejandro Zacarías Santiago

Doctorado en Ingeniería Mecánica y de
Organización industrial
(Ingeniería Térmica y de fluidos)
Instituto Politécnico Nacional
SEPI ESIME Azcapotzalco
Azcapotzalco, Ciudad de México, México
<https://orcid.org/0000-0002-6427-4911>

Brian Manuel González Contreras

Doctor en Ciencias en Automatización
Tratamiento de Señales e
Ingeniería Informática
Universidad Autónoma de Tlaxcala
Facultad de Ciencias Básica
Ingeniería y Tecnología
San Luis Apizaquito, Apizaco
Tlaxcala, México
<https://orcid.org/0000-0003-1556-8435>

Jorge Aguilar Vázquez

Maestría en Ingeniería Administrativa
Instituto Tecnológico de Apizaco
Departamento de Metal- Mecánica
Apizaco, Tlaxcala, México
<https://orcid.org/0000-0002-6209-5100>

Nicolás Iván Román Roldán

Doctor en Ingeniería en Energía
Instituto de Energías Renovables
Lab. Procesamiento Solar de
Alimentos de la UNAM
Temixco, Morelos, México
<https://orcid.org/0000-0003-0148-1910>

¹ Agradecimiento al Tecnológico Nacional de México por el financiamiento para el desarrollo de este trabajo. Este trabajo es producto de la tesis de grado de maestría (Título: Propuesta de cámara de deshidratación a partir de la energía entregada por un sistema solar híbrido). Los autores no tienen conflicto de interés en la publicación.

RESUMEN: Se presenta en este trabajo el diseño, construcción y evaluación de una cámara térmica para un secador mixto tipo gabinete; con el objetivo de mejorar la distribución del flujo de aire y verificar que las condiciones termofísicas del aire sean propicias para la deshidratación. Se analizaron cuatro modelos mediante el análisis de dinámica de fluidos computacional (CFD), resultando un modelo con geometría que permite generar las características térmicas y de flujo de fluidos propias para el secado solar. El experimento se realizó en vacío, predominando un intervalo de humedad específica de 3.4 g/kg a 6.5 g/kg de aire seco. Se obtuvieron temperaturas promedio de 48.8 °C, las humedades relativas se encuentra en un rango de 7 % a 20.6 %, con entalpías promedio de 63.93 kJ/kg, con una velocidad de aire promedio de 1.28 m/s. Considerando los resultados, el modelo propuesto cumple con las características para la deshidratación.

PALABRAS CLAVE: secador solar mixto; gabinete; cámara térmica; análisis termofísico y distribución del flujo.

SELECTION OF A DEHYDRATION CHAMBER BASED ON NUMERICAL ANALYSIS

ABSTRACT: The design, construction and evaluation of a thermal chamber for a mixed cabinet-type dryer is presented in this work; with the objective of improving the distribution of air flow and verifying that the thermophysical conditions of the air are conducive to dehydration. Four models were analyzed by means of computational fluid dynamics (CFD) analysis, resulting in a model with geometry that allows the generation of thermal and fluid flow characteristics for solar drying. The experiment was carried out in vacuum, with a specific humidity range prevailing from 3.4 g / kg to 6.5 g / kg of dry air. Average temperatures of 48.8 ° C were obtained, the relative humidity is in a range of 7% to 20.6%, with average enthalpies of 63.93 kJ / kg, with an average air speed of 1.28 m / s. Considering the results, the proposed model meets the characteristics for dehydration.

KEYWORDS: mixed solar dryer; cabinet; thermal chamber; thermophysical analysis and flow distribution.

1. INTRODUCCION

El panorama de la seguridad alimentaria y nutricional en México se aborda a partir de los cuatro pilares que la componen: disponibilidad, acceso, uso de los alimentos, y estabilidad de la oferta. En el caso de productos agrícolas alimenticios su almacenamiento y transportación afectan considerablemente a los pilares antes citados por su alto contenido de humedad, hasta el 85% por kg de producto provocando la degradación del alimento por la formación de microorganismo (Grabowski et al., 2003). Existen procesos tradicionales y tecnificados para acondicionar el producto y hacerlo menos perecedero, el secado o deshidratación, que a través de procesos de transferencia de masa y energía se lleva al producto hasta el 13% de humedad por kg, (Orsat et al., 2006).

La etapa en la que mayor energía se requiere en el proceso de deshidratación es cuando se transforma el agua líquida en su vapor (2258 kJ / kg a 101.3 kPa). El agua puede estar contenida en varias formas, por ejemplo, como agua libre, agua unida al producto a deshidratar, y que se relaciona directamente con la velocidad de secado. Se le llama producto no higroscópico cuando el agua está libre del producto o la humedad puede estar ligada al producto a través de capilares cerrados y en este caso se le llama higroscópico. Esta característica es clave en el dimensionamiento y selección de la geometría de las cámaras de deshidratación para llevar a cabo procesos de secado uniforme a través del suministro sin exceso o falta de energía y masa de aire para no dar origen a la degradación del producto a deshidratar. Se han realizado diferentes investigaciones que estudian las geometrías de cámaras de deshidratación bajo diferentes condiciones de operación principalmente las climáticas consideradas como externas; ya que, desde la presión atmosférica, la intensidad de la radiación solar, humedad relativa, velocidad del viento y temperatura ambiente son parámetros fundamentales que gobiernan el proceso. Las condiciones internas también han sido consideradas en las investigaciones, como el régimen de flujo interno, distribución de las charolas que contienen el producto, tipo de producto, cantidad de producto entre otras. Ejemplo de lo anterior en la referencia (Ekechukwu, 1999), presentaron una revisión compacta de varios diseños, detalles de construcción y principios de operación de una amplia variedad de sistemas de secado solar. Donde dividieron los secadores en dos grupos: secadores por convección forzada y secadores por convección natural; dentro de cada grupo realizaron tres subdivisiones que comprenden secadores de tipo: directo, indirecto o mixto. En el trabajo de (Lartey, 1987), se diseñó y construyó dos secadores solares para alimentos que trabajan por convección natural. Los secadores se construyeron con madera y polietileno. Un secador fue de tipo

gabinete y el otro de cama fija. Las eficiencias máximas de los secadores fueron de 21% para el de tipo gabinete y de 23% para el de tipo cama fija, durante el proceso de secado de chile. El tiempo de secado, comparado con el secado en asoleaderos, se redujo en un 50% en el de tipo cama fija y en un 33% en el tipo gabinete.

Los diseños presentes en la literatura, la mayoría de ellos se han llevado a cabo utilizando el análisis de Dinámica de fluidos computacional (CFD). CFD es una rama de la mecánica de fluidos que utiliza el modelado matemático y los algoritmos de simulación numérica para examinar y resolver los problemas que comprenden el flujo de cualquier fluido. De acuerdo con (Ambesange, 2017 y Romero, 2014), el análisis de CFD es esencial ya que involucra todas las consideraciones, incluyendo temperatura, velocidad y flujo másico. El análisis CFD proporciona el resultado exacto que permite al investigador analizar el diseño óptimo y el rendimiento general del modelo. De manera materialista, el software de análisis CFD ahorra mucho tiempo y dinero que se desperdiciaría en las observaciones experimentales para la validación del rendimiento de un modelo. En el caso de la referencia (Mathioulakis et al. 1998), aplicaron un software de Dinámica de Fluidos Computacionales (CFD) llamado CHAM, para simular el movimiento del aire en 3D, en el interior de la cámara de secado de un secador de charolas de 5 toneladas. La geometría de la cámara de secado solo permitía el flujo del aire a una charola por paso. Con la simulación se determinaron los perfiles de presión y velocidad del aire, por encima del producto, los cuales indicaron que existía una mala distribución del aire de secado en el interior de la cámara de secado. Para validar los resultados de la simulación se realizaron pruebas experimentales para varias frutas. Se encontró que existían charolas en ciertas posiciones que no se lograban secar adecuadamente, los cuales coincidían con las posiciones donde la simulación indicaba que existía una mala distribución del aire de secado.

El estudio del comportamiento del aire se ha llevado a cabo por diversos investigadores. En el trabajo de (Adams y Thompson, 1985), estudiaron el comportamiento del flujo de aire en el interior de una cámara de secado de un secador tipo túnel. Ellos midieron la velocidad del aire y encontraron que existía una distribución no uniforme de las velocidades del aire de secado, el cual se redujo al colocar placas para desviar la dirección del aire. Por otra parte, (Margaris y Ghious, 2006) estudiaron la simulación numérica dentro de una cámara de secado para predecir los parámetros del flujo de aire y optimizar el diseño del secador. Un conjunto de mediciones se obtuvo experimentalmente, se usaron para validar el modelo de turbulencia más apropiado para la configuración analizada. La validación de los datos medidos y los resultados de la simulación a través de

CFD mostraron que el modelo k-ε estándar es el modelo de turbulencia más adecuado. Por otra parte, (MISHA et al., 2015), diseñó y evaluó un secador de bandejas de escala industrial para el núcleo de kenaf astillado. La simulación de CFD se usó para predecir la distribución del flujo de aire en la cámara de secado al considerar el producto como un medio poroso. Los datos experimentales y de simulación estuvieron de acuerdo. La velocidad de secado de los productos secos en cada bandeja se predijo utilizando los datos validados. El resultado muestra, que cuanto mayor es la velocidad del aire, mayor es la velocidad de secado de los productos. En el trabajo de (Sonthikun et al., 2016), diseñaron y simularon un secador de biomasa solar para el secado de caucho natural utilizando el software ANSYS Fluent. Encontraron que los resultados de la simulación están muy cerca de los valores experimentales. La simulación CFD se realizó para la distribución del flujo de aire en el secador híbrido de biomasa solar. El contenido de humedad en las láminas de caucho se había reducido a 0.34% de 34.26% en 48 h. Considerando el trabajo de (Romero et al., 2014), en donde simularon y validaron con resultados experimentales del proceso de secado de vainilla en el secador solar indirecto utilizando el software ANSYS Fluent. Investigaron la distribución de temperatura dentro del secador solar. Descubrieron que en la salida hay una similitud entre los resultados de la simulación y las observaciones experimentales, pero dentro del secador, hay una variación entre la temperatura medida y la calculada. Por otra parte, (Simá, 2009) realizó el diseño de la cámara de secado con base en una simulación aerodinámica del comportamiento de la velocidad del aire, en el interior de la cámara de secado. Inicialmente el estudio se realizó para tres geometrías de camas estáticas: horizontal, inclinado y cónico, utilizando Dinámica de Fluidos Computacionales (CFD). Con base en los resultados obtenidos, se definió el diseño de la cámara de secado, el cual incluyó la orientación de los ductos de entrada de aire, la geometría de la cámara de secado (cámara de aeración y cama de grano) y el campo de velocidades en el interior de la cama de grano.

De acuerdo con lo anterior, los deshidratadores solares son equipos utilizados para el secado de productos alimenticios. Uno de los inconvenientes de los deshidratadores es la falta de uniformidad en el contenido de humedad del producto final, siendo la geometría de la cámara de secado un factor fundamental en esta problemática. Esta investigación se centra en el diseño, construcción y evaluación de una cámara térmica para un secador mixto tipo gabinete, con el objetivo de mejorar la distribución del flujo de aire y verificar que las condiciones termofísicas del aire sean favorables para el proceso de secado.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. COMPORTAMIENTO DEL FLUJO

Para el análisis de Dinámica de fluidos computacional (CFD), en el que se busca el cálculo de diferentes campos de las propiedades del fluido de trabajo, como la velocidad, la temperatura y la presión, es esencial disponer de los modelos que rigen el comportamiento del flujo, (Romero et al., 2014).

Ecuación de conservación de masa, ec. (1):

$$\frac{d\rho}{dt} + \nabla \cdot (\rho v) = 0 \quad (1)$$

Ecuación de conservación del momento, ver ec. (2):

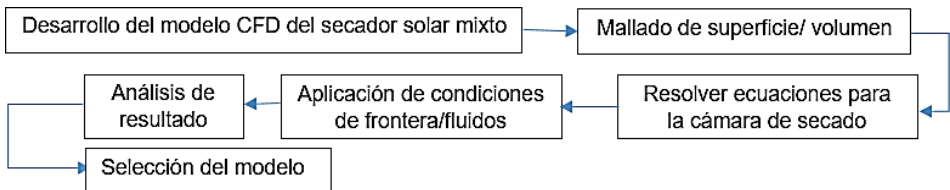
$$\frac{d\rho}{dt}(\rho v) + \nabla \cdot (\rho v v) = -\nabla p + \rho g + F \quad (2)$$

Ecuación de conservación de energía, ver ec. (3):

$$\frac{d\rho}{dt}(\rho E) + \nabla \cdot [v(\rho E + p)] = 0 \quad (3)$$

Dónde ρ : es la densidad del fluido, v es la velocidad del fluido, p es la presión estática, ρg y F : son las fuerzas gravitacionales y externas, respectivamente y E es la energía total del fluido. CFD se utiliza para determinar la velocidad y la distribución del flujo de aire dentro del secador solar mixto. De acuerdo con (Ghaffari, 2015), el proceso de simulación debe contemplar las etapas que se muestran en diagrama de la Figura 1.

Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de simulación CFD, (Ghaffari, 2015).



2.2. METODOLOGÍA

La cámara de deshidratación debe cumplir con ciertos requerimientos y consideraciones, ver Tabla 1.

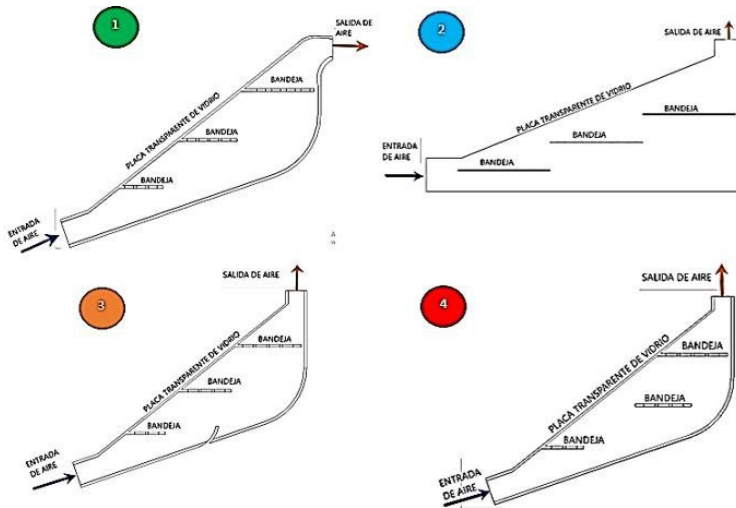
Tabla 1: Requerimientos y consideraciones para el diseño de la cámara de deshidratación.

Requerimientos	1.- Debe acoplarse a las dimensiones del sistema que alimenta de energía a la cámara, siendo de 0.1 m x 0.99 m.
	2.- Tener 3 bandejas en su interior con un ancho de 0.99 m considerando el ancho del sistema que alimentará de energía.
	3.- Tener una capacidad máxima de 9 kg.
	4.- Tener una configuración que permita el ingreso de la radiación solar.
	5.- No debe condensarse agua en lugares que interfiera con el proceso de secado.
	6.- Debe permitir la salida del aire húmedo.
	7.- El aire caliente debe distribuirse por toda el área de secado.
	8.- Debe estar construido con materiales que se encuentren en contacto directo con el producto, de bajo costo, resistentes al calor y a la corrosión, y que cumpla al mismo tiempo como aislante térmico.
	9.- La cámara de deshidratación sea ligero y fácil de transportar.
	10.- El diseño debe ser de fácil construcción.
	11.- No debe permitir la entrada de insectos, animales u otro agente contaminante dentro de la cámara de deshidratación.
Consideraciones	1.- Las características del aire que entra a la cámara de deshidratación deben ser adecuadas para el secado.
	2.- La cantidad de calor que ingresa a la cámara de deshidratación proveniente del sistema fotovoltaico térmico (FV/T) de 2 kW.
	3.- Distribución del fluido por toda el área de las bandejas.
	4.- Aprovechar la energía solar directamente a la cámara de deshidratación para el calentamiento interno.
	5.- Las dimensiones de la cámara de deshidratación, tomadas de otros trabajos, para satisfacer la cantidad del producto a deshidratar.
	6.- La temperatura del aire sea uniforme en la cámara de deshidratación.

2.2.1. Formas geométricas de la cámara de deshidratación

Se propusieron 4 formas geométricas, que tienen una configuración similar a una cámara de secado tipo gabinete, y con base a investigaciones realizadas [15] son las que mejor se aproximan a mantener el flujo de aire y energía uniforme y homogénea en el interior de la cámara con bandejas de forma escalonada, (Sankat y Rolle, 1990). La geometría de la cámara está condicionada, ya que las de tipo gabinete en la parte superior, existe una placa de vidrio que permite el paso de la radiación solar al interior de la cámara de deshidratación, además del ingreso del aire caliente que proviene del sistema de calefacción como se observa en la Figura 2.

Figura 2. Formas geométricas para la cámara de deshidratación.



2.2.2. Simulaciones CFD de las geometrías propuestas

De acuerdo a lo anterior, se presenta el análisis de CFD, para cada una de las propuestas.

Propuesta 1: En la Figura 3, se presenta la propuesta 1, donde se observa que el aire entra a una velocidad de 2 m/s, realiza su recorrido en el interior de la cámara de deshidratación cruzando las bandejas, en este instante la velocidad del aire disminuye a un rango de 0.4 a 1.8 m/s, la disminución de velocidad surge debido a que las bandejas frenan al aire en su paso, después de la bandeja 2 el frenado del fluido es más notorio y pasando la bandeja 3 el fluido es acelerado por la cercanía de la salida; por otro lado, la ubicación de la salida no permite un flujo del aire constante ya que su geometría tiene un cambio de dirección, aumentando su velocidad de forma no homogénea.

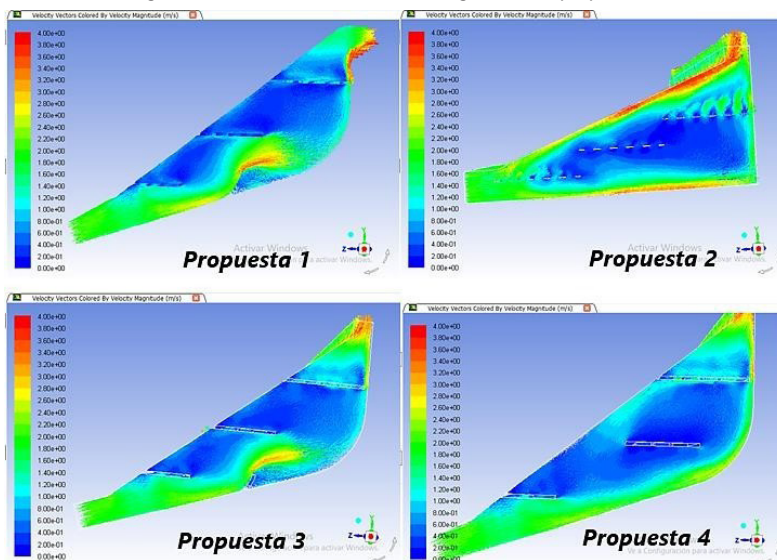
Propuesta 2: Para la simulación de la propuesta 2, Figura 3, se tiene que la velocidad de entrada del aire es de 2 m/s, realiza su recorrido donde al pasar por las bandejas disminuye su velocidad a un rango de 0.4 a 0.6 m/s, Debido a que las bandejas se encuentran distribuidas en el centro de la cámara, existen espacios donde el aire fluye libremente con valores de velocidad promedio de 1.80 m/s, el estancamiento del fluido ocurre por el frenado de las bandejas. La posición de la tercera bandeja con respecto a la salida del aire en la cámara hace que no se presente estancamiento sino aumento de velocidad hasta de 3 m/s, que en cuestiones de deshidratación sería idóneo para desalojar el aire húmedo después de deshidratar. Respecto al diseño de la cámara de deshidratación y el recorrido del aire, se aprecia que el flujo de aire no es uniforme en el

interior del secador y que hay corrientes de aire que no chocan con las bandejas el cual no son útiles para el proceso de secado, debido que el aire al ingresar a la cámara tiende a subir por la dirección que proporciona la posición de la salida.

Propuesta 3: En la Figura 3, se muestra la propuesta 3, donde las bandejas ocupan la posición en la superficie frontal de la cámara, la parte cóncava de la cámara aumenta y la salida es continua hacia la parte superior. El aire entra a una velocidad de 2 m/s, durante el recorrido que el aire realiza en el interior de la cámara, la velocidad disminuye al cruzar por las bandejas donde se obtiene un rango de velocidad de 0.6 a 1.0 m/s. Para la salida del aire, en la última bandeja existe un incremento de velocidad de 1.20 m/s, el incremento de la velocidad surge por la posición de la salida, que cumple la función de una chimenea. Respecto al diseño de la cámara, la función de deshidratación y el recorrido del aire, se aprecia que la mayor cantidad de flujo choca con la tercera bandeja, ubicada en la salida de la cámara, esto provocará un secado no homogéneo y por lo consiguiente incrementará el tiempo de secado.

Propuesta 4: Para la geometría 4, Figura 3, la concavidad de la superficie se reduce, esto hace que la distancia entre superficies, cóncava y frontal se acorten buscando mayor velocidad del flujo, la bandeja 2 se separa de la superficie hacia el centro y la salida se mantiene para actuar como chimenea. El aire entra a una velocidad de 2 m/s, realiza su recorrido en el interior de la cámara, se observa el paso del aire en las bandejas donde las velocidades están en un rango de 0.6 a 1.4 m/s, la disminución de velocidad se presenta debido que las bandejas frenan el aire en su paso. En la salida ocurre un incremento de velocidad mayor a la velocidad que ingresa el aire en la cámara de deshidratación, el valor es de 2.20 m/s, originándose en esta zona por la posición de la salida permitiendo un tiro que ayuda fluir el aire. Respecto al diseño de la cámara de deshidratación y el recorrido del aire, se aprecia que el flujo que ingresa a la cámara de deshidratación choca con las bandejas de forma homogénea y no presenta estancamiento pronunciados como en las geometrías 1 y 3 debido a que la ubicación de las bandejas permite el recorrido del aire por toda la cámara.

Figura 3. Simulaciones de CFD de las geometrías propuestas.



3. RESULTADOS

3.1. ELECCIÓN DE LA FORMA GEOMÉTRICA

La elección de la forma geométrica para el diseño de la cámara de deshidratación se realiza tomando en cuenta los resultados de las simulaciones de CFD y los requerimientos de diseño. Se genera la Tabla 2, considerando los diferentes factores donde se les asignan una ponderación para finalmente seleccionar la geometría.

Tabla 2. Evaluación de las formas geométricas.

Factores	Geometría 1	Geometría 2	Geometría 3	Geometría 4
Fácil de construir	6	9	8	8
Fácil de acoplarse a la fuente de calor	9	7	9	9
Facilidad de limpieza	8	8	8	9
Permitir el ingreso de la radiación solar	9	8.5	9	9
Permitir salida del aire húmedo	7	6	7.5	7.5
Distribución del aire por toda el área de secado	7.5	6.5	7	9
Diseño ergonómico	8	8.5	8.5	8.5
Dirección del flujo adecuado (laminar)	8.5	7	8.5	9
Total	63	60.5	65.5	69

Con base en los estudios numéricos realizados mediante CFD por (Caballero, 2008), y con el propósito de lograr la distribución de flujo en el interior de la cámara, que

su construcción sea más factible y de acuerdo con la evaluación anterior, se obtiene que la forma geométrica 4 es la adecuada.

Para verificar los resultados de la simulación de CFD. El diseño fue fabricado y evaluado bajo diferentes condiciones de operación. El experimento se realiza para analizar el comportamiento termofísico del aire en el deshidratador solar mixto con el objetivo de conocer las condiciones físicas que se generan y establecer si son apropiadas para el proceso de secado. Finalmente, se efectuaron ensayos con el sistema de deshidratación empleando la cámara propuesta, y se grafica su rango de operación a través de los parámetros incluidos en una carta psicrométrica, con respecto a los parámetros que caracterizan las condiciones climáticas, ver Figura 4. En la Figura 5, se grafica el comportamiento de la temperatura en el interior de la cámara encontrándose en un promedio de 55°C y de la temperatura ambiente, que, de acuerdo con las prácticas de deshidratación, es una temperatura apropiada para tal proceso.

Figura 4. Rango de operación de la cámara de deshidratación.

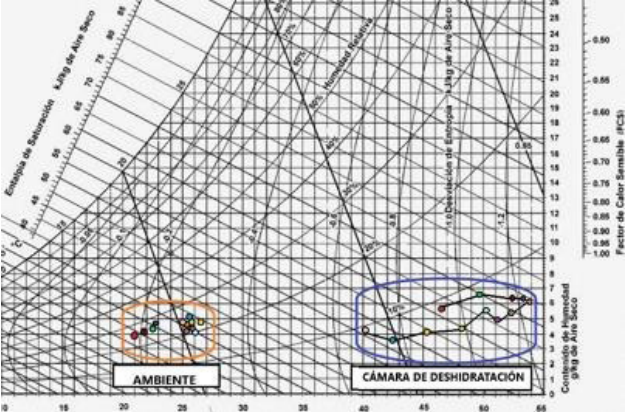
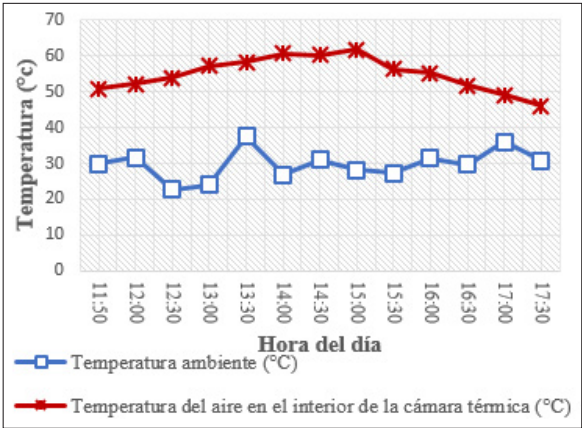


Figura 5. Comportamiento de temperatura en el interior de la cámara térmica.



La información de la Figura 4, así como, de la Figura 5 respalda el buen diseño de la cámara de deshidratación. Debido a que se hace presente el aumento de temperatura del aire durante su recorrido en el deshidratador solar mixto, con tales características del aire, como la humedad relativa y la entalpia. En el interior de la cámara térmica, se observa que la humedad relativa del aire tiene un valor inicial de 20.6%, durante las pruebas disminuye hasta un 7% en horas del mediodía, estos cambios de humedades surgen por el aumento de temperaturas del aire durante las pruebas, donde inicialmente fue de 33.3 °C alcanzando un valor máximo de 62.3 °C, de acuerdo con la radiación incidente durante el día de prueba. Con respecto a las entalpías del aire, en el interior de la cámara térmica, estas cambian a medida que cambia la humedad y la temperatura del aire. La diferencia que existe en el ambiente y en interior de la cámara térmica se observa en la Figura 4, para el aire en el ambiente se obtuvo una entalpia promedio de 35.3238 (kJ/kg) y para el aire en el interior de la cámara térmica la entalpia fue de 65.0153846 (kJ/kg). Realizando una comparación de los resultados obtenidos con los establecidos en la literatura y la experiencia en el proceso de deshidratación, las propiedades del aire en la cámara cuentan con las características necesarias para deshidratar.

4. CONCLUSIÓN

Se analizó el comportamiento del flujo de aire en el interior de la cámara de deshidratación para cuatro formas geométricas diferentes, mediante los resultados de las simulaciones de CFD, se seleccionó la geometría apropiada considerando una mejor distribución del flujo.

Se determinó que el aire al fluir en el interior del secador solar mixto incrementa su temperatura y disminuye su humedad relativa, siendo óptimo para el proceso de secado, como se muestra en la Figura 4. Comparando el aire en el ambiente y en el interior de la cámara térmica, se tiene una diferencia de temperatura promedio de 24.5 °C durante un tiempo. El análisis mostró que el aire que ingresa a la cámara térmica con una temperatura promedio 37.90 °C, aumenta su temperatura en un promedio de 10.6 °C, el incremento se da por el ingreso directo de la radiación solar a la cámara térmica, provocando el efecto invernadero.

De acuerdo con la posición de las charolas, el secador mostró la menor variabilidad en la temperatura debido a una circulación de aire eficiente. La entrada de aire y las áreas reducidas en el secador limitaron el caudal de aire en su interior y, en consecuencia, aumentó la temperatura del aire. La pérdida de calor del secador se redujo debido a una buena construcción y al uso de una cubierta de vidrio y material aislante. Por otra parte, el estudio del flujo a través del espacio indicó que para tener una distribución uniforme del

aire dentro de la cámara de deshidratación es necesario considerar la dirección del flujo, el ángulo de inclinación del sistema térmico y la posición de la salida del aire en la cámara de deshidratación.

REFERENCIAS

Adams R. L.; Thompson, J. F.; 1985. "Improving drying uniformity in concurrent flow tunnel dehydrator". Transactions of ASAE, (28), págs. 890-892.

Ambesange AI, Kusekar SK. Analysis of flow through solar dryer duct using CFD. Int J Eng Dev Res. 2017;5:534–52.

C.K. Sankat y R.A. Rolle. The performance of natural convection solar dryers for copra production. Faculty of Engineering, University of the West Indies, St. Augustine, Trinidad. Received 20 February 1990; accepted 25 October 1990.

D.P. Margaritis, and A.G. Ghiaus, Dried product quality improvement by air flow manipulation in tray dryers, Journal of Food Engineering, Vol. 75, 2006, pp. 542–550.

Efraín Simá Moo. Estudio Teórico-Experimental de un Prototipo de Secador Solar Industrial. Tesis Doctoral, CENIDET, Departamento de Ingeniería Mecánica. Cuernavaca, Morelos, México. Agosto de 2009.

Ekechukwu O. V.; Norton B.; 1999. "Review of solar-energy drying systems II: An overview of solar drying technology". Energy Conversion & Management. (40), págs. 615-655.

Filiberto Ignacio Caballero. Diseño de un secador híbrido para madera aserrada. Maestría en Cons. Y Aprov. De Recs. Nats., CIIDIR IPN Unidad Oaxaca, 18 Enero 2008.

Ghaffari A, Mehdipour R. Modeling and improving the performance of cabinet solar dryer using computational fluid dynamics. Int J Food Eng. 2015;11:157–72.

Grabowski S, Marcotte M, Ramaswamy HS (2003) Drying of fruits, vegetables, and spices. In: Handbook of Postharvest Technology: Cereals, Fruits, Vegetables, Tea, and Spices., Chakraverty A, Mujumdar AS, Raghavan GSV, Rawaswamy HS (ed), Marcel Dekker, N. York.

Lartey B. L.; 1987. "The development of solar food dryers for small-scale processors". Edited by: Bloss W. H and Pfisterer F. Advances in Solar Energy Technology. República Federal de Alemania. Vol. 3, págs. 2573-2577, Pergamon Press.

Mathioulakis E.; Karathanos V. T.; Belessiotis V. G.; 1998. "Simulation of air movement in a dryer by computational fluid dynamics: Application for the drying of fruits". Journal of Food Engineering. (36), págs. 183-200.

Orsat V, Changrue V, Raghavan GSV (2006). Microwave drying of fruits and vegetables. Stewart Post-Harvest Rev., 6: 4-9.

Romero VM, Cerezo E, Garcia MI, Sanchez MH. Simulation and validation of vanilla drying process in an indirect solar dryer prototype using CFD Fluent program. Energy Proc. 2014;57:1651–8.

Sonthikun S, Chairat P, Fardsin K, et al. Computational fluid dynamic analysis of innovative design of solar-biomass hybrid dryer: an experimental validation. Renew Energy. 2016;92:185–91. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.01.095>.

s. Misha, S. Mat, M. A. M. Rosli, M. H. Ruslan, K. Sopian, e. Salleh. Simulation of air flow distribution in a tray dryer by CFD, recent advances in renewable energy sources. Kuala Lumpur, Malaysia, 25 of April 2015.

CAPÍTULO 8

TOWARDS SELF-SUFFICIENCY: COGENERATION OPPORTUNITIES FOR THE HOTEL INDUSTRY IN PUERTO RICO

Data de submissão: 15/02/2026

Data de aceite: 03/03/2026

Luis Guzmán Ceballos, Msc.

Universidad Ana G. Mendez

Department of Mechanical Engineering

Gurabo, Puerto Rico

<https://orcid.org/0009-0001-1949-419X>

Amaury Malave Sanabria, PhD.

Universidad Ana G. Mendez

Department of Mechanical Engineering

Gurabo, Puerto Rico

<https://orcid.org/0009-0008-8886-9291>

ABSTRACT: Puerto Rico, with its significant tourism potential, positions hotels as promising business ventures and crucial contributors to the country's economy. As substantial consumers of utilities like energy, water, and gas, hotels face increasing interest in exploring sustainable alternatives, driven by current regulations promoting greenhouse gas reduction. This case study examines the consumption patterns of five hotels across different regions of the island. Based on these insights, we propose a Combined Heat and Power (CHP) system, evaluating its feasibility in terms of both requirements and economics. Our findings indicate that cogeneration system

efficiencies surpass 60% in most cases, significantly outperforming independent thermal systems. Consequently, implementing cogeneration systems in the hotel industry proves not only viable but also advantageous.

KEYWORDS: Puerto Rico; cogeneration; hotels; combine heat and power and feasibility.

1. INTRODUCTION

The hotel industry in Puerto Rico, despite the natural challenges it has faced, has been a cornerstone of the country's economy. Hurricane Maria in September 2017 was a turning point in the lives of Puerto Ricans, causing total blackouts, telecommunication failures, and suspended water services for several months. This event had a substantial impact on tourism and the hotel industry, resulting in significant economic losses. However, since the beginning of 2021, lodging revenues have increased by 20%, demonstrating remarkable resilience despite all adversities (EFE S.A., 2023).

Maria's arrival on the island completely destroyed the electrical distribution infrastructure, prompting the enactment of Law 17-2019 (U.S. Department of Energy [DOE], a). This law mandates the Puerto

Rican Government to reduce the use of fossil fuels, minimize gas emissions, and support initiatives focused on mitigation and resilience (DOE, a). All requirements of this law represent necessary steps to initiate an energy transformation seeking more efficient solutions and favoring renewable technologies.

The commercial sector in Puerto Rico, comprising hotels, restaurants, offices, among other business buildings, accounted for 47% of the energy consumption in 2018, the highest percentage of any sector in the country (Shah et al., 2021). Hotels, due to services like air conditioning, hot water, spas, saunas, pools, etc., are structures with high energy consumption. Understanding the needs of the country and the world in an energy transformation, it is imperative to reduce the energy consumption of the hotel industry.

Cogeneration is a technology for the rational use of energy, defined as the simultaneous generation of two or more forms of energy from a single source (Lee et al., 2022). This technology will be the focus of analysis within the hotel industry in Puerto Rico to explore its potential in reducing energy consumption and economic viability, thus supporting the reduction of fossil fuel usage and enhancing energy efficiency.

2. LITERATURE REVIEW

Cogeneration can be defined as the simultaneous production, in a sequential process, of mechanical and/or electrical energy and useful thermal energy (Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía, 2020). Although the beginnings of cogeneration date back to the early 1880s, it is only in the last couple of decades that these systems have gained momentum in global implementation due to the impacts of greenhouse gases generated by the burning of fossil fuels (Vourdoubas, 2021). Cogeneration processes can increase overall system efficiencies, exceeding 80%, and reduce the emission of pollutants such as NOX, SO₂, and CO₂. These factors have been decisive in positioning cogeneration as one of the best alternatives in the industry today.

The use of cogeneration in the hotel sector has been studied worldwide, demonstrating significant performance and corroborating the aforementioned benefits. In Malta, Magro & Borg (2023) studied the implementation of cogeneration systems in 3 to 5-star hotels, achieving efficiencies of 81.4% using a combined heat and power (CHP) system. Uydur & Imamoglu (2023) studied the implementation of such a system for a 3,200 m² facility in Istanbul, reaching an efficiency of 88%. In Veracruz, Mexico, the implementation of a trigeneration system (CCHP) for a hotel complex was studied, concluding that this implementation was valid and would generate economic savings due to its efficiency (Camacho Ceballos et al., 2020). Xu et al. (2023) studied the use of micro-

cogeneration with a heat pump implemented in a large-scale hotel, finding that it can reduce the annual peak energy demand by up to 37% and additionally decrease NOX, SO2, and CO2 emissions by 73.5%, 73%, and 64.8%, respectively.

3. METHODOLOGY

3.1. DATA COLLECTION

Analysing the energy, water, and gas demands of five hotels across various regions of Puerto Rico over a year is crucial for understanding their resource consumption patterns and identifying areas for potential efficiency improvements or cost savings. By utilizing billing receipts from the respective utility providers, such as LUMA for electricity, the Authority of Aqueducts and Sewers for water, and individual gas providers, this study aims to provide a comprehensive overview of resource usage trends in the hospitality sector. The synthesized information presented in tables 1 through 5 will aid in understanding the principles guiding the selection of the best technology for cogeneration purposes to maximize efficiency and reduce environmental impact.

Table 1: summary of consumption hotel 1.

Month/Year	Gallons of Propane Gas	Electricity In kW- Hours	Water Consumption in Gallons*	Occupancy Rate
may-22	1,938.20	176,864.00	938,867.29	76.00%
jun-22	2,007.20	160,283.00	772,703.10	83.00%
jul-22	2,287.30	206,237.00	890,787.98	76.00%
ago-22	1,891.40	219,986.00	951,811.72	67.00%
sep-22	2,288.90	165,894.00	851,690.53	61.00%
oct-22	1,267.20	117,040.00	957,623.50	70.00%
nov-22	1,906.80	179,520.00	811,272.21	68.00%
dic-22	2,347.20	169,400.00	1,077,557.59	74.00%
ene-23	2,132.02	153,006.00	802,554.54	77.00%
feb-23	1,487.00	130,794.00	749,984.31	86.00%
mar-23	1,786.00	160,600.00	885,504.54	89.00%
abr-23	1,561.35	144,320.00	822,367.44	86.00%

Table 2: summary of consumption hotel 2.

Month/Year	Gallons of Propane Gas	Electricity In kW- Hours	Water Consumption in Gallons*	Occupancy Rate
jun-22	1,515.20	260,700.00	1,213,870.34	73.00%
jul-22	1,736.00	267,300.00	1,073,066.66	88.00%

ago-22	1,656.00	260,040.00	826,065.84	89.00%
sep-22	1,515.20	265,320.00	784,590.84	80.00%
oct-22	1,963.40	247,632.00	668,355.16	76.00%
nov-22	1,186.80	250,668.00	567,441.46	77.00%
dic-22	1,355.20	262,680.00	649,598.95	71.00%
ene-23	1,788.50	279,840.00	1,129,335.30	64.00%
feb-23	1,328.60	251,460.00	670,204.36	66.00%
mar-23	1,702.90	262,020.00	681,035.42	83.00%
abr-23	1,399.30	280,500.00	911,393.40	77.00%
may-23	1,454.50	250,140.00	598,349.58	70.00%

Table 3: Summary of consumption hotel 3.

Month/Year	Gallons of Propane Gas	Electricity In kW-Hours	Water Consumption in Gallons*	Occupancy Rate
jun-22	977.00	123,420.00	752,890.20	92.00%
jul-22	1,314.80	133,980.00	907,430.82	96.00%
ago-22	1,148.20	147,840.00	517,248.78	88.00%
sep-22	1,115.00	145,200.00	505,625.21	74.00%
oct-22	935.60	127,380.00	529,929.03	92.00%
nov-22	980.80	121,440.00	531,249.89	80.00%
dic-22	974.30	122,100.00	508,795.27	77.00%
ene-23	1,084.70	121,440.00	635,597.83	80.00%
feb-23	894.20	102,300.00	381,200.20	72.00%
mar-23	935.60	111,540.00	546,307.70	70.00%
abr-23	957.70	125,400.00	840,859.48	69.00%
may-23	874.90	119,460.00	671,525.22	69.00%

Table 4: Summary of consumption hotel 4.

Month/Year	Gallons of Propane Gas	Electricity In kW-Hours	Water Consumption in Gallons*	Occupancy Rate
may-22	2,082.27	177,760.00	1,324,822.58	75.00%
jun-22	2,425.76	195,140.00	1,142,543.90	84.00%
jul-22	2,532.38	205,260.00	1,296,556.18	75.00%
ago-22	2,262.26	223,080.00	1,409,357.62	67.00%
sep-22	1,890.84	192,500.00	1,217,040.40	56.00%
oct-22	2,228.50	184,140.00	1,282,555.06	66.00%
nov-22	1,551.21	190,080.00	1,038,460.13	61.00%

dic-22	1,703.79	190,740.00	1,466,154.60	67.00%
ene-23	2,127.20	168,080.00	488,718.20	63.00%
feb-23	2,059.80	154,000.00	425,845.26	81.00%
mar-23	2,368.00	149,820.00	499,813.42	82.00%
abr-23	1,682.70	158,840.00	995,928.44	83.00%

Table 5: Summary of consumption hotel 5.

Month/Year	Gallons of Propane Gas	Electricity In kW-Hours	Water Consumption in Gallons*	Occupancy Rate
ago-22	1,145.00	246,180.00	783,798.32	56.20%
sep-22	911.00	296,340.00	691,602.30	57.60%
oct-22	1,234.00	306,220.00	611,558.18	85.70%
nov-22	1,075.00	312,451.00	663,071.72	84.00%
dic-22	1,213.00	315,011.00	647,749.74	84.40%
ene-23	1,119.00	326,357.00	842,708.68	85.30%
feb-23	1,067.00	313,876.00	687,111.37	90.30%
mar-23	1,240.00	314,939.00	651,976.50	91.20%
abr-23	1,279.00	278,784.00	668,090.99	90.40%
may-23	1,471.00	58,001.00	1,146,506.48	86.00%
jun-23	1,140.00	63,743.00	728,058.03	93.50%
jul-23	1,263.00	59,624.00	847,463.78	92.70%

3.2. DATA ANALYSIS

To analyse the consumption data collected and begin examining cogeneration opportunities within the sector, all the information was synthesized into graphs shown in Figures 1 and 2. These graphs allow a clear view of which sectors are consuming the most energy and gas. Understanding which sectors are utilizing the highest amount of resources provides perspective on the approach that should be taken when evaluating cogeneration potential. Once these graphs are available, factors can be defined to consider when selecting criteria to assist in evaluating the various existing cogeneration systems.

Figure 1. Average distribution of energy consumption from the five analyzed hotels.

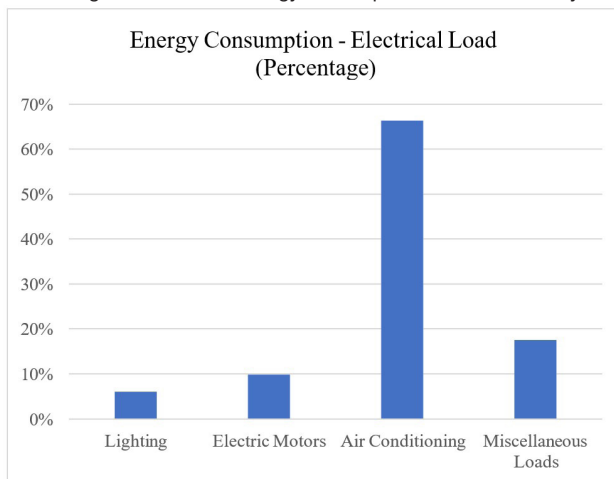
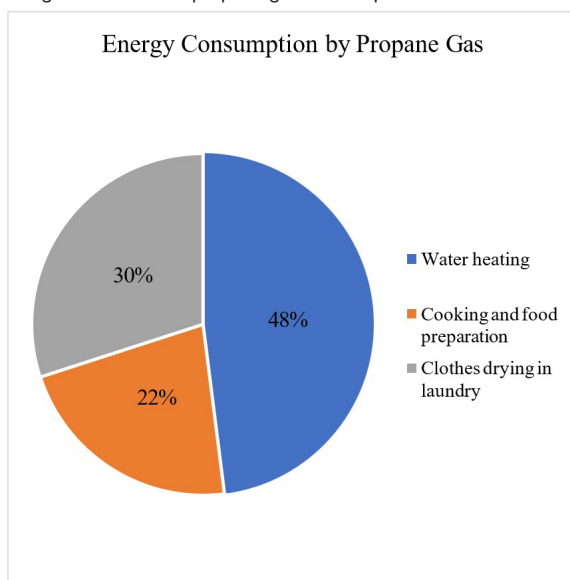


Figure 2. Average distribution of propane gas consumption from the five analyzed hotels.



3.3. TECHNOLOGY SELECTION

The following considerations were made for selecting the cogeneration technology that fits into the hotel's requirements (Pelaez-Samaniego et al., 2020):

- 1) The proposed cogeneration system must align with the current heat requirements to ensure cogeneration plants with a high capacity factor.

- 2) The selected primary mover will be capable of covering total or partial energy requirements. In the event of an energy deficit, and as long as thermal requirements are met, importing energy from the local grid (LUMA) is preferable. In case of overgeneration, excess energy will be sold to the local grid. The buying or selling of hot or cold fluids was not considered.
- 3) The yearly average of thermal energy requirements (not the peak requirement) was used to size the cogeneration plant.
- 4) Trigeration projects are viable due to high air conditioning loads. In this case, both air conditioning and/or cold fluid will be produced from the waste heat of the primary mover. The Trigeration system will primarily operate on LiBr (Lithium Bromide) absorption chillers for air conditioning.

Based on the consumption data gathered from the five hotels, we have compiled a summary of annual average consumption shown in Table 6, which will serve as the foundation for sizing the proposed systems.

Table 6: Summary of annual average consumption.

Yearly Hours	Yearly Average Energy Consumed (kWh)	Yearly Average Energy Consumed in gas (MMBTU)	Yearly Average Energy Consumption for Hot Water and Laundry (MMBTU)
8,760	2,436,232.80	1,697.63	1,324.15

4. RESULTS AND DISCUSSION

The aim of this study is to select a cogeneration system suitable for implementation in the hotel sector in Puerto Rico. Once the criteria were selected based on the collected data, the discussion of the selected system and its generation capacity is carried out as the main outcome of the study.

4.1. COMBINE HEAT AND POWER SYSTEM (CHP)

Despite the high utilization of electrical resources for air conditioning, the primary criterion is to meet heating needs. Therefore, the selected system is a combined heat and power system rather than a trigeneration system. To size this system, we will employ a reciprocating engine with a heat output sufficient to meet 78% of the annual energy requirement used by gas, as indicated in Table 6.

Table 7: Reciprocating engine performance characteristics (natural gas fuel).

Characteristic	CHP Reciprocating Engine (Stoichiometry and Gross Power) ^a							
	Rich Burn			Lean Burn				
	35 kW	100 kW	250 kW	500 kW	1 MW	2 MW	3 MW	4.5 MW
Net Power (kW) ^b	34.7	99.0	247.5	495	990	1,980	2,970	4,455
Fuel Input (MMBtu/hr, HHV) ^c	0.43	1.14	2.58	4.65	9.18	16.80	25.10	37.40
Electric Efficiency (% HHV, net power basis)	27.7%	29.7%	32.7%	36.3%	36.8%	40.2%	40.4%	40.6%
Thermal Recovery Based on 180°F Hot Water (HW)								
HW Capacity (MMBtu/hr)	0.23	0.57	1.21	1.95	3.85	6.45	9.65	14.40
HW Thermal Efficiency (% HHV)	54.0%	50.0%	47.0%	41.9%	41.9%	38.4%	38.4%	38.5%
HW Power to Heat Ratio	0.52	0.60	0.70	0.87	0.89	1.06	1.06	1.07
CHP Efficiency (% HHV) ^d	81.7%	79.7%	79.7%	78.2%	78.7%	78.6%	78.8%	79.1%
Thermal Recovery Based on Steam (125 psig sat) and Hot Water (180°F)								
Jacket Cooling HW Capacity (MMBtu/hr)	Steam recovery is less common in rich burn engines compared to lean burn engines.			1.05	2.15	3.70	5.48	8.85
Exhaust Steam Capacity (MMBtu/hr)				0.85	1.42	2.16	3.27	4.20
HW Efficiency (% HHV)				22.6%	23.4%	22.0%	21.8%	23.7%
Steam Efficiency (% HHV)				18.3%	15.5%	12.9%	13.0%	11.2%
Steam + HW Efficiency (% HHV)				40.9%	38.9%	34.9%	34.9%	34.9%
CHP Efficiency (% HHV) ^e				77.2%	75.7%	75.1%	75.3%	75.5%

Source: U.S. Department of Energy, 2023, <http://energy.gov/CHP/>

Using data from the DOE (2023) for reciprocating engines, we have selected a nominal power engine of 100 kW with a useful heat output for heating of 0.57 MMBTU/hr. Considering the continuous operation of hotels around the clock, every day of the year, this results in a total of 8,760 hours annually, yielding an available annual energy capacity of 4,993 MMBTU when the engine operates at full load.

These data are based on the use of natural gas as the engine fuel; however, in the case of Puerto Rico, which is not a natural gas-producing country and lacks reserves of this fuel, the optimal scenario would be to use propane as the primary fuel. The use of reciprocating engines as primary mover in cogeneration is highly versatile, as these engines exhibit good efficiencies even at partial loads and can burn a wide range of fuels.

Propane has a much higher calorific value than natural gas; therefore, the propane consumption of the engine would be much lower than the consumption of natural gas. We could estimate propane consumption as the ratio between the High Heating Values (HHV) of natural gas and propane multiplied by the current consumption of natural gas:

$$\begin{aligned}
 & \text{Propane Consumption} \\
 &= \frac{\text{HHV of Natural Gas}}{\text{HHV of Propane}} * \text{Natural Gas Consumption.} \quad (1)
 \end{aligned}$$

Using the HHV of natural gas as 1000 BTU/ft³ and the HHV of propane as 2,500 BTU/ft³, the estimated propane consumption would be approximately 0.46 MMBTU/hr. Considering the thermal efficiency of this engine is 50%, it would result in a useful heat output of 0.23 MMBTU/hr. Considering the same 8,760 hours per year, this equates to

around 2,014 MMBTU/year available. With these approximate calculations, we continue to meet the required thermal capacity in the hotels.

The implementation of this system will not only reduce the electrical consumption drawn from the grid but also meet thermal needs, achieving overall efficiencies in the CHP system ranging from 50% to 79.7%, which is the maximum efficiency the engine will reach when utilizing all the thermal energy output.

5. FINANCIAL CONSIDERATIONS

In order to assess the economic considerations of this project, it is crucial to consider two fundamental factors. The first involves comparing the cost of the generated energy with the purchasing cost from the grid operator. The second factor entails evaluating the project’s return on investment. To achieve this, it is essential to be acquainted with the costs associated with equipment, installation, and ongoing operation and maintenance (Provenzano, 2021).

Table 8: Reciprocating engine capital and O&M costs (typical).

Cost Element	CHP Reciprocating Engine (Stoichiometry and Gross Power)							
	Rich Burn			Lean Burn				
	35 kW	100 kW	250 kW	500 kW	1 MW	2 MW	3 MW	4.5 MW
CHP Equipment Cost (\$/kW)	\$2,250	\$1,900	\$1,700	\$1,500	\$1,300	\$1,150	\$1,050	\$900
Installation Cost (\$/kW)	\$2,000	\$1,800	\$1,750	\$1,650	\$1,500	\$1,400	\$1,300	\$1,100
Total Installed Cost (\$/kW)	\$4,250	\$3,700	\$3,450	\$3,150	\$2,800	\$2,550	\$2,350	\$2,000
Non-Fuel O&M (¢/kWh)	3.0	2.5	2.2	2.0	1.7	1.5	1.4	1.3
Total Installed Cost for SCR (\$/kW)	NA	NA	NA	\$375	\$300	\$230	\$180	\$130
O&M Costs for SCR (¢/kWh)	NA	NA	NA	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25

Source: U.S. Department of Energy, 2023, <http://energy.gov/CHP/>

Utilizing information from the DOE (2023), one can estimate all expenses related to implementing a cogeneration project in one of the studied hotels. All costs for implementation, operation, and maintenance are summarized in Table 9. Energy prices per kWh and propane prices per gallon were calculated as the annual average from billing receipts analyzed across the five hotels.

Table 9: Summary of project-associated costs.

Total Installed Cost (\$/kW)	3,700
Non-Fuel O&M (\$/kWh)	0.025
Total kW	100
Total kWh	867,240
Total Installed Cost (\$)	370,000
Total, Non-Fuel O&M (\$)	21,681
Energy Rate (\$/kWh)	0.27

Total Propane Consume (MMBTU)	4,030
Total Gallons/year of Propane	44,039
Gas Rate (\$/gal)	2.01

One of the key criteria for assessing the feasibility of energy self-generation for self-consumption instead of purchasing energy from an external operator is undoubtedly the comparison between the current purchase price from the external operator and the estimated self-consumption generation price. According to Duffy et al. (2022), to calculate the cost of energy production for self- consumption, the following Levelized cost of energy (LCOE) can be used:

$$\left(\frac{\$}{kWh} \right) = \frac{Total\ Installed\ Cost\ (\$) * (\% \text{ of Annuity}) + Total\ O\&M\ Cost + Fuel\ Cost}{Total\ Energy\ Produce\ (kWh)} \quad (2)$$

In this case, the annuity will be assumed as 5% of the total installation cost of the project, as cogeneration projects often benefit from reductions in pollutants and energy efficiency. With this annuity percentage, we obtain an energy cost of 0.15 \$/kWh, comparing this value with the current purchase cost of 0.27 \$/kWh from the grid operator is a very promising figure.

The second factor to evaluate is the simple rate of return, for which we need to calculate annual savings and compare them with installation costs. Annual savings will be calculated as the difference between energy and gas expenses before implementing the project and those after project implementation, those values are presented in Table 10 as No Cogeneration scenario (Before) and Cogeneration scenario (After).

Table 10: Annual savings implementing cogeneration.

No Cogeneration	
Total Energy Used From the Grid (kWh)	2,436,232.80
Price (\$/kWh)	0.27
Total Price of Energy (\$)	657,782.86
Total Gas Used (gal)	18,553.33
Price (\$/gal)	2.01
Total Price of Gas (\$)	37,292.20
Sum of Energy and Gas (\$)	695,075.06
Cogeneration	
Total Energy Used From the Grid (kWh)	1,568,992.80

Price (\$/kWh)	0.27
Total Energy Produced (kWh)	867,240.00
Price (\$/kWh)	0.15
Total Price of Energy (\$)	552,328.14
Total Gas Used (gal)	48,121
Price (\$/gal)	2.01
Total Price of Gas (\$)	96,723.37
Sum of Energy and Gas (\$)	649,051.50
Annual Estimated Savings (\$)	46,023.55

$$\text{Simple Payback} = \frac{\text{Total Installation Cost (\$)}}{\text{Annual Estimated Savings (\$)}} \quad (3)$$

Using the total installation cost of \$370,000 and the calculated savings, we arrive at a simple payback of 8.04 years. In comparison with the cost of energy production, this payback value is unattractive for project implementation if the capital expenditure is provided by the hotels. Since the implementation of CHP strategies will indeed reduce the cost of energy alternatives can be explored thru Power Purchasing Agreements with third parties where the third party will produce and sell the energy and heat to the hotel at lower prices than the utility for a fixed period. This type of arrangement has been the basis for the proliferation of CHP in Puerto Rico and the hotel industry can benefit from this alternative (DOE, b).

6. CONCLUSIONS AND FUTURE WORK

Cogeneration projects continue to be part of studies and implementations worldwide. The potential for cogeneration in hotels is feasible due to their consumption profiles (Ma et al., 2023). It is of great interest to explore the future use of Combined Cooling, Heat, and Power (CCHP) systems where the output of the reciprocating engine reaches an absorption chiller, thus significantly reducing energy expenses.

In this studied case, the use of a reciprocating engine was analyzed to meet thermal needs, primarily to increase system efficiency, ranging from 50% to 79.7%, depending on the amount of heat output used to heat water. Due to fuel availability, propane was proposed as the primary resource for the engine. The cost of generating energy is competitive with current prices from the grid operator (0.15 \$/kWh compared to 0.27 \$/kWh). However, the simple payback is not as promising, therefore it uses should be thru third-party power purchasing agreements (PPA).

REFERENCES

- Camacho Ceballos, M. A., Del Ángel Ramos, J. A., Arenas Del Ángel, J. L., Marín Hernández, Juan José, & Rivera Peña, Y. (2020). The use of exergetic skills to design a trigeneration system (CCHP) in a hotel complex in xalapa, veracruz. Paper presented at the 2020 *IEEE International Conference on Engineering Veracruz (ICEV)*, 1-4. <https://doi.org/10.1109/ICEV50249.2020.9289663>
- Duffy, P., Zuckerman, G. R., Williams, T., Key, A., Martínez Tossas, L. A. &, Roberts, O., Choquette, N., Yang, J., Sky, H., & Blair, N. (2022). *Wind energy costs in puerto rico through 2035*. <https://doi.org/10.2172/1891213>
- EFE S.A. (2023, Aug 22). Puerto rico sobrepasa en un 24 % los ingresos en hospederías frente a datos de 2021 y 2022. <https://www.swissinfo.ch/spa/puerto-rico-sobrepasa-en-un-24-los-ingresos-en-hospeder%C3%ADas-frente-a-datos-de-2021-y-2022/48753614>
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía. (2020). *Cogeneración*. <https://www.idae.es/tecnologias/eficiencia-energetica/transformacion-de-la-energia/cogeneracion>
- Lee, W. K. H., Man, S. S., & Chan, A. H. S. (2022). Cogeneration system acceptance in the hotel industry: A qualitative study. *Journal of Hospitality and Tourism Management*, 51, 339–345. <https://doi.org/10.1016/j.jhtm.2022.04.004>
- Ma, H., Sun, Q., Chen, L., Chen, Q., Zhao, T., He, K., Xu, F., Min, Y., Wang, S., & Zhou, G. (2023). Cogeneration transition for energy system decarbonization: From basic to flexible and complementary multi-energy sources. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 187, 113709. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113709>
- Magro, B., & Borg, S. P. (2023). A feasibility study on CHP systems for hotels in the maltese islands: A comparative analysis based on hotels' star rating. *Sustainability*, 15(2), 1337.
- Pelaez-Samaniego, M. R., Espinoza, J. L., Jara-Alvear, J., Arias-Reyes, P., Maldonado-Arias, F., Recalde-Galindo, P., Rosero, P., & Garcia-Perez, T. (2020). Potential and impacts of cogeneration in tropical climate countries: Ecuador as a case study. *Energies*, 13(20), 5254.
- Provenzano, M. (2021). *Analysis of the energy consumption in the hotel sector and feasibility study for the installation of SOFC-based cogeneration systems* (Master of Science).
- Shah, M., Elsworth, J., Joshi, P., Castillo, R., & Kiatreungwattana, K. (2021). Puerto rico energy efficiency scenario analysis tool (PREESAT). *National Renewable Energy Lab. (NREL), Golden, CO (United States)*, <https://doi.org/https://doi.org/10.2172/1819282>
- U.S. Department of Energy. (2023). *Combined heat and power technology fact sheet series: Reciprocating engines*.
- U.S. Department of Energy. (a). *Recuperación y modernización de la red eléctrica de Puerto Rico*. <https://www.energy.gov/gdo/recuperacion-y-modernizacion-de-la-red-electrica-de-puerto-rico>
- U.S. Department of Energy. (b). *The state of CHP: Puerto Rico*. <https://betterbuildingssolutioncenter.energy.gov/sites/default/files/tools/Puerto%20Rico.pdf>
- Uydur, D. F., & Imamoglu, B. (2023). Transformation of a touristic facility to cogeneration system and thermoeconomic analysis. *Available at SSRN 4663243*.
- Vourdoubas, J. (2021). Use of distributed electricity generation technologies in hotels. *International Journal of Global Sustainability*, 5(1) <https://doi.org/10.5296/ijgs.v5i1.18522>
- Xu, T., Wang, X., Wang, Y., Li, Y., Xie, H., Yang, H., Wei, X., Gao, W., Lin, Y., & Shi, C. (2023). Integration of sewage source heat pump and micro- cogeneration system based on domestic hot water demand characteristics: A feasibility study and economic analysis. *Process Safety and Environmental Protection*, 179, 796-811. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2023.09.053>

CAPÍTULO 9

LA ADSORCIÓN COMO TECNOLOGÍA PREDOMINANTE PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA¹

Data de submissão: 06/03/2026

Data de aceite: 19/03/2026

Walter Manuel Hoyos Alayo

Universidad Tecnológica del Perú

Departamento de Investigación

Chiclayo – Lambayeque – Perú

<https://orcid.org/0000-0002-8683-1635>

RESUMEN: El tratamiento de aguas residuales industriales es un problema ambiental crítico debido al aumento de contaminantes químicos y biológicos generados por la creciente industrialización, lo que ha derivado en la necesidad urgente de soluciones eficientes. El presente artículo tiene como objetivo analizar críticamente la adsorción como una tecnología predominante en el tratamiento de estos efluentes, evaluando su efectividad, sostenibilidad y viabilidad frente a los métodos convencionales. La investigación se llevó a cabo a través de una revisión sistemática de la literatura científica, utilizando la base de datos Scopus, aplicando la metodología PICOC y el método PRISMA para seleccionar estudios relevantes publicados entre 2017 y 2024. Los

principales resultados indican que la adsorción es altamente eficiente para eliminar diversos contaminantes, incluidos metales pesados, colorantes y compuestos orgánicos, con eficiencias de hasta el 100% en algunos casos, siendo los adsorbentes más efectivos el carbón activado, las zeolitas y los biosorbentes. Las conclusiones señalan que la adsorción es una tecnología versátil y operativamente sencilla, lo que la hace atractiva para industrias con recursos limitados; sin embargo, enfrenta desafíos como el costo de los adsorbentes y la necesidad de regeneración, lo que impulsa la investigación hacia el desarrollo de materiales más eficientes y sostenibles.

PALABRAS CLAVE: adsorción; bioadsorbente; aguas residuales industriales; remoción contaminantes; sostenibilidad en el tratamiento de aguas.

ADSORPTION AS A PREDOMINANT TECHNOLOGY FOR INDUSTRIAL WASTEWATER TREATMENT: A SYSTEMATIC REVIEW

ABSTRACT: The treatment of industrial wastewater is a critical environmental problem due to the increase of chemical and biological pollutants generated by growing industrialisation, which has led to an urgent need for efficient solutions. This article aims to critically analyse adsorption as a predominant technology in the treatment of these effluents, evaluating its effectiveness, sustainability and

¹ 23rd LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: "Engineering, Artificial Intelligence, and Sustainable Technologies in service of society". Hybrid Event, Mexico City, July 16 - 18, 2025.

feasibility compared to conventional methods. The research was carried out through a systematic review of the scientific literature, using the Scopus database, applying the PICOC methodology and the PRISMA method to select relevant studies published between 2017 and 2024. The main results indicate that adsorption is highly efficient in removing various pollutants, including heavy metals, dyes and organic compounds, with efficiencies of up to 100% in some cases, the most effective adsorbents being activated carbon, zeolites and biosorbents. The findings indicate that adsorption is a versatile and operationally simple technology, which makes it attractive for resource-constrained industries; however, it faces challenges such as the cost of adsorbents and the need for regeneration, which drives research towards the development of more efficient and sustainable materials.

KEYWORDS: adsorption; bioadsorbent; industrial wastewater; pollutant removal; sustainability in water treatment.

1. INTRODUCCIÓN

El tratamiento de aguas residuales industriales representa uno de los mayores desafíos ambientales de la actualidad (Ahmaruzzaman et al., 2023); la creciente industrialización ha resultado en un aumento significativo de los efluentes industriales, que contienen una amplia gama de contaminantes químicos y biológicos (Saleh, 2024); por ello, la disposición inadecuada de estas aguas residuales puede causar serios problemas de salud pública y daños irreparables al medio ambiente (Y. Wang et al., 2021). En este contexto, la adsorción ha emergido como una tecnología predominante y efectiva para la remoción de contaminantes de las aguas residuales industriales (Moges et al., 2022); este proceso, se basa en la capacidad de ciertos materiales para retener contaminantes en sus superficies (Persano et al., 2024), ofreciendo una solución prometedora debido a su alta eficiencia y adaptabilidad a diferentes tipos de contaminantes (Lin et al., 2023).

A pesar de los avances tecnológicos en el tratamiento de aguas residuales, muchos métodos tradicionales presentan limitaciones significativas en términos de costo, eficiencia y sostenibilidad (Yan et al., 2021); por ello, los tratamientos convencionales, como la coagulación-floculación, la precipitación química y la filtración, a menudo no logran eliminar completamente ciertos contaminantes, como los metales pesados (Gahrouei et al., 2024), los compuestos orgánicos persistentes y los colorantes industriales (Ashraf et al., 2024); estos residuos no solo representan un riesgo para la salud humana y el medio ambiente, sino que también pueden dificultar el cumplimiento de las normativas ambientales cada vez más estrictas (Solanki et al., 2023). La persistencia de estos contaminantes en los cuerpos de agua puede provocar efectos adversos a largo plazo (Elshabrawy et al., 2023, incluyendo la bioacumulación en la cadena alimentaria (Gupta et al., 2022) y la degradación de los ecosistemas acuáticos (Dakhly et al., 2024).

Así mismo, los métodos tradicionales de tratamiento de aguas residuales industriales suelen requerir inversiones significativas en infraestructura y mantenimiento (Galloni et al., 2022), lo que puede ser prohibitivo para muchas industrias, especialmente en regiones en desarrollo (Paredes-Quevedo et al., 2021); además, la ineficiencia de estos métodos en términos de remoción de contaminantes específicos y la generación de subproductos secundarios que también requieren tratamiento adicional son problemas críticos que necesitan ser abordados (Roy, 2022); por lo tanto, es crucial identificar y optimizar tecnologías de tratamiento más eficaces, sostenibles y económicamente viables (Lv et al., 2024). En ese sentido, la adsorción, con su capacidad para eliminar una amplia variedad de contaminantes, se presenta como una alternativa viable que puede superar las limitaciones de los métodos convencionales y otras tecnologías (Saini et al., 2024).

La adsorción es una tecnología versátil que puede ser aplicada a diferentes tipos de aguas residuales industriales, ofreciendo una solución adaptable a los desafíos específicos de cada industria (Medeiros et al., 2022); a su vez, el desarrollo de nuevos materiales adsorbentes y la optimización de los existentes pueden mejorar significativamente la eficiencia del tratamiento (Haider et al., 2024); en ese sentido, materiales como el carbón activado, las zeolitas y los materiales nanoestructurados han demostrado una alta capacidad de adsorción para diversos contaminantes, lo que subraya el potencial de esta tecnología para abordar problemas de contaminación complejos y variados (Teow et al., 2019); (Melaibari et al., 2023); (Saleh, 2024).

Además, la adsorción es una tecnología relativamente simple que puede ser implementada con menores costos operativos en comparación con otras tecnologías avanzadas (Solanki et al., 2023), como la oxidación avanzada y la membrana de filtración (Nguyen et al., 2022); esta simplicidad operativa hace que la adsorción sea una opción atractiva para las industrias en regiones donde los recursos técnicos y financieros son limitados (Singh et al., 2022).

Este manuscrito describe, en primer lugar, la metodología utilizada para realizar la revisión sistemática, incluyendo las estrategias de búsqueda, los criterios de inclusión y exclusión, y el proceso de selección de artículos. Así también, se presenta una revisión de la literatura sobre la tecnología de adsorción y su aplicación en el tratamiento de aguas residuales industriales; en esta sección incluye una descripción detallada de los principios de la adsorción, los tipos de adsorbentes utilizados y los factores que influyen en la eficiencia del proceso. Posteriormente, se presentan y discuten los resultados obtenidos, destacando los hallazgos más relevantes sobre la eficiencia de diferentes adsorbentes y las condiciones óptimas para su uso. Finalmente, se ofrecen conclusiones y recomendaciones para futuras investigaciones en este campo.

En este contexto, se tiene por objetivo explorar y analizar críticamente la adsorción como tecnología predominante en el tratamiento de aguas residuales industriales, buscando proporcionar una visión exhaustiva de los avances más recientes en este campo, evaluando la eficiencia, sostenibilidad y viabilidad de diversas metodologías innovadoras. Asimismo, se pretende identificar las fortalezas y limitaciones, destacando su potencial para superar los desafíos actuales. Para alcanzar estos objetivos, se investigará la evolución de las publicaciones científicas a lo largo de los años, se identificarán los países con mayor cantidad de publicaciones y las áreas de investigación asociadas al tema; además, se analizarán las instituciones que contribuyen al desarrollo de estas tecnologías emergentes, así como la co-ocurrencia y evolución de palabras clave relevantes en la literatura.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA Y SELECCIÓN DE ARTÍCULOS

Se optó por un conjunto de palabras clave para cada elemento de la pregunta PICOC, aplicando el operador boleano (OR), ver Tabla I. Estos términos clave, estructurados en una fórmula de búsqueda, nos permitieron una exploración bibliográfica lógica en SCOPUS. Los estudios obtenidos como resultado de esta ecuación de búsqueda se revisaron y seleccionaron a partir de los siguientes criterios detallados en la Tabla II. Esto permitió la recuperación de 334 publicaciones científicas de Scopus (n = 334), los cuales fueron sometidos a un proceso de selección siguiendo los protocolos establecidos por PRISMA, ver Fig. 1, quedándose con 56 artículos. La representación gráfica y visualización de las redes bibliométricas de los datos obtenidos, se usó el software VOSviewer versión 1.6.20.

2.2. ECUACIÓN FINAL DE BÚSQUEDA

Realizadas las interacciones de búsqueda, se obtuvo la siguiente ecuación: (TITLE-ABS-KEY (contamination OR pollution OR “Water Contamination” OR “water pollution”) AND TITLE-ABS-KEY (“adsorption of pollutants” OR “adsorption of contaminants” OR “pollutant adsorption” OR “contaminant adsorption” OR adsorption) AND TITLE-ABS-KEY (“Efficiency of adsorbent materials” OR “Efficiency of adsorbents” OR “Adsorbent materials efficiency” OR “adsorbent materials” OR adsorbents) AND TITLE-ABS-KEY (“Physicochemical pollutant parameters” OR “Physicochemical parameters pollutants” OR “Physicochemical polluting parameters” OR “Physicochemical parameters

contaminants” OR “Pollutant parameters” OR “Contaminant parameters” OR “Polluting parameters” OR “contaminating parameters” OR pollutants OR contaminants) AND TITLE-ABS-KEY (“Industrial wastewater” OR “Industrial waste water”)) AND PUBYEAR > 2016 AND PUBYEAR < 2025 AND (LIMIT-TO (DOCTYPE , “ar”)) AND (LIMIT-TO (PUBSTAGE , “final”)) AND (LIMIT-TO (OA , “all”)).

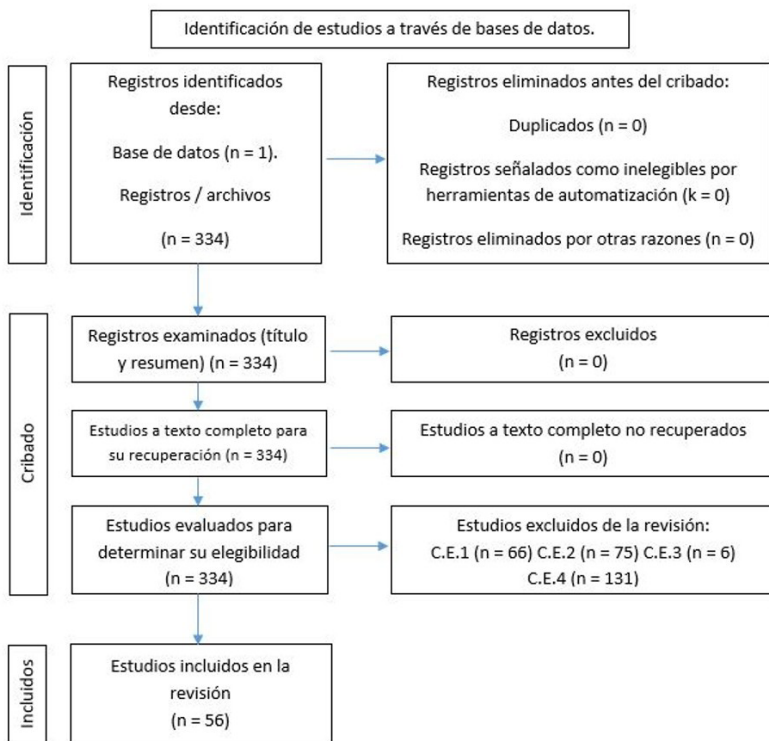
Tabla I. Palabras clave seleccionadas y sintaxis de búsqueda.

Componente	Descripción	Palabras Clave	Sintaxis de búsqueda
Problema	Contaminación del agua	Water Contaminationwater pollution.	Contamination OR Pollution OR “Water Contamination” OR “water pollution”
Intervención	Adsorción de contaminantes	Contaminant adsorption	“Contaminant adsorption” OR adsorption
Comparación	Eficiencia de los materiales adsorbentes	Adsorbent materials efficiency	“Adsorbent materials efficiency” OR “adsorbent materials” OR adsorbents
Resultado	Reducción de parámetros fisicoquímicos contaminantes.	Physicochemical polluting parameters.	“contaminating parameters” OR pollutants OR contaminants
Contexto	Aguas residuales Industriales.	Industrial wastewater.	“Industrial wastewater” OR “Industrial waste water”

Tabla II. Criterios de inclusión y exclusión para la búsqueda de literatura científica relevante.

Criterios de Inclusión	Criterios de Exclusión
C.I.1. Los estudios deben abordar el tratamiento de aguas residuales industriales.	C.E.1. Artículos publicados anteriores a 2017 y posteriores al 2024.
C.I.2. Los estudios deben detallar las eficiencias de las tecnologías aplicadas.	C.E.2. Tipo de publicación no corresponde a artículo.
C.I.3. Los estudios deben reportar resultados para cada parámetro contaminante.	C.E.3. Estado o etapa de publicación distinta a final.
	C.E.4. Artículos que no permitan un acceso libre.

Fig. 1. Resultados de las etapas del proceso de selección bibliográfica.



3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. ¿CUÁL ES EL PAPEL FUNDAMENTAL DE LA ADSORCIÓN COMO TECNOLOGÍA PREDOMINANTE PARA ABORDAR LOS DESAFÍOS DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES?

La adsorción se ha consolidado como una tecnología clave en el tratamiento de aguas residuales industriales debido a su alta eficiencia en la eliminación de contaminantes (S. Wang et al., 2023); este proceso implica la adhesión de moléculas de soluto en una fase líquida a la superficie de un material sólido adsorbente, formando una capa de moléculas en su superficie (Myers et al., 2018), por esta razón, esta técnica es particularmente eficaz para eliminar contaminantes orgánicos e inorgánicos (Adel et al., 2023), incluidos metales pesados (Cheng et al., 2023), colorantes (Alfei et al., 2023), fenoles (RanguMagar et al., 2019) y compuestos orgánicos persistentes (Okonji et al., 2021); asimismo, la simplicidad operativa (H. Li et al., 2023), la capacidad de tratar grandes volúmenes de agua (Chung et al., 2022) y la adaptabilidad a diferentes tipos de contaminantes hacen que la adsorción sea una opción predominante en el tratamiento de aguas residuales industriales (Han et al., 2019).

3.2. ¿CUÁLES SON LOS FACTORES QUE AFECTAN LA ADSORCIÓN?

Varios factores influyen en la eficiencia del proceso de adsorción, incluyendo: (1) Naturaleza del adsorbente, la estructura porosa, el área superficial específica y la química de la superficie del adsorbente son determinantes críticos (Egbosiuba et al., 2021); en ese sentido, materiales como el carbón activado, zeolitas y biosorbentes muestran diferentes capacidades de adsorción dependiendo de sus propiedades físicas como densidad de microporos (S. Wang et al., 2023) y área superficial de los sitios activos (Koottatep et al., 2017), y químicas como hidrofobicidad e hidrofiliidad de los grupos funcionales en la superficie (Cheng et al., 2023), capacidad de intercambio iónico (Kumar et al., 2018) y pH de punto de carga cero (pHpzc) (Aguilar et al., 2020). (2) Características del adsorbato, la solubilidad, polaridad, tamaño molecular y concentración inicial del contaminante en el agua afectan significativamente la adsorción (Martín-Lara et al., 2020); (Okonji et al., 2021). (3) pH del medio, influye en la ionización de los contaminantes y la carga de la superficie del adsorbente, afectando la interacción entre adsorbente y adsorbato (Mancilla et al., 2023); (Cheng et al., 2023). (4) Temperatura, la adsorción generalmente es un proceso exotérmico (Bhaumik et al., 2021); por lo tanto, un aumento en la temperatura puede disminuir la capacidad de adsorción (Elsayed et al., 2020). (5) Tiempo de contacto; un tiempo de contacto adecuado permite que el equilibrio de adsorción se alcance, mejorando la eficiencia del proceso (Ilyas et al., 2021); (M'sakni & Alsufyani, 2021). (6) Presencia de otros contaminantes; la presencia de múltiples contaminantes puede generar competencia por los sitios de adsorción, afectando la capacidad total del adsorbente (B. Wang et al., 2023).

3.3. ¿QUÉ VENTAJAS Y DESVENTAJAS MUESTRAN LAS TECNOLOGÍAS EMERGENTES?

La adsorción se destaca como una de las tecnologías más eficientes para la remoción de parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales industriales, como se detalla en la Tabla III; esta tabla presenta un análisis comparativo de las eficiencias de diversos métodos de tratamiento, subrayando la capacidad superior de la adsorción, especialmente mediante el uso de materiales como carbón activado, zeolitas y biosorbentes, los cuales pueden alcanzar eficiencias de remoción de hasta el 100% para ciertos contaminantes (Emiliani et al., 2020; García-Valero et al., 2020; Q. Li et al., 2023; Umar et al., 2023); en comparación, tecnologías tradicionales como la coagulación-floculación y la filtración muestran limitaciones significativas en la eliminación de metales pesados y compuestos orgánicos persistentes (Kamali et al., 2019; Razzak et al., 2022)

(Alkhudhiri et al., 2020; Nippatlapalli & Philip, 2020; Smolyanichenko & Yakovleva, 2022); además, la versatilidad de la adsorción para adaptarse a diferentes matrices de aguas residuales industriales, junto con sus menores costos operativos, la convierte en una opción altamente atractiva para industrias con restricciones económicas (Ilyas et al., 2021; Montoya-Bautista et al., 2021; Yfantis et al., 2022); sin embargo, persisten desafíos importantes, como la necesidad de regenerar los adsorbentes y los costos asociados a su adquisición, los cuales limitan el aprovechamiento pleno de esta tecnología (Abdelbasir & Khalek, 2022a; Egbosiuba et al., 2021; Ilyas et al., 2021; Opafola et al., 2021); por lo tanto, aunque la adsorción se posiciona como una solución viable y sostenible en el tratamiento de aguas residuales, es fundamental implementar un enfoque equilibrado que contemple tanto sus fortalezas como sus limitaciones (Czarnecki et al., 2024; Hernández-Chover et al., 2024; Zeng et al., 2022).

El tratamiento de aguas residuales industriales, por su parte, continúa siendo un desafío crítico debido a su complejidad fisicoquímica y microbiológica, lo que exige la búsqueda constante de soluciones sostenibles para preservar el medio ambiente y proteger la salud pública (Wilschnack et al., 2024); asimismo, a pesar de los avances tecnológicos, muchas estrategias enfrentan dificultades para lograr niveles óptimos de eficiencia y, al mismo tiempo, mantener costos operativos bajos (Witt et al., 2024), (Singla et al., 2023); por ello, se requiere el desarrollo de alternativas más efectivas y rentables que permitan abordar la variabilidad intrínseca de este tipo de efluentes industriales (Yu et al., 2021), (Khilji et al., 2022), garantizando así una gestión ambientalmente responsable y económicamente factible.

3.4. ¿QUÉ VENTAJAS Y DESVENTAJAS TIENE LA APLICACIÓN DE LA ADSORCIÓN?

La adsorción ofrece varias ventajas en el tratamiento de aguas residuales: (1) Alta eficiencia y selectividad; capacidad de remover una amplia gama de contaminantes con alta eficacia (B. Wang et al., 2023); (Alfei et al., 2023). (2) Simplicidad operativa; no requiere infraestructura compleja ni procesos químicos intensivos (H. Li et al., 2023)t. (3) Flexibilidad para adaptarse a diferentes escalas de tratamiento y tipos de contaminantes (Irshad et al., 2023) ; (Alfei et al., 2023).

Sin embargo, también presenta desventajas que deben considerarse: (1) Costo, el uso de adsorbentes comerciales como el carbón activado puede ser costoso, especialmente para grandes volúmenes de agua (Ilyas et al., 2021); (Martín-Lara et al., 2020). (2) Generación de residuos; la necesidad de disponer o regenerar adsorbentes saturados puede crear desafíos adicionales (Elsayed et al., 2020); (Das et al., 2019). (3)

Capacidade limitada, em alguns casos, a capacidade de adsorção pode ser insuficiente para contaminantes altamente concentrados ou em presença de múltiplos contaminantes (Chung et al., 2022).

TABLA III. Descripción de las eficiencias de remoción para distintas sustancias contaminantes.

Autor	Tipo de Adsorbente	Contaminante	Eficiencia
(S. Wang et al., 2023)	Carbón poroso derivado de citrato de potasio.	Colorante azoico Rojo Congo (CR)	652,3 mg/g
(Mancilla et al., 2023)	Hojas de <i>Sambucus nigra</i> L.	Cr(VI)	98,22%
(Adel et al., 2023)	Poliestireno con nanoparticulas de hidróxido de cobalto.	Azul de metileno (MB)	75,2 mg/g
		Fe(III)	112,3 mg/g
(Abed & Belattar, 2023)	Harina de cáscara granada roja.	Cr(VI)	413,22 mg/g
(Cheng et al., 2023)	Lignito biotransformado.	Cu(II)	71,47 mg/g
(Lin et al., 2023)	Mg(OH) ₂ con una estructura similar a una pila porosa y monodispersa.	As(V)	100%
(Chong et al., 2023)	Biosorbentes derivados de desechos agrícolas.	Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs)	92%
(Alfei et al., 2023)	Resinas catiónicas de 4-amonio metilo y estireno.	Naranja de metilo (MO)	100%
		Fluoresceína	100%
(B. Wang et al., 2023)	Microesferas de polisilsesquioxanos bifuncionales.	Hg(II)	100%
		Ag(I)	100%
(H. Li et al., 2023)	Material compuesto derivado de un líquido iónico y un marco orgánico metálico, [BMIM][PF6]/ZIF-8 (BP/Z).	CR	1463 mg/g
(Irshad et al., 2023)	Carbón activado de cáscara de aguacate.	DQO	100%
(Athari et al., 2022)	Marco orgánico metálico UiO-66 y nanocompuestos con materiales carbonosos como MWCNTs-COOH.	Rojo de metilo	98%
		MO	98%
(Galloni et al., 2022)	Loofah modificado con polianilina y esponja de loofah.	Rodamina B (RB)	81%
(Chen et al., 2022)	Biochar basados en estiércol de vaca	RB	1241 mg/g
		Clorhidrato de tetraciclina	1105 mg/g
(Alshahrani et al., 2022)	Heteroestructura compuesta por hidroxiapatita preparada a partir de los huesos de camello, recubierta con óxido de cerio y polímero natural quitosano.	Azul Brillante	11,22%
		CR	96%
		RB	58,89%
		<i>Escherichia coli</i>	95%
(Abdelbasir & Khalek, 2022b)	Escoria de alto horno.	Co ²⁺	43,8 mg/g
		Pb ²⁺	30,2 mg/g

(Chung et al., 2022)	Salvado de trigo, un subproducto agrícola.	CR	95%
		Pb(II)	85%
(Bakhta et al., 2022)	Carbón activado (AC) preparado a partir de tallos de dátiles.	F ⁻¹	99%
(Çelebi et al., 2022)	Resíduos de té, cáscaras de plátano, almendras y huevos	Pb ²⁺	99%
(Egbosiuba et al., 2021)	Combinación de nanotubos de carbono de pared múltiple y nanopartículas de plata nanoparticulada con quitosano.	Cr(VI)	229,540 mg/g
		Ni(II)	174,784 mg/g
(Alhothali et al., 2021)	Biochar de cáscara de semilla de palma.	PAHs	95,34%
		DQO	98,21%
(Ilyas et al., 2021)	Carbón activado de desechos de polietileno tereftalato y poliestireno.	PAHs	90%
(Bhaumik et al., 2021)	Nanotubos compuestos de polianilina dopada con ácido naftaleno sulfónico	Pb(II)	90,9%
(M'sakni & Alsufyani, 2021)	Ulva lactuca tratada químicamente con Hidróxido de sodio.	MB	89%
(Okonji et al., 2021)	Nano hierro cero valente	Selenometionina	96,1%
		Selenocisteína	86,7%
(Rahman et al., 2020)	Celulosa injertada con poli(acrilato de metilo) (PMA) y celulosa injertada con poli(acrilonitrilo) (PAN).	Cobre	98%
		Plomo	90%
(Aguilar et al., 2020)	Pulpa de café.	Mn(II)	53,40%
(Martín-Lara et al., 2020)	Carbón activado comercial (AC-40)	Bisfenol A	94,34 mg/g
(Chatterjee et al., 2020)	Nano-adsorbente de aluminosilica a partir de cenizas volantes.	Plomo	326,2 mg/g
		MG	1655,2 mg/g
(Elsayed et al., 2020)	Cáscaras de granada en forma de Carbón activado.	MB	84,15%
		Ni ^{2+,3+}	81,44%
(Abdel Salam et al., 2020)	Nanotubos de carbono de paredes múltiples modificados con 5,7-dinitro-8-quinolinol.	Zn(II)	250 mg/g
		Pb(II)	200 mg/g
(Atta et al., 2019)	Material magnético reticulado basado en Fe ₃ O ₄ (magnetita).	CR	903 mg/g
(El Nadi & Abd Alla, 2019)	Fibra de cáscara de arroz	Zn(II)	94,33%
		Cr(VI)	89,2%
(Das et al., 2019)	Cáscaras de maní	Cr(VI)	22,94 mg/g
	Cáscaras de almendra		24,25 mg/g
(RanguMagar et al., 2019)	Carbono gráfico dopado con dióxido de titanio.	Nitrofenoles	80%

(Han et al., 2019)	Arcilla.	Metales pesados	100%
(Myers et al., 2018)	Carbón activado granular (Norit 1240)	1,4-dioxano	89%
(Kumar et al., 2018)	Cáscaras de nuez impregnadas con nano hierro de valencia cero.	Zn(II)	94,46 mg/g
(Alagappan et al., 2017)	Nanotubos de carbono epoxidados.	Cd ²⁺ , Co ²⁺ , Cu ²⁺ , Hg ²⁺ , Ni ²⁺ , Pb ²⁺	>99,4%
(Sajjad et al., 2017)	Carbón activado.	Cd, Cr, Cu, Pb	>78%
(Kateja & Mordhiya, 2017)	Carbón activado sintetizado de <i>Prosopis cineraria</i> .	DBO5	>65%
(Satapathi, 2017)	Xerogel de grafeno-quitosano.	Pb(II)	40,92 mg/g
(Koottatep et al., 2017)	Hidrocarbón producido por carbonización hidrotermal de lodos fecales.	Cobre	93%

3.5. ¿CUÁLES SON LAS LIMITACIONES Y DESAFÍOS ASOCIADOS A LA ADSORCIÓN?

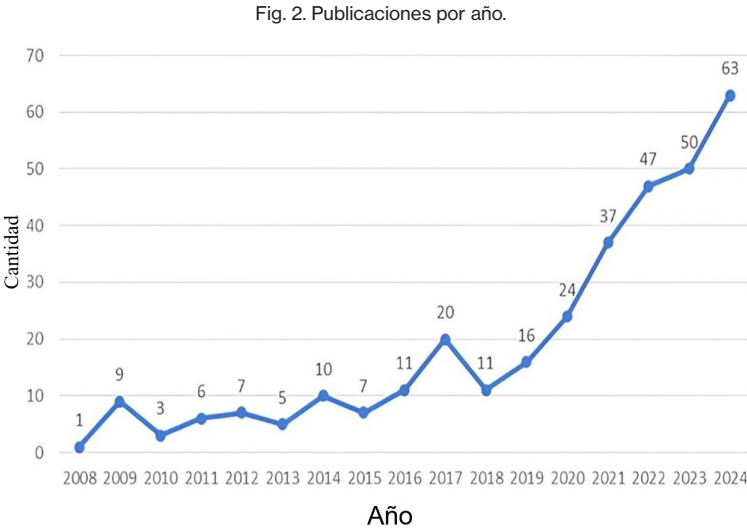
A pesar de sus ventajas, la adsorción enfrenta varias limitaciones y desafíos:

(1) Regeneración del adsorbente, la regeneración de adsorbentes saturados puede ser costosa y técnicamente compleja, limitando su reutilización (Han et al., 2019); (Alagappan et al., 2017). (2) Competencia de adsorbatos, la presencia de múltiples contaminantes puede reducir la eficiencia de adsorción (B. Wang et al., 2023) debido a la competencia por los sitios de adsorción (Rahman et al., 2020). (3) Escalabilidad, aunque efectiva a pequeña escala, la implementación de adsorción a gran escala industrial puede enfrentar desafíos técnicos y económicos (Das et al., 2019); (Han et al., 2019) (4) Desarrollo de nuevos adsorbentes, existe una necesidad continua de desarrollar adsorbentes más eficientes, económicos y sostenibles para mejorar la viabilidad del proceso (Irshad et al., 2023); (Galloni et al., 2022). Así mismo, la adsorción se destaca como una tecnología predominante para el tratamiento de aguas residuales industriales debido a su alta eficiencia y versatilidad ((Mancilla et al., 2023); (Abdelbasir & Khalek, 2022a); sin embargo, para maximizar su aplicación, es crucial abordar las limitaciones y desafíos asociados (Myers et al., 2018), así como continuar innovando en el desarrollo de nuevos materiales adsorbentes (Martín-Lara et al., 2020).

3.6. ESTUDIOS BIBLIOMÉTRICOS

En la Fig. 2 se evidencia que la adsorción en el tratamiento de aguas residuales industriales ha generado un mayor interés académico, especialmente entre 2017 y 2024,

periodo que concentra el 82.0% de las publicaciones analizadas; este crecimiento no solo refleja un avance significativo en la investigación científica, sino que también responde a la urgencia de mitigar la contaminación industrial de forma sostenible (He et al., 2021; S. Wang et al., 2023); asimismo, factores como el endurecimiento de las regulaciones ambientales y la búsqueda de tecnologías más económicas han potenciado la adopción de esta técnica como objeto de estudio, lo cual subraya la importancia de fortalecer tanto el financiamiento como la investigación en este campo para cerrar la brecha existente entre los fundamentos teóricos y sus aplicaciones prácticas (Gour et al., 2024; Meijide et al., 2022; Yue et al., 2024).

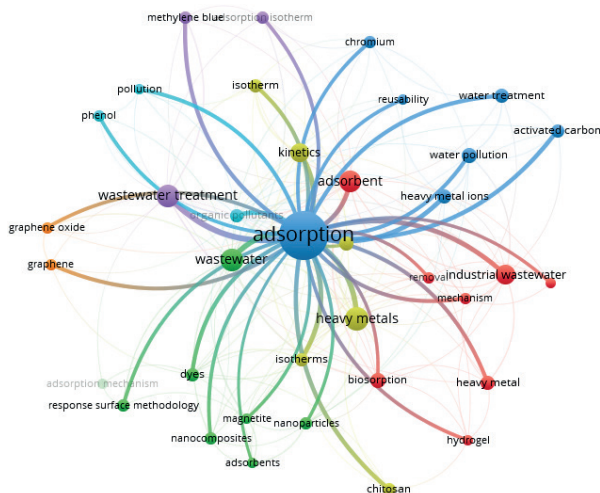


En la Fig. 3 se evidencia un cambio significativo en las tendencias de palabras clave, destacándose “bioadsorción” como una de las más relevantes a partir del 2020; este fenómeno pone de manifiesto una creciente preferencia por el empleo de materiales sostenibles y basados en biomasa, lo cual responde a la búsqueda de alternativas al carbón activado y a otros materiales no renovables (Ben Amar et al., 2024); en ese contexto, la bioadsorción, surge como un enfoque prometedor, especialmente en regiones con limitaciones económicas y tecnológicas, y refleja un giro hacia tecnologías más ecológicas para el tratamiento de aguas residuales (Hammad et al., 2024; Vaidh et al., 2024); asimismo, esta tendencia resalta la necesidad de explorar y emplear adsorbentes obtenidos a partir de microorganismos, bacterias, hongos, algas marinas, plantas o polímeros naturales, que han demostrado su efectividad en la eliminación de contaminantes, contribuyendo al desarrollo de soluciones innovadoras y sostenibles. (Nasir et al., 2024; S. Wang et al., 2023).

The network visualization illustrates the research trends in adsorption from 2019 to 2022. The central node is 'adsorption', with numerous other nodes connected by lines of varying thickness. The nodes are color-coded by year: 2019 (dark blue), 2020 (blue), 2021 (green), and 2022 (yellow). The network shows a dense cluster of nodes around the center, with lines radiating outwards to more specific topics. A legend at the bottom right indicates the color scale for the years.

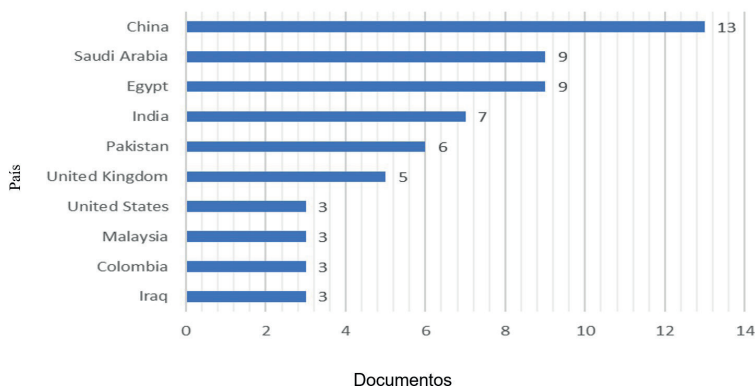
Ciência e Tecnologia para o Desenvolvimento Ambiental, Cultural e Socioeconômico VIII

Fig. 4 Co-ocurrencia de palabras clave.



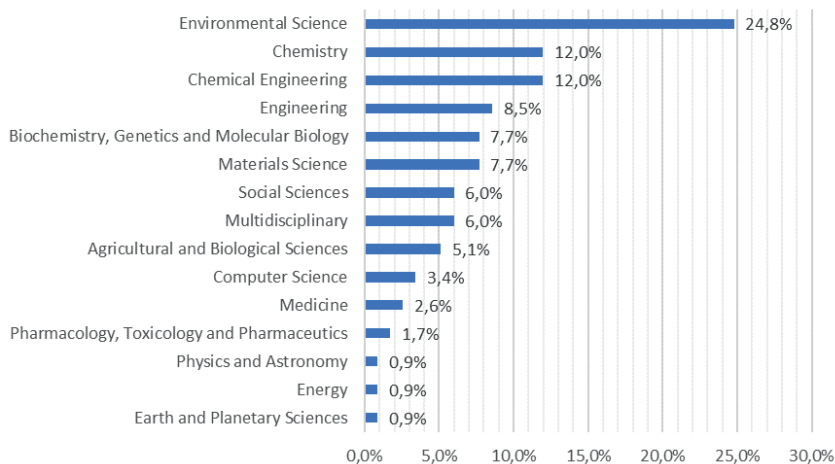
La Fig. 5 pone de manifiesto una distribución geográfica desigual en las publicaciones científicas sobre tecnologías de adsorción, destacándose Asia como la región con mayor aporte, liderada por China, India y Arabia Saudí, con un 57.4% del total; esta predominancia regional refleja no solo el enfoque en soluciones rentables y eficaces por parte de economías emergentes, sino también una fuerte inversión en infraestructura de investigación (Chong et al., 2023); a su vez, en Europa, el liderazgo de Reino Unido resalta un enfoque colaborativo y avanzado en ingeniería química y ciencias ambientales, que contrasta con los esfuerzos orientados al costo-beneficio observados en Asia; por otro lado, África presenta a Egipto como su principal referente en este ámbito, lo cual señala una creciente participación del continente en el desarrollo de tecnologías sostenibles; finalmente, en cuanto a América Latina, Colombia encabeza la producción científica, aunque su participación sigue siendo limitada frente a otras regiones, subrayando la necesidad de fortalecer la competitividad global mediante una mayor inversión en investigación y colaboración internacional (Sayago et al., 2024).

Fig. 5 Publicações por país.



La Figura 6 destaca que las ciencias ambientales (24.8%), la ingeniería química (12.0%) y la química (12.0%) son las áreas con mayor protagonismo en la investigación sobre tecnologías de adsorción, lo que pone de manifiesto su carácter interdisciplinario; esta interacción entre disciplinas no solo mejora la comprensión de los procesos involucrados, sino que también optimiza la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales al integrar conocimientos complementarios (Mancilla et al., 2023) ; además, la presencia de áreas como biología, ciencia de materiales y energía sugiere un potencial significativo para futuras aplicaciones, especialmente mediante la combinación de procesos adsorbentes con estrategias energéticamente sostenibles, como sistemas bioquímicos y el aprovechamiento de energías renovables (Abed & Belattar, 2023); por lo tanto, esta diversificación de enfoques consolida a las tecnologías de adsorción como una herramienta prometedora frente a los retos ambientales actuales (Aguilar et al., 2020) .

Fig. 6 Áreas de investigación.



4. CONCLUSIONES

La adsorción se ha consolidado como una tecnología predominante para el tratamiento de aguas residuales industriales debido a su alta eficiencia en la eliminación de diversos contaminantes, incluyendo metales pesados, colorantes y compuestos orgánicos; además, su versatilidad y simplicidad operativa la hacen una opción viable en una amplia variedad de aplicaciones industriales.

La eficiencia del proceso de adsorción está influenciada por múltiples factores como la naturaleza del adsorbente, las características del contaminante (adsorbato), el pH del medio, la temperatura y el tiempo de contacto; por ende, es importante comprender y optimizar estos factores es clave para mejorar la capacidad de remoción de contaminantes en escenarios industriales.

Existen diversos tipos de adsorbentes que se utilizan en el tratamiento de aguas residuales industriales, entre ellos el carbón activado, las zeolitas, biosorbentes y materiales nanoestructurados; cada uno presenta ventajas particulares en términos de eficiencia y selectividad, lo que sugiere que la selección del adsorbente debe adaptarse al tipo de contaminante y las condiciones del agua residual.

Los estudios revisados demuestran que la adsorción es altamente eficaz en la remoción de una amplia gama de contaminantes fisicoquímicos, alcanzando eficiencias de hasta el 100% en algunos casos; esta capacidad de remoción depende tanto del tipo de adsorbente como de las condiciones óptimas de operación, tales como pH y tiempo de contacto.

La adsorción presenta varias ventajas, como su alta eficiencia y simplicidad operativa, que la hacen accesible incluso para industrias en regiones con limitados recursos técnicos y financieros; sin embargo, sus desventajas incluyen el costo elevado de algunos adsorbentes comerciales y la necesidad de disponer adecuadamente los adsorbentes saturados, lo cual genera residuos adicionales.

Aunque la adsorción es una tecnología efectiva, enfrenta desafíos importantes, como la regeneración de los adsorbentes saturados, la competencia entre contaminantes por los sitios de adsorción, y la necesidad de desarrollar adsorbentes más eficientes y económicos; asimismo, las investigaciones futuras deben enfocarse en superar estas barreras para aumentar la viabilidad de la adsorción a mayor escala.

Los análisis bibliométricos revelan un crecimiento significativo en las investigaciones sobre la adsorción a partir de 2017, con una fuerte concentración de estudios en Asia, especialmente en China, Arabia Saudí e India; asimismo, las ciencias ambientales y la ingeniería química lideran las publicaciones desempeñando roles clave en el avance de

esta tecnología; esto demuestra una tendencia global hacia la investigación y desarrollo de tecnologías de adsorción, impulsadas por la necesidad de soluciones más sostenibles para el tratamiento de aguas industriales.

REFERENCES

- Abdel Salam, E. T., Abou El-Nour, K. M., Awad, A. A., & Orabi, A. S. (2020). Carbon nanotubes modified with 5,7-dinitro-8-quinolinol as potentially applicable tool for efficient removal of industrial wastewater pollutants. *Arabian Journal of Chemistry*, 13(1), 109-119. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2017.02.005>
- Abdelbasir, S. M., & Khalek, M. A. A. (2022a). From waste to waste: Iron blast furnace slag for heavy metal ions removal from aqueous system. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(38), 57964-57979. Scopus. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19834-3>
- Abdelbasir, S. M., & Khalek, M. A. A. (2022b). From waste to waste: Iron blast furnace slag for heavy metal ions removal from aqueous system. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(38), 57964-57979. Scopus. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19834-3>
- Abed, L., & Belattar, N. (2023). Assessing the Dual Use of Red and Yellow Algerian Pomegranate Husks: Natural Antiradical Agents and Low-Cost Biosorbents for Chromium (VI) Removal from Contaminated Waters. *Water (Switzerland)*, 15(16). Scopus. <https://doi.org/10.3390/w15162869>
- Adel, M., El Naggari, A. M. A., Bakry, A., Hilal, M. H., El-Zahhar, A. A., Taha, M. H., & Marey, A. (2023). Decoration of polystyrene with nanoparticles of cobalt hydroxide as new composites for the removal of Fe(III) and methylene blue from industrial wastewater. *RSC Advances*, 13(36), 25334-25349. Scopus. <https://doi.org/10.1039/d3ra03794k>
- Aguilar, D. L. G., Miranda, J. P. R., Guzmán, D. B., & Muñoz, J. A. E. (2020). Using coffee pulp as bioadsorbent for the removal of manganese (Mn (II)) from synthetic wastewater. *Water (Switzerland)*, 12(9). Scopus. <https://doi.org/10.3390/w12092500>
- Ahmaruzzaman, M., Roy, P., Bonilla-Petriciolet, A., Badawi, M., Ganachari, S. V., Shetti, N. P., & Aminabhavi, T. M. (2023). Polymeric hydrogels-based materials for wastewater treatment. *Chemosphere*, 331. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.138743>
- Alagappan, P. N., Heimann, J., Morrow, L., Andreoli, E., & Barron, A. R. (2017). Easily Regenerated Readily Deployable Adsorbent for Heavy Metal Removal from Contaminated Water. *Scientific Reports*, 7(1). Scopus. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-06734-7>
- Alfei, S., Grasso, F., Orlandi, V., Russo, E., Boggia, R., & Zuccari, G. (2023). Cationic Polystyrene-Based Hydrogels as Efficient Adsorbents to Remove Methyl Orange and Fluorescein Dye Pollutants from Industrial Wastewater. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(3). Scopus. <https://doi.org/10.3390/ijms24032948>
- Alhothali, A., Haneef, T., Mustafa, M. R. U., Moria, K. M., Rashid, U., Rasool, K., & Bamasag, O. O. (2021). Optimization of micro-pollutants' removal from wastewater using agricultural waste-derived sustainable adsorbent. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(21). Scopus. <https://doi.org/10.3390/ijerph18211506>
- Aliyu, S. A., Salahudeen, N., & Rasheed, A. A. (2024). Adsorptive Removal of Lead (II) Pollutants from Wastewater Using Corn-cob-Activated Carbon. *Journal of Engineering Sciences (Ukraine)*, 11(2), H1-H10. Scopus. [https://doi.org/10.21272/jes.2024.11\(2\).h1](https://doi.org/10.21272/jes.2024.11(2).h1)

Alkudhri, A., Hakami, M., Zacharof, M.-P., Homod, H. A., & Alsadun, A. (2020). Mercury, arsenic and lead removal by air gap membrane distillation: Experimental study. *Water (Switzerland)*, 12(6). Scopus. <https://doi.org/10.3390/W12061574>

Alshahrani, A. A., Alorabi, A. Q., Hassan, M. S., Amna, T., & Azizi, M. (2022). Chitosan-Functionalized Hydroxyapatite-Cerium Oxide Heterostructure: An Efficient Adsorbent for Dyes Removal and Antimicrobial Agent. *Nanomaterials*, 12(15). Scopus. <https://doi.org/10.3390/nano12152713>

Ashraf, M. H., Hussain, N., Muneer, M. A., Arif, I., & Ali, M. R. (2024). Chitosan-based nanomaterials for pharmaceutical waste remediation. *Advances in Chemical Pollution, Environmental Management and Protection*, 10, 83-116. Scopus. <https://doi.org/10.1016/bs.apmp.2023.09.001>

Athari, M., Fattahi, M., Khosravi-Nikou, M., & Hajhariri, A. (2022). Adsorption of different anionic and cationic dyes by hybrid nanocomposites of carbon nanotube and graphene materials over UiO-66. *Scientific Reports*, 12(1). Scopus. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-24891-2>

Atta, A. M., Ezzat, A. O., Moustafa, Y. M., Sabeela, N. I., Tawfeek, A. M., Al-Lohedan, H. A., & Hashem, A. I. (2019). Synthesis of new magnetic crosslinked poly (Ionic liquid) nanocomposites for fast congo red removal from industrial wastewater. *Nanomaterials*, 9(9). Scopus. <https://doi.org/10.3390/nano9091286>

Bakhta, S., Sadaoui, Z., Bouazizi, N., Samir, B., Allalou, O., Devouge-Boyer, C., Mignot, M., & Vieillard, J. (2022). Functional activated carbon: From synthesis to groundwater fluoride removal. *RSC Advances*, 12(4), 2332-2348. Scopus. <https://doi.org/10.1039/d1ra08209d>

Ben Amar, M., Mallek, M., Valverde, A., Monclús, H., Myers, T. G., Salvadó, V., & Cabrera-Codony, A. (2024). Competitive heavy metal adsorption on pinecone shells: Mathematical modelling of fixed-bed column and surface interaction insights. *Science of the Total Environment*, 917. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.170398>

Bhaumik, M., Maity, A., & Brink, H. G. (2021). Zero valent nickel nanoparticles decorated polyaniline nanotubes for the efficient removal of Pb(II) from aqueous solution: Synthesis, characterization and mechanism investigation. *Chemical Engineering Journal*, 417. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.127910>

Çelebi, H., Bahadır, T., Şimşek, İ., & Tulun, Ş. (2022). An Environmental and Green Process for Pb²⁺ Pollution: An Experimental Research from the Perspective of Adsorption †. *Engineering Proceedings*, 19(1). Scopus. <https://doi.org/10.3390/ECP2022-12658>

Chatterjee, A., Shamim, S., Jana, A. K., & Basu, J. K. (2020). Insights into the competitive adsorption of pollutants on a mesoporous alumina-silica nano-sorbent synthesized from coal fly ash and a waste aluminium foil. *RSC Advances*, 10(26), 15514-15522. Scopus. <https://doi.org/10.1039/d0ra01397h>

Chen, X., Yu, G., Chen, Y., Tang, S., & Su, Y. (2022). Cow Dung-Based Biochar Materials Prepared via Mixed Base and Its Application in the Removal of Organic Pollutants. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(17). Scopus. <https://doi.org/10.3390/ijms231710094>

Cheng, J., Zhang, S., Fang, C., Ma, L., Duan, J., Fang, X., & Li, R. (2023). Removal of Heavy Metal Ions from Aqueous Solution Using Biotransformed Lignite. *Molecules*, 28(13). Scopus. <https://doi.org/10.3390/molecules28135031>

Chong, Z. T., Soh, L. S., & Yong, W. F. (2023). Valorization of agriculture wastes as biosorbents for adsorption of emerging pollutants: Modification, remediation and industry application. *Results in Engineering*, 17. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2023.100960>

Chung, W. J., Shim, J., & Ravindran, B. (2022). Application of wheat bran based biomaterials and nano-catalyst in textile wastewater. *Journal of King Saud University - Science*, 34(2). Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2021.101775>

Czarnecki, J. C., Manoli, B., Fuad, N., & Vadas, T. M. (2024). Disinfection byproduct formation from chlorination of agricultural reuse water sources. *Environmental Advances*, 15. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.envadv.2024.100488>

Dakhly, H. A., Albohy, S. A. H., Salman, A. A., & Abo Dena, A. S. (2024). Facile synthesis of a magnetic molecularly-imprinted polymer adsorbent for solid-phase extraction of diclofenac from water. *RSC Advances*, 14(23), 15942-15952. Scopus. <https://doi.org/10.1039/d4ra02529f>

Das, A., Banerjee, M., Bar, N., & Das, S. K. (2019). Adsorptive removal of Cr(VI) from aqueous solution: Kinetic, isotherm, thermodynamics, toxicity, scale-up design, and GA modeling. *SN Applied Sciences*, 1(7). Scopus. <https://doi.org/10.1007/s42452-019-0813-9>

Egbosiuba, T. C., Abdulkareem, A. S., Kovo, A. S., Afolabi, E. A., Tijani, J. O., Bankole, M. T., Bo, S., & Roos, W. D. (2021). Adsorption of Cr(VI), Ni(II), Fe(II) and Cd(II) ions by KAgNPs decorated MWCNTs in a batch and fixed bed process. *Scientific Reports*, 11(1). Scopus. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-79857-z>

El Nadi, M. E. H., & Abd Alla, M. A. F. (2019). Removing heavy metals from wastewater by using rice husk wastes fiber. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, 8(6), 3929-3933. Scopus. <https://doi.org/10.35940/ijeat.F9055.088619>

Elsayed, A. E., Osman, D. I., Attia, S. K., Ahmed, H. M., Shoukry, E. M., Mostafa, Y. M., & Taman, A. R. (2020). A study on the removal characteristics of organic and inorganic pollutants from wastewater by low cost biosorbent. *Egyptian Journal of Chemistry*, 63(4), 1429-1442. Scopus. <https://doi.org/10.21608/ejchem.2019.15710.1950>

Elshabrawy, S. O., Mansour, M., Elhussieny, A., Husien, S., Abdel-Aziz, A. B., Fahim, I. S., Said, L. A., & Radwan, A. G. (2023). Valorization of Agricultural and Marine Waste for Fabrication of Bio-Adsorbent Sheets. 99-113. Scopus. <https://doi.org/10.1061/9780784484852.010>

Emiliani, J., Oyarce, W. G. L., Bergara, C. D., Salvatierra, L. M., Novo, L. A. B., & Pérez, L. M. (2020). Variations in the phytoremediation efficiency of metal-polluted water with salvinia biloba: Prospects and toxicological impacts. *Water (Switzerland)*, 12(6). Scopus. <https://doi.org/10.3390/W12061737>

Gahrouei, A. E., Rezapour, A., Pirooz, M., & Pourebrahimi, S. (2024). From classic to cutting-edge solutions: A comprehensive review of materials and methods for heavy metal removal from water environments. *Desalination and Water Treatment*, 319. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.dwt.2024.100446>

Galloni, M. G., Bortolotto, V., Falletta, E., & Bianchi, C. L. (2022). pH-Driven Selective Adsorption of Multi-Dyes Solutions by Loofah Sponge and Polyaniline-Modified Loofah Sponge. *Polymers*, 14(22). Scopus. <https://doi.org/10.3390/polym14224897>

García-Valero, A., Martínez-Martínez, S., Faz, Á., Terrero, M. A., Muñoz, M. Á., Gómez-López, M. D., & Acosta, J. A. (2020). Treatment of wastewater from the tannery industry in a constructed wetland planted with phragmites australis. *Agronomy*, 10(2). Scopus. <https://doi.org/10.3390/agronomy10020176>

Gour, P., Kumar, J., Arland, S. E., Roy, L. D., & Rahman, N. (2024). Green synthesis of DL-homocysteine decorated magnetic nanoparticles for selective and efficient mercury remediation from simulated wastewater: Kinetics, isotherm, and mechanism studies. *Environmental Engineering Research*, 29(5). Scopus. <https://doi.org/10.4491/eer.2023.584>

Gupta, R., Pandit, C., Pandit, S., Gupta, P. K., Lahiri, D., Agarwal, D., & Pandey, S. (2022). Potential and future prospects of biochar-based materials and their applications in removal of organic contaminants from industrial wastewater. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 24(3), 852-876. Scopus. <https://doi.org/10.1007/s10163-022-01391-z>

Haider, M. I. S., Liu, G., Yousaf, B., Arif, M., Aziz, K., Ashraf, A., Safeer, R., Ijaz, S., & Pikon, K. (2024). Synergistic interactions and reaction mechanisms of biochar surface functionalities in antibiotics removal from industrial wastewater. *Environmental Pollution*, 356. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2024.124365>

Hailan, S., Sobolciak, P., Popelka, A., Kasak, P., Adham, S., & Krupa, I. (2023). Complex treatment of oily polluted waters by modified melamine foams: From colloidal emulsions to a free oil removal. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(43), 97872-97887. Scopus. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-29055-x>

Hammad, W. A., Darweesh, M. A., Zouli, N., Osman, S. M., Eweida, B., & Amr, M. H. A. (2024). Adsorption of cationic dye onto Raphanus seeds: Optimization, adsorption kinetics, thermodynamic studies. *Scientific Reports*, 14(1). Scopus. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-66761-z>

Han, H., Rafiq, M. K., Zhou, T., Xu, R., Mašek, O., & Li, X. (2019). A critical review of clay-based composites with enhanced adsorption performance for metal and organic pollutants. *Journal of Hazardous Materials*, 369, 780-796. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.02.003>

He, H., Wagner, B. M., Carlson, A. L., Yang, C., & Daigger, G. T. (2021). Recent progress using membrane aerated biofilm reactors for wastewater treatment. *Water Science and Technology*, 84(9), 2131-2157. Scopus. <https://doi.org/10.2166/wst.2021.443>

Hernández-Chover, V., Bellver-Domingo, Á., Castellet-Viciano, L., & Hernández-Sancho, F. (2024). AI Applied to the Circular Economy: An Approach in the Wastewater Sector. *Sustainability (Switzerland)*, 16(4). Scopus. <https://doi.org/10.3390/su16041365>

Ilyas, M., Ahmad, W., & Khan, H. (2021). Utilization of activated carbon derived from waste plastic for decontamination of polycyclic aromatic hydrocarbons laden wastewater. *Water Science and Technology*, 84(3), 609-631. Scopus. <https://doi.org/10.2166/wst.2021.252>

Irshad, M. A., Humayoun, M. A., Al-Hussain, S. A., Nawaz, R., Arshad, M., Irfan, A., & Zaki, M. E. A. (2023). Green and Eco-Friendly Treatment of Textile Wastewater by Using Azadirachta indica Leaf Extract Combined with a Silver Nitrate Solution. *Sustainability (Switzerland)*, 15(1). Scopus. <https://doi.org/10.3390/su15010081>

Kamali, M., Persson, K. M., Costa, M. E., & Capela, I. (2019). Sustainability criteria for assessing nanotechnology applicability in industrial wastewater treatment: Current status and future outlook. *Environment International*, 125, 261-276. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.01.055>

Kateja, A., & Mordhiya, B. (2017). Preparation and Characterization of Cost Effective Adsorbent: Treatment of Wastewater from Dyeing Industry in Sanganer, Jaipur (India). *Journal of Environmental Science and Engineering*, 59(2), 341-348. Scopus. <https://doi.org/10.47915/jese.2017.v59i02.004>

Khader, E. H., Khudhur, R. H., Mohammed, T. J., Mahdy, O. S., Sabri, A. A., Mahmood, A. S., & Albayati, T. M. (2024). Evaluation of adsorption treatment method for removal of phenol and acetone from industrial wastewater. *Desalination and Water Treatment*, 317. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.dwt.2024.100091>

Khilji, S. A., Munir, N., Aziz, I., Anwar, B., Hasnain, M., Jakhar, A. M., Sajid, Z. A., Abideen, Z., Hussain, M. I., El-Habeeb, A. A., & Yang, H.-H. (2022). Application of Algal Nanotechnology for Leather Wastewater

- Treatment and Heavy Metal Removal Efficiency. *Sustainability (Switzerland)*, 14(21). Scopus. <https://doi.org/10.3390/su142113940>
- Koottatep, T., Fakkaew, K., Tajai, N., & Polprasert, C. (2017). Isotherm models and kinetics of copper adsorption by using hydrochar produced from hydrothermal carbonization of faecal sludge. *Journal of Water Sanitation and Hygiene for Development*, 7(1), 102-110. Scopus. <https://doi.org/10.2166/washdev.2017.132>
- Kumar, P. S., Nair, A. S., Ramaswamy, A., & Saravanan, A. (2018). Nano-zero valent iron impregnated cashew nut shell: A solution to heavy metal contaminated water/wastewater. *IET Nanobiotechnology*, 12(5), 591-599. Scopus. <https://doi.org/10.1049/IET-NBT.2017.0264>
- Li, H., Fei, J., Chen, S., Jones, K. C., Li, S., Chen, W., & Liang, Y. (2023). An easily-synthesized low carbon ionic liquid functionalized metal-organic framework composite material to remove Congo red from water. *Water Cycle*, 4, 127-134. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.watcyc.2023.05.004>
- Li, Q., Guo, Y., Yu, J., Yao, L., Liu, S., Li, Y., Chen, D., Peng, F., Xu, D., Wu, Z., & Zhou, Q. (2023). Construction of hybrid constructed wetlands for phosphorus chemical industry tailwater treatment in the middle Yangtze river basin: Responses of plant growth and root-associated microbial communities. *Water Biology and Security*, 2(3). Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.watbs.2023.100144>
- Lin, Q., Chen, W., Lin, F., Zhu, H., & Wang, X. (2023). Exaggerated arsenic removal efficiency and pH adaptability by adsorption using monodispersed porous pinecone-like magnesium hydroxide. *Aqua Water Infrastructure, Ecosystems and Society*, 72(6), 969-982. Scopus. <https://doi.org/10.2166/aqua.2023.012>
- Lv, A., Lv, X., Xu, X., Chen, Y., Zhang, J., & Shao, Z.-B. (2024). Tailored multifunctional composite hydrogel based on chitosan and quaternary ammonium ionic liquids@montmorillonite with different chain lengths for effective removal of dyes and 4-nitrophenol. *Separation and Purification Technology*, 342. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2024.127019>
- Mancilla, H. B., Cerrón, M. R., Aroni, P. G., Paucar, J. E. P., Tovar, C. T., Jindal, M. K., & Gowrisankar, G. (2023). Effective removal of Cr (VI) ions using low-cost biomass leaves (*Sambucus nigra* L.) in aqueous solution. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(49), 106982-106995. Scopus. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-24064-8>
- Martín-Lara, M. A., Calero, M., Ronda, A., Iáñez-Rodríguez, I., & Escudero, C. (2020). Adsorptive behavior of an activated carbon for bisphenol A removal in single and binary (bisphenol A-heavy metal) solutions. *Water (Switzerland)*, 12(8). Scopus. <https://doi.org/10.3390/W12082150>
- Medeiros, D. C. C. D. S., Nzediegwu, C., Benally, C., Messele, S. A., Kwak, J.-H., Naeth, M. A., Ok, Y. S., Chang, S. X., & Gamal El-Din, M. (2022). Pristine and engineered biochar for the removal of contaminants co-existing in several types of industrial wastewaters: A critical review. *Science of the Total Environment*, 809. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151120>
- Meijide, J., Lama, G., Pazos, M., Sanromán, M. A., & Dunlop, P. S. M. (2022). Ultraviolet-based heterogeneous advanced oxidation processes as technologies to remove pharmaceuticals from wastewater: An overview. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 10(3). Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2022.107630>
- Melaibari, A. A., Elamoudi, A. S., Mostafa, M. E., & Abu-Hamdeh, N. H. (2023). Waste-to-Energy in Saudi Arabia: Treatment of petroleum wastewaters utilizing zeolite structures in the removal of phenol pollutants by using the power of molecular dynamics method. *Engineering Analysis with Boundary Elements*, 148, 317-323. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.enganabound.2023.01.003>
- Moges, A., Nkambule, T. T. I., & Fito, J. (2022). The application of GO-Fe₃O₄ nanocomposite for

chromium adsorption from tannery industry wastewater. *Journal of Environmental Management*, 305. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.114369>

Montoya-Bautista, C. V., Acevedo-Peña, P., Zanella, R., & Ramírez-Zamora, R.-M. (2021). Characterization and Evaluation of Copper Slag as a Bifunctional Photocatalyst for Alcohols Degradation and Hydrogen Production. *Topics in Catalysis*, 64(1-2), 131-141. Scopus. <https://doi.org/10.1007/s11244-020-01362-4>

M'sakni, N. H., & Alsufyani, T. (2021). Removal of cationic organic dye from aqueous solution by chemical and pyrolysis activated ulva lactuca. *Water (Switzerland)*, 13(9). Scopus. <https://doi.org/10.3390/w13091154>

Myers, M. A., Johnson, N. W., Marin, E. Z., Pornwongthong, P., Liu, Y., Gedalanga, P. B., & Mahendra, S. (2018). Abiotic and bioaugmented granular activated carbon for the treatment of 1,4-dioxane-contaminated water. *Environmental Pollution*, 240, 916-924. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.04.011>

Nasir, M., Javid, F., Masood, M. T., Arshad, M., Yasir, M., Sedlarik, V., Qadir, M. A., Qiblawey, H., Zhang, W., Deen, K. M., Asselin, E., & Ahmad, N. M. (2024). Regenerable chitosan-embedded magnetic iron oxide beads for nitrate removal from industrial wastewater. *Environmental Science: Advances*, 3(4), 572-584. Scopus. <https://doi.org/10.1039/d3va00351e>

Nguyen, M. K., Hadi, M., Lin, C., Nguyen, H.-L., Thai, V.-B., Hoang, H.-G., Vo, D.-V. N., & Tran, H.-T. (2022). Microplastics in sewage sludge: Distribution, toxicity, identification methods, and engineered technologies. *Chemosphere*, 308. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.136455>

Nippatlapalli, N., & Philip, L. (2020). Assessment of novel rotating bipolar multiple disc electrode electrocoagulation-flotation and pulsed plasma corona discharge for the treatment of textile dyes. *Water Science and Technology*, 81(3), 564-570. Scopus. <https://doi.org/10.2166/WST.2020.137>

Okonji, S. O., Yu, L., Dominic, J. A., Pernitsky, D., & Achari, G. (2021). Adsorption by granular activated carbon and nano zerovalent iron from wastewater: A study on removal of selenomethionine and selenocysteine. *Water (Switzerland)*, 13(1). Scopus. <https://doi.org/10.3390/w13010023>

Opafola, O. T., David, A. O., Ajibade, F. O., Adeyemi, H. O., Solana, O. I., & Odugbose, B. D. (2021). The utilization of bentonite enhanced termite mound soil mixture as filter for the treatment of paint industrial effluent. *SN Applied Sciences*, 3(4). Scopus. <https://doi.org/10.1007/s42452-021-04405-x>

Paredes-Quevedo, L. C., Castellanos, N. J., & Carriazo, J. G. (2021). Influence of Porosity and Surface Area of a Modified Kaolinite on the Adsorption of Basic Red 46 (BR-46). *Water, Air, and Soil Pollution*, 232(12). Scopus. <https://doi.org/10.1007/s11270-021-05450-3>

Persano, F., Malitesta, C., & Mazzotta, E. (2024). Cellulose-Based Hydrogels for Wastewater Treatment: A Focus on Metal Ions Removal. *Polymers*, 16(9). Scopus. <https://doi.org/10.3390/polym16091292>

Rahman, M. L., Fui, C. J., Ting, T. X., Sarjadi, M. S., Arshad, S. E., & Musta, B. (2020). Polymer ligands derived from jute fiber for heavy metal removal from electroplating wastewater. *Polymers*, 12(11), 1-27. Scopus. <https://doi.org/10.3390/polym12112521>

RanguMagar, A. B., Chhetri, B. P., Parnell, C. M., Parameswaran-Thankam, A., Watanabe, F., Mustafa, T., Biris, A. S., & Ghosh, A. (2019). Removal of nitrophenols from water using cellulose derived nitrogen doped graphitic carbon material containing titanium dioxide. *Particulate Science and Technology*, 37(4), 440-448. Scopus. <https://doi.org/10.1080/02726351.2017.1391906>

Razzak, S. A., Faruque, M. O., Alsheikh, Z., Alsheikhmohamad, L., Alkuroud, D., Alfayez, A., Hossain,

S. M. Z., & Hossain, M. M. (2022). A comprehensive review on conventional and biological-driven heavy metals removal from industrial wastewater. *Environmental Advances*, 7. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.envadv.2022.100168>

Roy, A. (2022). Progress, Challenges, and Prospects of Jute Fiber as Green Adsorbents: A Scope Beyond Traditional Applications. En *Jute: Cultivation, Properties and Uses* (pp. 95-110). Scopus.

Saini, K., Singh, J., Malik, S., Saharan, Y., Goyat, R., Umar, A., Akbar, S., Ibrahim, A. A., & Baskoutas, S. (2024). Metal-Organic Frameworks: A promising solution for efficient removal of heavy metal ions and organic pollutants from industrial wastewater. *Journal of Molecular Liquids*, 399. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2024.124365>

Sajjad, M., Khan, S., Baig, S. A., Munir, S., Naz, A., Ahmad, S. S., & Khan, A. (2017). Removal of potentially toxic elements from aqueous solutions and industrial wastewater using activated carbon. *Water Science and Technology*, 75(11), 2571-2579. Scopus. <https://doi.org/10.2166/wst.2017.130>

Saleh, T. A. (2024). Materials, nanomaterials, nanocomposites, and methods used for the treatment and removal of hazardous pollutants from wastewater: Treatment technologies for water recycling and sustainability. *Nano-Structures and Nano-Objects*, 39. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.nanos.2024.101231>

Satapathi, S. (2017). Graphene-based 3D xerogel as adsorbent for removal of heavy metal ions from industrial wastewater purnendu. *Journal of Renewable Materials*, 5(2), 96-102. Scopus. <https://doi.org/10.7569/JRM.2016.634134>

Sayago, U. F. C., Ballesteros, V. B., & Aguilar, A. M. L. (2024). Designing, Modeling and Developing Scale Models for the Treatment of Water Contaminated with Cr (VI) through Bacterial Cellulose Biomass. *Water (Switzerland)*, 16(17). Scopus. <https://doi.org/10.3390/w16172524>

Singh, H., Raj, S., Rathour, R. K. S., & Bhattacharya, J. (2022). Bimetallic Fe/Al-MOF for the adsorptive removal of multiple dyes: Optimization and modeling of batch and hybrid adsorbent-river sand column study and its application in textile industry wastewater. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(37), 56249-56264. Scopus. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19686-x>

Singla, S., Devi, P., & Basu, S. (2023). Revolutionizing the Role of Solar Light Responsive BiVO₄/BiOBr Heterojunction Photocatalyst for the Photocatalytic Deterioration of Tetracycline and Photoelectrocatalytic Water Splitting. *Materials*, 16(16). Scopus. <https://doi.org/10.3390/ma16165661>

Smolyanichenko, A. S., & Yakovleva, E. V. (2022). OPTIMIZATION OF THE PROCESS OF INDUSTRIAL WASTEWATER TREATMENT BY DISAGGREGATION OF PHASE-DISPERSED CONTAMINANTS. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 14(6), 34-50. Scopus. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2022-14-6-34-50>

Solanki, D. M., Vakharia, P. R., Suryawanshi, N. M., Dabhole, P. S., Sawant, S. S., Bhise, S. S., Topare, N. S., Bokil, S. A., Choudhari, V. P., & Khan, A. (2023). A Review on Adsorption of Dyes in Batch and Column Mode: Effects of Operating Parameters. 2943(1). Scopus. <https://doi.org/10.1063/5.0183031>

Teow, Y. H., Nordin, N. I., & Mohammad, A. W. (2019). Green synthesis of palm oil mill effluent-based graphenic adsorbent for the treatment of dye-contaminated wastewater. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(33), 33747-33757. Scopus. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-2189-6>

Umar, M., Singdahl-Larsen, C., & Ranneklev, S. B. (2023). Microplastics Removal from a Plastic Recycling Industrial Wastewater Using Sand Filtration. *Water (Switzerland)*, 15(5). Scopus. <https://doi.org/10.3390/w15050896>

Vaidh, S., Surana, A., Nagariya, V., Rahewar, R., Prajapati, H., Patel, D., Pandya, A., & Vishwakarma, G. S. (2024). Amyloid fibril-bacterial cellulose nanohybrid membrane cartridge for efficient removal of heavy metal from industrial wastewater. *Water Quality Research Journal*, 59(2), 73-88. Scopus. <https://doi.org/10.2166/wqrj.2024.001>

Wang, B., Wu, K., Liu, T., Cheng, Z., Liu, Y., Liu, Y., & Niu, Y. (2023). Feasible synthesis of bifunctional polysilsesquioxane microspheres for robust adsorption of Hg(II) and Ag(I): Behavior and mechanism. *Journal of Hazardous Materials*, 442. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2022.130121>

Wang, S., Zhang, T., Li, J., Hua, Y., Dou, J., Chen, X., & Li, S. (2023). Potassium citrate-derived porous carbon with high CO₂ capture and Congo red adsorption performance. *Environmental Sciences Europe*, 35(1). Scopus. <https://doi.org/10.1186/s12302-023-00712-9>

Wang, Y., Bao, S., Liu, Y., Yu, Y., Yang, W., Xu, S., & Li, H. (2021). CoS₂/GO nanocomposites for highly efficient and ppb level adsorption of Hg(II) from wastewater. *Journal of Molecular Liquids*, 322. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2020.114899>

Wilschnack, M., Homer, B., Cartmell, E., Yates, K., & Petrie, B. (2024). Targeted multi-analyte UHPLC-MS/MS methodology for emerging contaminants in septic tank wastewater, sludge and receiving surface water. *Analytical Methods*, 16(5), 709-720. Scopus. <https://doi.org/10.1039/d3ay01201h>

Witt, K., Kaczorowska, M. A., & Bożejewicz, D. (2024). Efficient, fast, simple, and eco-friendly methods for separation of toxic chromium(VI) ions based on ion exchangers and polymer materials impregnated with Cyphos IL 101, Cyphos IL 104, or D2EHPA. *Environmental Science and Pollution Research*, 31(5), 7977-7993. Scopus. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-31648-5>

Yan, X., Liu, X., Zhang, M., Cui, X., Zhong, J., & Hu, X. (2021). Research Progress in Biosorption Technology for Chromium Contamination. *Xiyou Jinshu/Chinese Journal of Rare Metals*, 45(2), 240-250. Scopus. <https://doi.org/10.13373/j.cnki.cjrm.XY19060028>

Yfantis, A., Yfantis, N., Angelakopoulou, T., Giannakakis, G., Michelet, F., Dokianakis, S., Vasilaki, E., & Katsarakis, N. (2022). Industrial Pilot for Assessment of Polymeric and Ceramic Membrane Efficiency in Treatment of Liquid Digestate from Biogas Power Plant. *Energies*, 15(18). Scopus. <https://doi.org/10.3390/en15186574>

Yu, X., Cabrera-Reina, A., Graells, M., Miralles-Cuevas, S., & Pérez-Moya, M. (2021). Towards an efficient generalization of the online dosage of hydrogen peroxide in photo-fenton process to treat industrial wastewater. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(24). Scopus. <https://doi.org/10.3390/ijerph182413313>

Yue, Y., Yu, Z., Yue, X., Zhou, W., Wang, S., Yang, Y., Lao, Y., Yang, M., Du, C., & Wang, S. (2024). Activated carbon derived from highland barley straw for removing heavy metals and organic pollutants. *International Journal of Low-Carbon Technologies*, 19, 135-141. Scopus. <https://doi.org/10.1093/ijlct/ctad042>

Zeng, Y., Ma, L., & Bai, P. (2022). Study of Organic Acid Pollutant Removal Efficient in Treatment of Industrial Wastewater with HDH Process Using ASPEN Modelling. *Water (Switzerland)*, 14(22). Scopus. <https://doi.org/10.3390/w14223681>

CAPÍTULO 10

DIGITAL TECHNOLOGIES AND THE EMERGENCE OF HARASSMENT, HATE SPEECH, AND CRIMINAL BEHAVIOR

Data de submissão: 21/01/2026

Data de aceite: 06/02/2026

Patricia Rodríguez Llanes

University of Sonora, México

<https://orcid.org/0000-0001-8123-4957>

Gabriel Mendoza Morales

University of Sonora, México

<https://orcid.org/0009-0007-7176-1594>

Blanca Aurelia Valenzuela

University of Sonora, México

<https://orcid.org/0000-0003-0960-9499>

ABSTRACT: This research focuses on the existing possibility for users to engage in the inappropriate use of Information and Communication Technologies (ICT) and aims to understand why individuals resort to acts of harassment, hate, and crime, affecting others in the position of victims. *Objective:* To study the use of ICT as a means to provoke harassment, hate, and crime. *Method:* The methodology employed a mixed approach, combining descriptive and non-experimental design. The sample consisted of seven (7) authors for qualitative analysis, examining legal contributions to preventing cybercrime.

Additionally, 45 young individuals aged 18 to 25 were analyzed for the quantitative study to demonstrate the prevalence of these incidents in this age range. Triangulation was consistently applied for discussion, aiming to establish a more specific understanding of the reality surrounding harassment, hate, and crime on the web. *Results:* It was revealed that approximately 60% of the respondents experienced harassment to varying degrees, with 58% falling victim to it. An 82% did not experience threats, and 63% did not feel a negative impact on their mental health due to these online experiences. This indicates a high incidence of online harassment and victimization, especially among young people, along with a significant underreporting of these situations and an impact on mental health in some cases. *Conclusion:* While freedom of expression is a fundamental right supported by various international legal systems, it is crucial that its exercise be balanced with legal responsibilities to prevent online hate speech and incitement to violence. This balance is necessary to curb the ease with which these crimes occur, ultimately impacting others.

KEYWORDS: ICT; cybercrime; cybercriminality; cyberviolence; harassment.

1. INTRODUCTION

In recent years, the technology revolution that began in the late 1960s and

the proliferation of the Internet since the late 1990s have marked a significant shift that continues to evolve [1]. Consequently, there has been a noticeable increase in the use of social networks, email, the Internet, and, in general, Information and Communication Technologies (ICT), to the extent that they have become indispensable in everyday life. This growth has been further intensified due to the increased use of ICT during the COVID-19 pandemic, leading to a rise in the number of cyberbullying cases and online scams, among other issues [2].

It is important to emphasize that young people are always connected and actively participate in the online world, using devices to carry out their activities in the digital sphere routinely.) In this regard, the everyday use of technological devices can lead to excessive trust in them and a neglect of necessary security procedures, resulting in serious problems due to improper usage [3].

The use of computer systems with the purpose of provoking, facilitating, or threatening violence towards individuals, resulting in physical, sexual, psychological, or economic harm or suffering, may involve the exploitation of a person's situation, characteristics, or vulnerabilities. [4]. This phenomenon is known as cyberbullying, where the term "cyber" focuses on the cybernetic aspect, and "bullying" has Dutch origins from "boel," which translates to "lover" but carries negative connotations as it was used towards pimps. In this interpretation, the emphasis is on the abuse of power component, as it implies an imbalanced relationship from which the victim cannot free themselves independently [5].

Building on these considerations, the study addresses various dimensions of hate speech, including the means of dissemination, the topic, geographical location, the novelty of the phenomenon, and its evolution, generating quantitative data for each aspect. Additionally, these variables are analyzed multidisciplinary to comprehend hate violence as the outcome of incidents and crimes that have harmful effects, both short and long term, on the physical and mental health of the victims [1].

Indeed, the use of these platforms has evolved to such an extent that individuals or groups within their communities seek to denigrate, belittle, and harass others based on their preferences, nationalities, situations, or physical characteristics that some consider grounds for degradation and mockery. The influence and pressure exerted by these platforms are so significant that ordinary people have made the decision to take their own lives due to mistreatment, insults, threats, and hatred expressed through various comments involving them, adversely affecting their mental health [6].

1.1. INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES

The creation and use of Information and Communication Technologies (ICT) have experienced rapid and significant growth, playing a fundamental role in virtually every aspect of today’s society. From education to entertainment, social relationships, and the workplace, they are deeply integrated into all these areas, defining contemporary reality in a cross-cutting manner [7].

For several years now, the use of ICT has been progressively increasing, being used daily by millions of people as a complement to their daily functions. While these technologies have represented a significant advancement for society, criminal networks, offenders, and even harassers have also used them to commit crimes, implying that anyone has the freedom to use them without restrictions [2].

According to a study conducted in Spain for the year 2018, WhatsApp (85%), Facebook (83%), YouTube (63%), and Instagram (44%) were the most frequently used platforms by users in their daily lives, surpassing Twitter. These users are typically young (16-30 years old), more often female than male, and belong to Generation Z, dedicating an average of 58 minutes daily to their use [8].

Without intending to stigmatize ICT, as they offer numerous beneficial possibilities for humanity, it is important to highlight that the increase in cybercrimes, such as fraud, identity theft, and online harassment, along with the growing exposure of the population to these risks, are undeniable facts. These problems ultimately result from individual moral decisions in the use of these technologies. [7]. To illustrate this, (Table 1) presents a series of advantages and disadvantages involving ICT as a current means of communication:

Table 1. Advantages and Disadvantages of Virtual Communication.

Advantages	Disadvantages
Allows individuals to maintain continuous communication with family or friends who reside far away and whom they cannot see frequently in person.	If privacy settings are not managed properly, social networks can pose a threat by exposing the individual's private life.
Offers the possibility of participating in Flashmobs, brief online encounters with playful and entertainment purposes that seek to mobilize large groups of people.	There is a risk of identity theft cases occurring.
Keeps the individual informed in real-time about events in their surroundings, providing the ability to filter information according to personal interests.	There is evidence of a lack of control over shared personal data.
Keeps people updated on relevant topics and facilitates their participation in events, performances, and conferences.	They can become addictive and consume a significant amount of time, as they are an attractive source of entertainment.
Helps overcome shyness by interacting with people online before meeting them in person, allowing for pre-meeting conversations.	They have the ability to appropriate all content posted on them.

Facilitates the exchange of experiences with the contact network through the publication of images and videos, such as sharing travel experiences or visited landscapes.

Offers the opportunity to meet new people daily, promoting the exchange of perspectives, traditions, and overcoming cultural, geographical, and even religious barriers.

Provides access to valuable training and knowledge related to the professional and market field by allowing participation in specialized groups and sharing knowledge with other members.

Serves as an effective platform for managing Personal Branding and highlighting the skills that a person wants to emphasize about their personality.

Offers a means to disconnect from stress and daily routine, providing moments of entertainment through the viewing of humorous videos and images, such as popular "memes".

Constitutes an accessible way to search for a partner and establish relationships through the Internet.

Represents an effective channel for addressing social issues in various areas, such as denouncing abuses of power by politicians or organizing solidarity actions for the benefit of disadvantaged groups.

They can be used by criminal individuals to obtain information about their victims and commit crimes such as harassment and sexual abuse, kidnapping, human trafficking, among others. Some adults may impersonate another person's identity and gain the trust of a minor to later blackmail them.

What is posted on these platforms can persist over time, even after being deleted.

Contributes to emotional distancing between individuals and their loved ones. Although it used to be common for people to gather to socialize or share anecdotes, now they tend to have conversations through these platforms.

Online communication lacks the emotional richness of in-person communication, as it does not involve visual contact with the other person, making conversations feel cold and impersonal.

The inappropriate use of social networks by malicious individuals can lead to cyberbullying, which involves the misuse of technology, including social networks, email, and mobile devices, to blackmail, insult, threaten, or psychologically harass others, with minors being frequent victims.

As can be observed, the use of ICTs has transformed the way people relate and communicate, allowing information to flow instantly, which can have a significant impact on the dissemination of social issues. They have also provided people with a platform to express their opinions and mobilize around important causes, leading to the creation of powerful social movements and campaigns. However, it is important to note that, despite their potential for positive social change, they can also be used negatively to spread misinformation or incite violence.

1.2. ICT HARASSMENT

Cyberbullying, also known as cyberbullying, represents a contemporary form of peer aggression that utilizes ICTs. In this form, harm is inflicted through digital means and can be perpetrated by a group of people or an individual, while the victim is in a vulnerable position and struggles to protect themselves [3].

One of the most common types of cyber violence is online harassment, involving a constant and repetitive series of actions or "continuous harassment" directed towards a

single person with the intention of causing significant emotional distress and, at times, even fear of physical harm. In colloquial terms, cyberbullying is often related to or described as “revenge porn” or “sextortion” [4].

In summary, bullying or school harassment through the use of ICTs is known as cyberbullying, which is a behavior aimed at causing harm and is repeated continuously, occurring in the context of an interpersonal relationship where there is a clear power disparity, adding to this violence through aggressive behaviors towards victims using communication technology devices [1].

Ultimately, sexual harassment on digital platforms encompasses not only lascivious or desired behaviors towards the victim but also involves public defamation through insults, threats, or offensive messages with the intention of damaging the image or moral integrity of the affected person [9]. Among the types of harassment are the following:

1.2.1. Cyberstalking

Also known as online harassment, it refers to the act of using technology, especially the Internet, to harass someone over time through psychological aggression. This behavior, although more common among adults, can be carried out by one or several people. Typical actions involved in cyberstalking include making false accusations, tracking, threats, identity theft, and manipulation or destruction of data, among others [8].

1.2.2. Sextortion

Also known as revenge porn, it is the online dissemination of content with the purpose of exposing, ridiculing, or damaging someone's dignity, usually after a romantic breakup or other motives, without the consent of the person involved. This may include erotic or sexual images, audios, or recordings of a sexual or pornographic nature of a person, even when those images have been obtained with the victim's consent in a private context [11].

1.3. HATRED THROUGH ICT

The impact of hate-based violence is significant, as it can lead to both physical and psychological effects, alter people's behavior, and even influence the dynamics of the victim's group and the community at large to which they belong [1].

It is worth noting that young people perceive hate speech as an integrated facet in the dynamics of online communication and social media. Although they admit that they do not identify it with the same frequency in the physical environment, they recognize

the interconnection between both worlds, understanding that both dimensions mutually influence each other. [1]. Among the types of hatred, [10] describes them as follows:

1.3.1. Electronic insults

The use of offensive or derogatory language by a user on social media or other platforms towards another person.

1.3.2. Harassment

Repeatedly sending offensive or harassing messages to a person, either through any type of online messaging.

1.3.3. Denigration

Spreading false or derogatory information about someone, such as the manipulation and publication of edited photos.

1.3.4. Impersonation

The harasser pretends to be the victim or uses third parties to send aggressive or offensive messages on behalf of the victim.

1.3.5. Coaxing

Disclosure of the victim's private information, obtained confidentially or through persuasion, and its subsequent dissemination without the victim's consent.

1.3.6. Exclusion

Deliberately excluding or preventing someone's participation in an online group or community.

1.3.7. Cyberstalking

Repeatedly sending threatening and harassing electronic communications with the aim of stalking someone.

1.3.8. HappySlapping

Recording physical assaults that are later published online for public dissemination.

1.4. CRIME THROUGH ICT

These types of cyber-violence actions, ranging from unauthorized intrusion into personal data to the deletion of critical information and deliberate obstruction of access to computer systems or data, have the potential to constitute serious crimes in the digital context. This underscores the need for robust legislation and effective security measures to address this growing problem [4].

Among the most common crimes, are identity theft, computer fraud, computer sabotage, computer espionage, unauthorized access to information systems, and fraudulent appropriation through electronic means [10] these crimes arise from racism, gender violence, and homophobia, among others [3]. It should be added that all these cybercrimes, can be caused by copyright infringement, computer fraud, child pornography, hate crimes, network security violations, and seizure of computer data. In this way, the following are presented in Table 2:

Table 2. Male and Female Victimization [2].

Victimizations in Minors	M	F	M	F	M	F	M	F
	2021		2020		2019		2018	
Sexual abuse	3	12	4	6	0	7	2	8
Illegal computer access	0	3	1	6	0	2	1	2
Sexual harassment	2	1	0	1	1	1	0	1
Online threats	23	27	17	24	11	25	10	30
Cyber attacks	0	0	1	0	0	0	0	0
Coercion	3	9	3	4	1	6	3	7
Crime of contacting a minor under 16 through technology for sexual purposes (grooming)	2	16	4	15	7	8	4	12
Discovery/revelation of secrets	1	8	2	5	4	8	0	5
Defamation	1	1	1	0	0	2	1	5
Child pornography	2	3	1	3	2	6	2	2
Sexual provocation	1	2	1	1	4	1	0	4
Sexual abuse	3	12	4	6	0	7	2	8

According to the data from Table 2, victimizations in minors related to crimes involving the use of technology and communications are outlined by gender and years. There is an overall decrease in sexual abuse, illegal computer access, and sexual harassment over the years, although men seem to be more involved in these crimes. Online threats are a constant concern, with fluctuating figures affecting both genders. Grooming shows a downward trend, while defamation increases, mainly among women. Additionally,

cases of child pornography vary. Overall, these data emphasize the importance of addressing online crimes and promoting education and awareness to protect minors in the digital environment.

1.5. LEGAL CONSIDERATIONS FOR CYBERCRIME

It is a phenomenon that manifests to directly and indirectly incite violence perpetrated by one individual against another, disregarding what the Constitution establishes. This affects a person's reputation, respect, perception of their moral and physical qualities, dignity, and their good name through acts that defame, discredit, distort, and tarnish the image of a citizen, using the power of the internet and social media to carry out this type of violence discreetly and directly against the victims [11]. Currently, there is no legal framework that establishes clear guidelines on how to identify the problem, what actions to take, and how to sensitize people to prevent such behaviors. The responsibility for addressing these issues lies with the autonomous communities, which must develop the corresponding legislation and establish protocols to address these situations [3].

2. METHODOLOGY

This concept does not simply involve merging and diluting the distinctive characteristics of each approach but recognizing that its essence lies in fully leveraging the advantages and strengths of each one separately. In mixed research (quantitative and qualitative), both play significant and complementary roles, with neither one predominating over the other. Instead, they collaborate together to achieve a more complete and holistic understanding of the studied reality [13]. Indeed, to learn more about the use of ICT in the midst of harassment, hatred, and crime, conducting a mixed analysis is more congruent for the study, delving into both perspectives, which could ensure a comprehensive analysis of the context.

Continuously, the descriptive method is defined as one that can provide a certain predictive capacity for future events. However, this prediction requires a solid theoretical foundation and previous evidence that provides a clear understanding of what might happen [14]. Thus, a description of the events caused by cybercrime and cyberbullying is carried out, emphasizing the legal and mental health aspects that this generates.

In the third place, the study is non-experimental as no specific scenario or condition is created; instead, existing situations that have not been deliberately generated by the researcher are observed. In this approach, independent variables have already taken place and are not subject to manipulation, meaning the researcher lacks direct control

over them and cannot exert influence since they have already occurred along with their associated consequences [14]. Within this context, situations of harassment, hatred, and crime carried out through ICT were studied, extracting from it situations such as mental health problems and new legal actions.

Regarding the population, it is formed by applying specific selection criteria, where the key distinction between the theoretical population and the study population lies in the fact that, in the latter, the units of analysis meet predefined selection criteria that are relevant to the research. The theoretical population serves to support with scientifically studied facts [16]. Based on this, the study group consists of seven (7) authors who provide significant contributions regarding the events related to ICT, based on their particular research, serving as a reference. Another group consists of 45 randomly selected individuals aged 18 to 25, aiming to determine if this situation is more common than thought.

To collect data and information from the population, a survey is carried out, which is a tool that is carried out through an instrument called a questionnaire, aimed only at people and providing information about their opinions, behaviors or perceptions [14].

A questionnaire with 12 questions was created, addressing important topics such as sample profile classification, harassment, victimization, discrimination, threats, persuasion, coercion, discomfort, and insecurity online, as well as the dissemination of private information, identity theft, reporting of these situations, and the impact on mental health.

In the current era, research employs a variety of tools to collect data, highlighting the importance of triangulation. The large amount of data sometimes requires the researcher to use a reliable analysis technique. Triangulation plays a fundamental role, especially when considering the ultimate goal of the research being pursued [17]. As ICT covers a wide range of aspects, from online social interaction to the impact on mental health and cybersecurity, it is essential to use multiple data sources and research methods to obtain a comprehensive and accurate understanding.

Triangulation allows contrasting and verifying the information collected in different ways, increasing the reliability and validity of the findings. Addressing such a relevant topic in contemporary society, it is crucial to ensure that the results are robust and representative, further reinforcing the relevance of triangulation in research on ICT and its effects on people's lives.

3. RESULTS

The results allow detecting the differences between actions performed and actions that should be performed; identify strengths and weaknesses of processes;

promote proposals and make positive changes, and measure the efficiency of processes [14].

Hence, the purpose of this survey was to investigate the events caused by the use of ICT as a means to provoke harassment, hatred, and crime. The obtained results provided a comprehensive view of how these technological resources, when misused, significantly affect individuals in terms of their integrity and mental well-being, compelling global governments to enforce legal changes.

3.1. QUANTITATIVE ANALYSIS

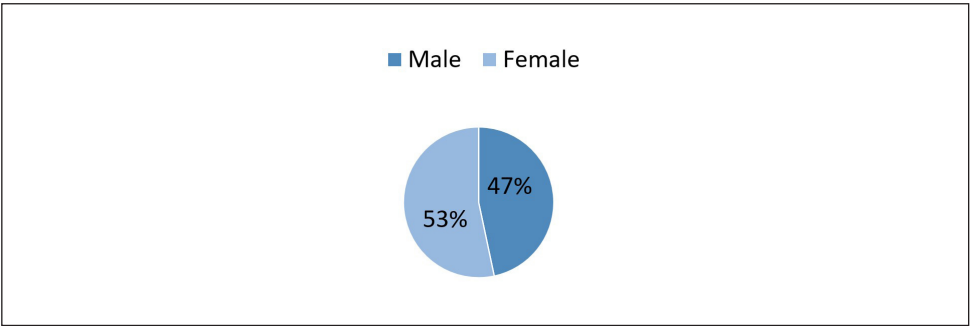
In the quantitative section, 13 questions were established for 45 individuals aged 18 to 25. These questions were specifically designed to gather information about their own experiences using ICT in the context of harassment, hatred, and crime. The goal was to understand how frequent these events are and how they impact mental health.

1. Select your type of gender

Table 3. Gender.

Responses	Quantity	Percentage
Male	21	47%
Female	24	53%
Total	45	100%

Graphic 1. Gender.



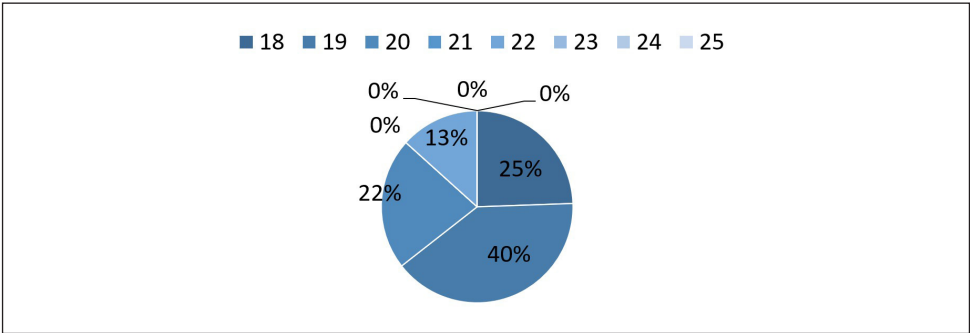
Of the participants, 47% are men, while 53% are women. This relatively balanced gender distribution is essential to ensure the representativeness of the sample and will allow for a more comprehensive understanding of how ICT affects individuals of different genders in relation to online harassment, hatred, and crime.

2. Select your age

Table 4. Age.

Responses	Quantity	Percentage
18	11	25%
19	18	40%
20	10	22%
21	0	0%
22	6	13%
23	0	0%
24	0	0%
25	0	0%
Total	45	100%

Graphic 2. Age.



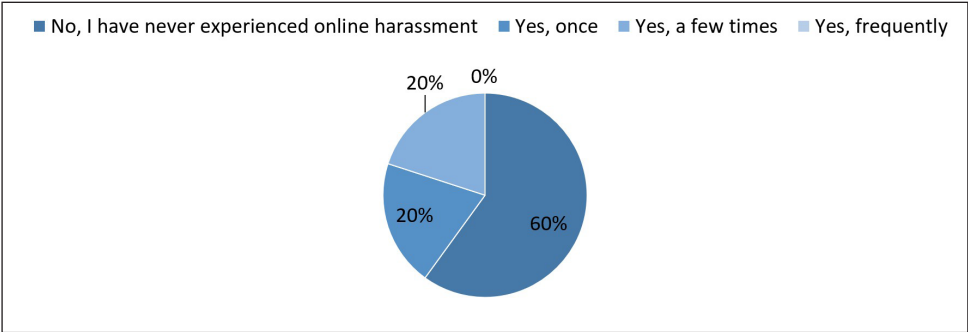
Among the participants, 25% are 18 years old, 40% are 19 years old, and 22% are 20 years old. Additionally, it is observed that 13% are 22 years old, and no participants of older ages were recorded in the sample. The research focuses primarily on young adults, which may be relevant for understanding how ICT affects this particular demographic group in relation to online harassment, hatred, and crime.

3. Have you experienced any form of online harassment or bullying (cyberbullying) in the last 12 months?

Table 5. Harassment Experience.

Responses	Quantity	Percentage
No, I have never experienced online harassment.	27	15%
Yes, once.	9	29%
Yes, a few times.	9	42%
Yes, frequently.	0	14%
Total	45	100%

Graphic 3. Harassment Experience.



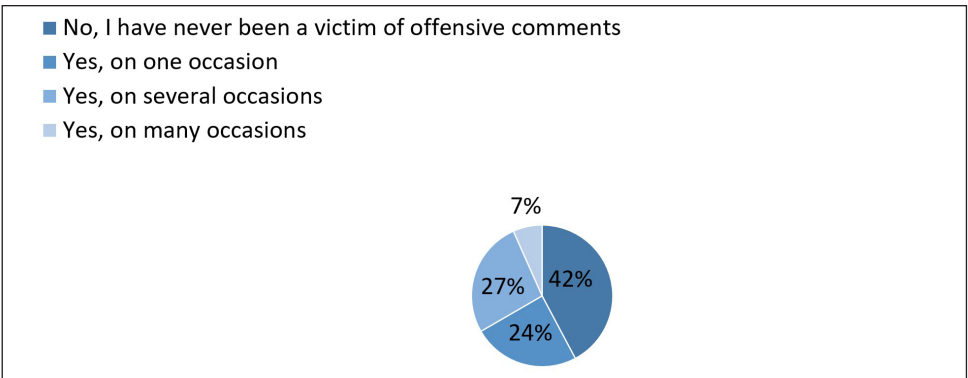
It is revealed that 60% of the respondents have experienced some level of online harassment during that period. Of these, 29% reported experiencing it once, while 42% experienced it a few times. Surprisingly, 15% of the participants claimed they had never experienced online harassment in the last 12 months. These results highlight the prevalence of cyberbullying in the sample and the importance of addressing this issue in research on the impact of ICT on online harassment, hatred, and crime.

4. Have you been a victim of offensive comments, insults, or mockery on social media platforms or other websites?

Table 6. Victimization.

Responses	Quantity	Percentage
No, I have never been a victim of offensive comments	19	42%
Yes, on one occasion	11	24%
Yes, on several occasions	12	27%
Yes, on many occasions	3	7%
Total	45	100%

Graphic 4. Victimization.



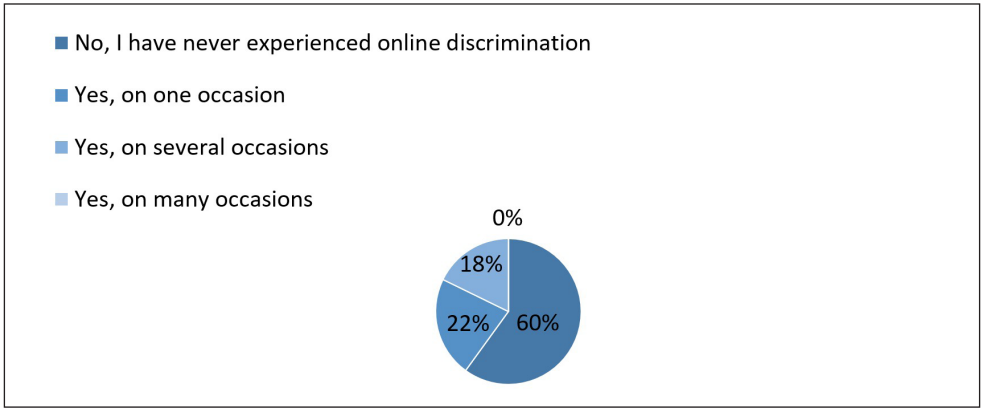
The results have shown that 58% of the respondents have experienced some level of online victimization. 24% reported having experienced it on one occasion, while 27% experienced it on multiple occasions. Finally, 7% of the participants claimed to have been victims of offensive comments on many occasions. These findings underscore the frequency with which people are subjected to offensive comments online and emphasize the importance of addressing this aspect in the context of research on the impact of Information and Communication Technologies (ICT) on online harassment, hatred, and crime.

5. Have you been the target of discrimination or hate comments online due to your gender, sexual orientation, ethnicity, religion, or another characteristic?

Table 7. Discrimination.

Responses	Quantity	Percentage
No, I have never experienced online discrimination	27	60%
Yes, on one occasion	10	22%
Yes, on several occasions	8	18%
Yes, on many occasions	0	0%
Total	45	100%

Graphic 5. Discrimination.



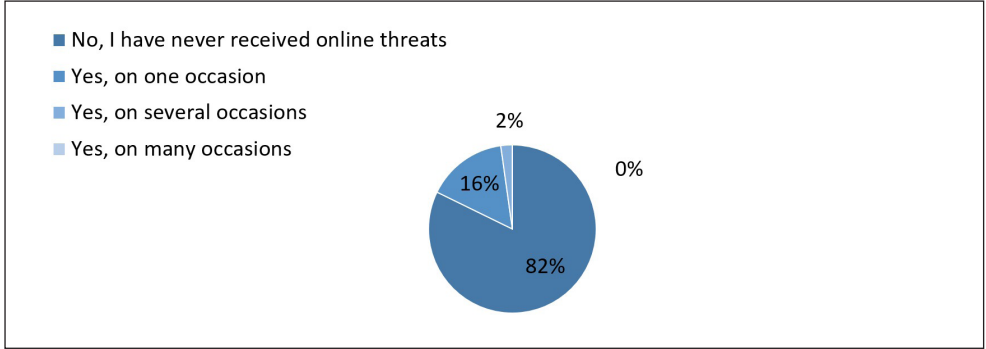
It was found that 40% of the respondents have experienced some form of online discrimination, with 22% reporting having encountered it on one occasion and 18% on multiple occasions. The option for “many occasions” was not selected. These results highlight the presence of online discrimination and underscore the need to address this issue in the context of research on Information and Communication Technologies (ICT) and their relationship with this study.

6. Have you received threats of physical violence or harm through messages or online posts?

Table 8. Threats.

Responses	Quantity	Percentage
No, I have never received online threats	37	82%
Yes, on one occasion	7	16%
Yes, on several occasions	1	2%
Yes, on many occasions	0	0%
Total	45	100%

Graphic 6. Threats.



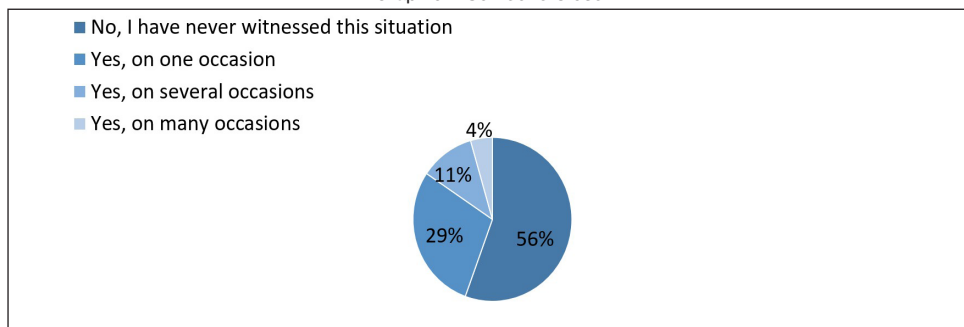
It was demonstrated that the vast majority, 82%, has not experienced this type of online threats. However, 16% reported having received threats on one occasion, and a small percentage of 2% indicated having received them on multiple occasions. There were no responses indicating having received online threats many times, explaining that while the threat of physical violence or harm online is not a widespread issue among the respondents, there is still a significant number of people who have faced this form of online harassment.

7. Have you witnessed the dissemination of images or private information about yourself or others without consent online?

Table 9. Someone Close.

Responses	Quantity	Percentage
No, I have never witnessed this situation	25	56%
Yes, on one occasion	13	29%
Yes, on several occasions	5	11%
Yes, on many occasions	2	4%
Total	45	100%

Graphic 7. Someone Close.



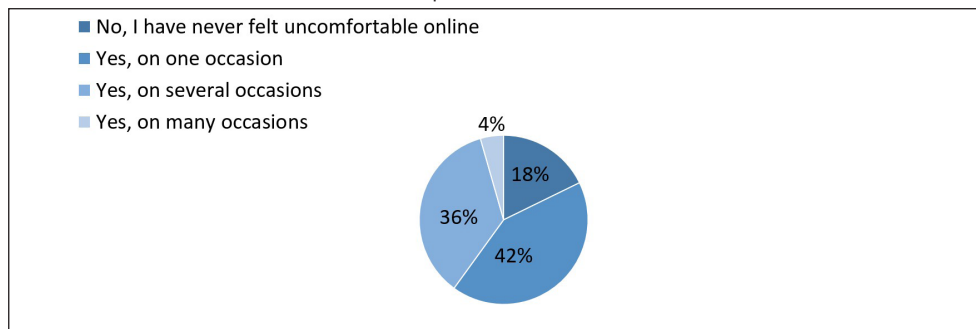
It is shown that approximately 56% of the respondents indicated that they have never witnessed this situation. On the other hand, 29% claimed to have witnessed it on one occasion, while 11% reported seeing it several times, and 4% mentioned observing it many times. These results suggest that the non-consensual dissemination of private information online is a problem that some participants have experienced at different levels of frequency, emphasizing the importance of addressing online privacy protection and preventing this type of behavior.

8. Have you ever felt uncomfortable or unsafe due to interactions with unknown individuals online?

Table 10. Discomfort.

Responses	Quantity	Percentage
No, I have never felt uncomfortable online	8	18%
Yes, on one occasion	19	42%
Yes, on several occasions	16	36%
Yes, on many occasions	2	4%
Total	45	100%

Graphic 8. Discomfort.



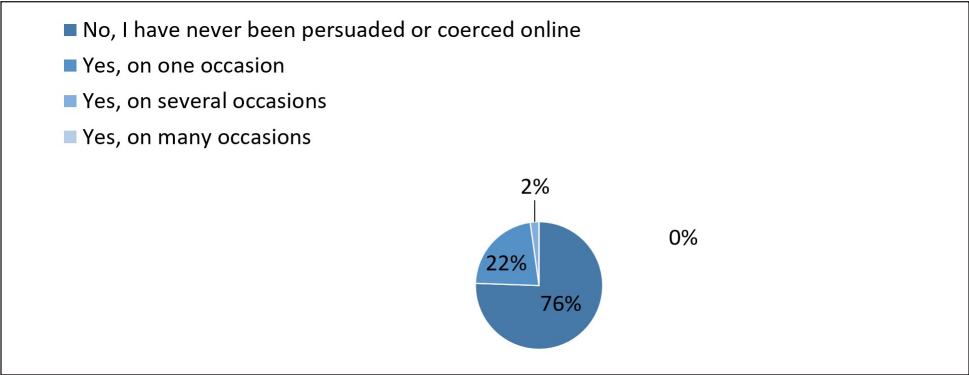
A variety of experiences were revealed, with 18% indicating they have never felt uncomfortable online. However, a significant percentage of 82% reported experiencing some degree of discomfort or insecurity in their online interactions. Within this group, 42% mentioned feeling uncomfortable on one occasion, 36% stated that this has happened on multiple occasions, and 4% expressed experiencing this discomfort many times. These results underscore the need to address and promote online safety and the management of interactions with strangers as essential aspects of user experience in the digital environment.

9. Have you been persuaded or coerced online to do something you did not want to do?

Table 11. Persuasion.

Responses	Quantity	Percentage
No, I have never been persuaded or coerced online	34	76%
Yes, on one occasion	10	22%
Yes, on several occasions	1	2%
Yes, on many occasions	0	0%
Total	45	100%

Graphic 9. Persuasion.



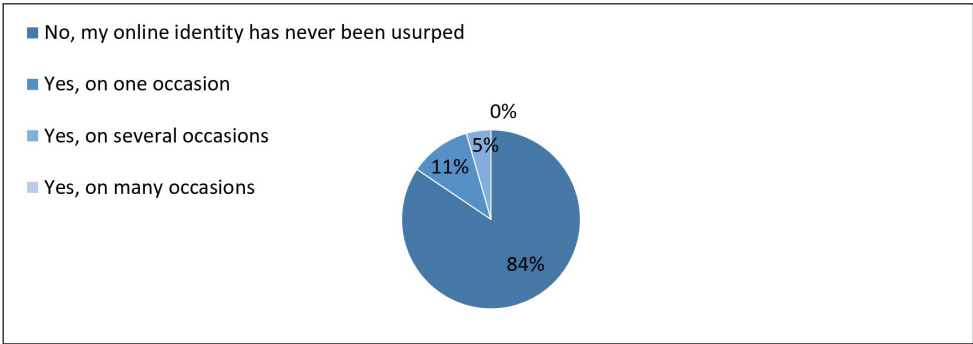
The majority of respondents, at 76%, indicated that they have never experienced this type of online persuasion or coercion. However, 22% mentioned being persuaded on one occasion, and 2% stated that this has happened on multiple occasions. No participant reported experiencing this situation many times. While online persuasion is not a common experience for most respondents, there is still a significant segment of the population that has faced this type of pressure in their online interactions, underscoring the importance of addressing online safety and awareness on various fronts.

10. Have you experienced identity theft online by someone else?

Table 12. Identity Theft.

Responses	Quantity	Percentage
No, my online identity has never been usurped	38	84%
Yes, on one occasion	5	11%
Yes, on several occasions	2	5%
Yes, on many occasions	0	0%
Total	45	100%

Graphic 10. Identity Theft.



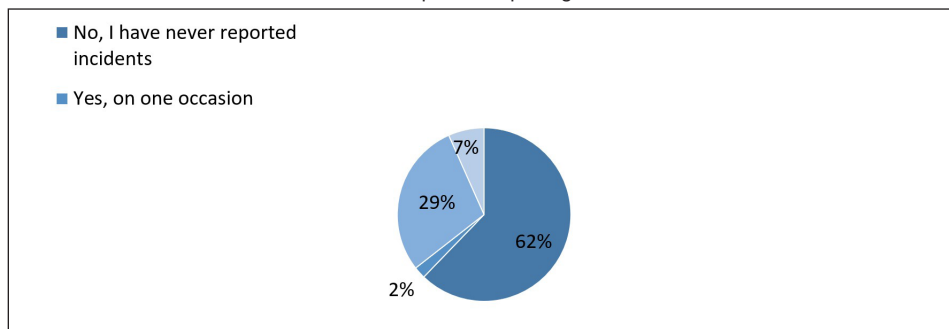
A significant portion of the respondents, 84%, reported that they have never been victims of online identity theft. However, 11% mentioned that it has happened to them on one occasion, and 5% stated that it has occurred on multiple occasions. It concludes with no participant reporting experiencing online identity theft many times. These results indicate that, although online identity theft is not a common experience for the majority of the respondents, there is still a small percentage of the population that has faced this issue, emphasizing the importance of cybersecurity and education on online identity protection.

11. Have you ever reported incidents of harassment, hate, or online crime to authorities or online platforms?

Table 13. Reporting.

Responses	Quantity	Percentage
No, I have never reported incidents	28	62%
Yes, on one occasion	1	2%
Yes, on several occasions	13	29%
Yes, on many occasions	3	7%
Total	45	100%

Graphic 11. Reporting.



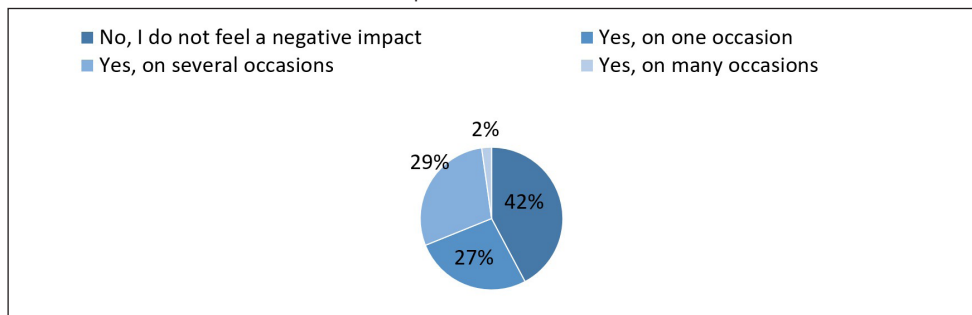
Specifically, 62% indicated that they have never reported incidents related to these situations, suggesting a lack of action in the majority of cases. On the other hand, it is encouraging to note that 29% claimed to have reported multiple times, and 7% even reported many times. Conversely, a small 2% mentioned reporting only once. In conclusion, there is a need to raise awareness about the importance of reporting and taking action against online harassment, hatred, and crimes, and to provide greater support and resources to those facing these situations.

12. Do you feel that negative online experiences have had an impact on your emotional and mental well-being?

Table 14. Mental Health.

Responses	Quantity	Percentage
No, I do not feel a negative impact	19	63%
Yes, on one occasion	12	31%
Yes, on several occasions	13	4%
Yes, on many occasions	1	2%
Total	45	100%

Graphic 12. Mental Health.



To conclude, the majority of respondents, 63%, do not feel a negative impact on their mental health. However, a significant 31% stated they have experienced an impact on their emotional and mental well-being at least once due to these experiences. Additionally, 4% mentioned feeling this impact multiple times, and a small 2% said they have felt it many times. Indeed, it is important to address the negative consequences that online experiences can have on people's mental health and provide support and resources for those who face them recurrently.

3.2. QUALITATIVE ANALYSIS

To begin this section of the study, the qualitative analysis was conducted in (Table 15) by examining seven (7) authors who explored the topic. These authors were randomly selected from Google Scholar based on the current period from 2019 to 2023 to understand their contributions in the legal and criminal context, as they are the ones most researched to control the issues of harassment, hatred, and crimes using ICT.

Table 15. Qualitative Analysis.			
No.	Author(s) and year	Title	Journal, University, and websitePrincipio del formulario
1	Gómez, M., Garcés, F. y Moran, M. (2023)	The crime of technological harassment and Ecuadorian legislation.	IustitiaSocialis, VIII, VIII, (1), 105 – 120
2	Moreno y Arroyo (2022)	The Crime of Technological Harassment and Ecuadorian Legislation.	RLCS, (80), 347 – 363
3	Quezada, et al., (2022)	Networks, Monitoring Systems, and Mobile Applications to Combat Hate Speech and Crimes in Europe.	RISTI, E54, 419 – 435.
4	Carriedo, L. (2022).	Teenagers' Overexposure to Cybercrimes in Ecuador.	Research and Innovation Center in Information and Communication Technologies.Principio del formulario
5	Cook (2022)	Computer Crimes in the Face of Human Rights Standards and Freedom of Expression in Mexico.	Comparitech
6	Val, L. (2019)	Data and Statistics on Cyberbullying from 2018 to 2022. Comparitech.	University of Valladolid
7	Aguilar, S. (2021)	Hate Crimes on Social Media.	CEUTEC Technological University Center

In the global context, when analyzing articles and declarations of human rights from various international legal systems, such as the Universal System, the American System, the African System, and the European System, which emphasize the right to freedom of expression and the importance of receiving and disseminating information and ideas without unjustified restrictions, they establish that freedom of expression is a fundamental right that includes the right to seek, receive, and communicate information by any means and without limitation of borders [11].

In historical terms, the concept of “hate crimes” has been a subject of debate and definition in academic circles, without reaching a clear consensus. For some, these crimes are characterized by the presence of prejudices that motivate the offense, while others argue that the victim’s belonging to a hated social group defines them. The origin of this concept dates back to 1985 in the United States when numerous crimes based on racial and ethnic prejudices were investigated. The FBI adopted the term due to its media impact and message [6].

To address technological harassment, the United States enacted the State Communications Act, which focuses on punishing those who attempt to extort by threatening to harm someone’s reputation or property. This law provides for fines, imprisonment of up to two years, or both penalties. Additionally, there is the Interstate Stalking and Prevention Act, which establishes different levels of penalties based on the severity of the case for anyone using technological means to cause serious emotional distress to another person or to put them in reasonable fear of harm, including death [12].

It is important to note that hatred itself is not a crime, as the protection of civil rights in the country gained significant momentum after the murders of civil rights workers in 1964. The Supreme Court ruling also emphasizes that hate speech cannot be a punishable offense and that legislation varies based on each state’s historical experience. Hate crimes are defined as those committed due to race, religion, gender, sexual orientation, gender identity, or perceived or actual disability, and were addressed by the Matthew Shepard and James Byrd, Jr. Hate Crimes Prevention Act [6].

Nevertheless, the right to freedom of expression may be subject to certain restrictions, such as the protection of national security, public order, public health, public morals, and the rights and reputation of others, highlighting the need to balance freedom of expression with appropriate legal responsibilities and limitations in a democratic society. It is emphasized that propaganda in favor of war and the advocacy of national, racial, or religious hatred that incites violence or illegal actions against individuals or groups is prohibited [11].

Statistically, according to research published in the Multimedia Systems journal, the majority of cases of cyberbullying in Canada, the United Kingdom, and the United States involve minors. Studies conducted in the United States by the Cyberbullying Research Center revealed that among students aged 12 to 17, 7% have experienced digital harassment, while 30% have been victims of rumors and gossip on social media. Another study by the National Crime Prevention Center found that 43% of young people were victims of this type of online crime. Additionally, the Pew Research Center reported in its records that 59% of the surveyed individuals had experienced cyberbullying [18].

In Spain, statistical data from the report on the evolution of incidents related to hate crimes shows 1,334 incidents related to hate crimes, with 189 of them occurring on the Internet (45%) or social media (23%). This is compounded by an abundance of intolerant comments, popularly dubbed “hate”, against xenophobia and intolerance in digital newspapers [1]. Furthermore, according to [8], Spanish criminal legislation addresses various types of cybercrimes, including:

3.2.1. Threats

Protecting individual freedom and the sense of security, regulated in articles 169 to 171 of the Penal Code, often related to harassment such as cyberbullying.

3.2.2. Coercion

Protecting individual freedom, regulated in articles 172 and 173 of the Penal Code, often related to acts of “stalking” (harassment).

3.2.3. Sexual Abuse

Regulated in articles 181 to 183 BIS of the Penal Code, addressing offenses against sexual freedom or integrity without the need for violence or intimidation, including “grooming” in article 183 ter.

3.2.4. Exhibitionism and Sexual Provocation

Penalizing obscene acts and the sale, dissemination, or exhibition of pornographic material, regulated in articles 185 and 186 of the Penal Code.

3.2.5. Child Pornography

Penalizing the production, sale, distribution, and exhibition of child pornography in articles 187 to 189 of the Penal Code, with legal liability for legal entities.

3.2.6. Disclosure and Revelation of Secrets

Regulated in articles 197 to 201 of the Penal Code, protecting privacy and sanctioning unauthorized access or disclosure of data, electronic documents, or the interception of communications.

3.2.7. Slander and Libel

Articles 205 to 210 of the Penal Code sanction the imputation of false facts constituting a crime and injury to honor, respectively.

3.2.8. Computer Damage

Article 264 of the Penal Code punishes damage to others' computer systems, including unauthorized access.

3.2.9. Identity Theft

Although not an autonomous crime, it can be part of other offenses, such as “stalking” or “child grooming”.

3.2.10. Incitement to Hate and Violence against Groups

Article 510 of the Penal Code sanctions the provocation of hatred, discrimination, or violence against groups based on racist, religious, sexual, among other motives.

In another context, Ecuador's Comprehensive Organic Penal Code (COIP) addresses a National Cybersecurity Policy, emphasizing the awareness of technology companies regarding the issue to provide protection to their users and benefit the national economy [9]. The latest reform of Honduras' Penal Code in 2020 addressed various cybercrimes but did not specifically classify sexual harassment on online platforms. Given the breadth and constant evolution of social media, current legislation has gaps in regulating crimes committed online, underscoring the need for a more comprehensive and adaptable legal framework to address these issues [10].

4. DISCUSSION

The analysis of the data collected in the mixed-method research on Information and Communication Technologies (ICT) as a means to incite harassment, hatred, and crimes reveals significant findings about individuals' experiences in the digital environment regarding these issues. Despite cyber violence often originating online, its consequences

transcend the virtual world, causing harm to both victims and their families. This form of violence poses moral and psychological threats, with individuals experiencing anxiety and depression as a result [4].

The sample profile is characterized by a gender balance, with 47% males and 53% females, ensuring the representativeness of the sample and enabling a comprehensive analysis of how ICT affects individuals of different genders in relation to online harassment, hatred, and crime. In terms of age, the majority of participants are young adults, with 25% at 18 years, 40% at 19 years, and 22% at 20 years. Thirteen percent are 22 years old, and no participants over the age of 22 were recorded in the sample.

These results indicate that the research primarily focuses on young adults, which may be relevant for understanding how ICT impacts this particular demographic concerning the studied issues. Regarding the authors cited in the qualitative section, the information is based on studies from various sources and perspectives providing a broad and detailed insight into the topic, as well as the legal and social responses implemented in different contexts.

Firstly, it is noteworthy that 60% of the participants reported experiencing some level of online harassment during the studied period, indicating the prevalence of cyberbullying in the sample and emphasizing the importance of addressing this issue. Within this group, 29% mentioned experiencing it once, while 42% claimed to have experienced it multiple times. Furthermore, 58% of respondents indicated experiencing some level of online victimization, demonstrating that almost six out of every ten have been subjected to offensive or hostile online comments at some point. Of these, 24% reported experiencing it on one occasion, while 27% experienced it multiple times.

Regarding online discrimination, 40% stated having experienced some form of discrimination, indicating they have faced these situations. However, 22% of participants claimed to have experienced it once, and 18% experienced it multiple times. While the percentages are lower than those of harassment and victimization, they still point to the need to address the issue of online discrimination. On the other hand, a concerning aspect is that 16% claimed to have received online threats on at least one occasion. Although not a widespread issue among participants, this result underscores that a significant number of individuals have faced online threats, highlighting the importance of addressing cybersecurity and preventing such behavior.

Regarding online identity theft, 84% reported never having experienced this type of issue, while 11% mentioned it occurring on one occasion. This indicates that a small percentage of the population has faced this problem, emphasizing the importance of

cybersecurity and education on protecting online identity. These findings underscore the need to address and promote online security, manage online interactions, and prevent negative behaviors in the digital environment.

On a global scale, there is universal recognition of the right to freedom of expression as a fundamental principle. However, this right is not absolute and may be subject to certain legal restrictions, such as protecting national security, public order, public health, and the rights and reputation of others. This balancing act of freedom of expression with other responsibilities and legal limitations is crucial in a democratic society. It is important to note that incitement to national, racial, or religious hatred that incites violence or illegal actions against individuals or groups is prohibited in many international legal systems, reinforcing the need to effectively address online hate speech.

Furthermore, statistics on online harassment show that this problem is prevalent in various countries, especially among young people. In the United States, for example, digital harassment affects a significant proportion of students aged 12 to 17, with 7% experiencing digital harassment and 30% falling victim to rumors and gossip on social media. Additionally, the Pew Research Center reports that 59% of surveyed individuals have experienced cyberbullying. In Canada, the United Kingdom, and the United States, most cases of cyberbullying involve minors. These statistics highlight the importance of addressing online harassment as a serious issue that particularly affects the youth.

In the same vein, the United States has enacted specific laws to address online harassment and hate crimes, such as the State Communications Act and the Interstate Stalking and Prevention Act, imposing significant penalties on those engaging in criminal online behaviors, such as extortion and threats of emotional or physical harm. This signifies that hate speech itself is not a crime, and legislation varies based on each state's historical experience. The Matthew Shepard and James Byrd, Jr. Hate Crimes Prevention Act is a significant example of legislation protecting individuals against prejudice-based violence and harassment.

In Spain, progress has been made in legislation and prevention of online hate crimes. The report on the evolution of incidents related to hate crimes shows a significant number of incidents related to online hate crimes and social media. The legislation addresses a variety of cybercrime-related offenses, such as threats, coercion, sexual abuse, exhibitionism, child pornography, disclosure of secrets, defamation, and computer damage, among others. This legislation is essential for addressing various forms of online crimes and protecting the rights and security of individuals, serving as an example that can be expanded globally.

In summary, information collected from different sources and contexts highlights the importance of addressing online harassment, hate, and crimes from legal, social, and educational perspectives. Fundamental rights, such as freedom of expression, must be balanced with appropriate legal restrictions to prevent incitement to hatred and violence. Statistics show that online harassment is a widespread problem, especially among young people, underscoring the urgency of taking measures to protect online users. Legislation and national cybersecurity policies are crucial tools for addressing these challenges and promoting a safer and more respectful online environment.

5. CONCLUSIONS

In general, it is essential to promote open communication with minors to identify possible cases of cyberbullying early on. Instead of downplaying or exaggerating the situation, it is crucial to approach it with support. Blaming the Internet is not the solution; rather, the focus should be on listening and providing an appropriate response that does not expose the victim further or increase their humiliation. Encouraging conversations about the issue with friends, avoiding keeping it a secret, and not responding to online provocations while preserving evidence in case of harassment are highly recommended practices [8].

Efforts to change hate speech through ICT encompass various dimensions, where legal actions complement social and educational approaches. This requires commitment from both institutions and companies to ensure this change. Together, these efforts aim to promote democratic values and create a safer and more respectful online environment for everyone, discouraging the spread of hate messages facilitated by the anonymity offered by online media [1].

Regarding these considerations, the triangulation of data and information through different research methods, such as surveys and theoretical analyses, provides a more comprehensive understanding of issues related to ICT and online harassment. In this context, survey results show that online harassment and victimization are common challenges, emphasizing the need to address online security and promote greater awareness. While most respondents have not reported instances of online harassment, it is essential to encourage reporting and provide support to those facing these issues.

Despite freedom of expression being a fundamental right supported by various international legal systems, its exercise must be balanced with legal responsibilities to prevent online hate speech and incitement to violence. Hate crimes, though subject to debate in terms of definition, have a significant impact on victims and require appropriate

preventive and punitive measures. The pioneering legislations of the United States and Spain, addressing a variety of technology-related crimes from digital harassment to child pornography, underscore the need for specific regulations in the digital environment.

Additionally, the impact on individuals' mental health due to negative online experiences is a relevant aspect that deserves attention and resources for psychological support. Moreover, it serves as certified evidence when prosecuting those who have harmed the affected person. Finally, online identity theft is less common but remains a significant concern in terms of cybersecurity and protection of online identity. Overall, this study highlights the complexity of issues related to ICT, online harassment, and hate speech, emphasizing the need for a multifaceted approach involving society, online platforms, and legislation to effectively address these challenges.

REFERENCES

- [1] Moreno, R., & Morelo, S. (2022). Communication on Networks and Hate Speech in the Spanish Context. *International Visual Culture Review*, 2–9. doi: <https://n9.cl/3ozk8m>
- [2] Ros, N. (2022). Analysis and Evaluation of the Impact of Crime Using ICTs, in Especially Vulnerable Collectives. (Undergraduate Thesis). Higher Polytechnic School. University of Alicante. doi: <https://n9.cl/tck8f>
- [3] Navarro, T. (2019). Risks Among Adolescents due to the Misuse of ICTs: Cyberbullying. (Undergraduate Thesis). University of Zaragoza. doi: <https://n9.cl/i2wlg>
- [4] Febro, J. & Tinam, M. (2022). Exploring Cyber Violence against Women and Girls in the Philippines through Mining Online News. *Scientific Journal of Educommunication, Comunicar*, 70, (XXX), 125–138. doi: <https://n9.cl/neiqlkz>
- [5] Torres, M. (2021). Cyberbullying from the Perspective of Extracontractual Civil Liability. (Undergraduate Thesis). Miguel Hernández University of Elche. doi: <https://n9.cl/h1g90>
- [6] Val, L. (2019). Los delitos de odio en las redes sociales. (Undergraduate Thesis). University of Valladolid. doi: <https://n9.cl/s32y5>
- [7] Hernández, M., & Pina, M. (2020). Hate Messages on the Internet. V International Virtual Congress on Education in the 21st Century. [March 2020]. doi: <https://n9.cl/a7p5r>
- [8] Vadillo, L. (2019). Harassment of minors and young people through social networks. (Undergraduate Thesis). Miguel Hernández De Elche University. doi: <https://n9.cl/t1xzyh>
- [9] Quezada, P., Suárez, E., Coloma, A., Ruiz, R., Pinos, B., Espinoza, E., Arrobo, C. & Martínez, C. (2022). Overexposure of Adolescents to Cybercrimes in Ecuador. *RISTI*, E54, 419–435. doi: <https://n9.cl/hje2b>
- [10] Aguilar, S. (2021). Cybersexual Harassment through Online Platforms in Honduras, the Crime of the 21st Century. (Undergraduate Thesis). Centro Universitario Tecnológico CEUTEC. doi: <https://n9.cl/jos21>

- [11] Carriedo, L. (2022). Computer Crimes in the Face of Human Rights Standards and Freedom of Expression in Mexico. (Undergraduate Thesis). Center for Research and Innovation in Information and Communication Technologies. doi: <https://n9.cl/7vr84>
- [12] Gómez, M., Garcés, F., & Moran, M. (2023). Technological Harassment and Ecuadorian Legislation. *IustitiaSocialis*, VIII, VIII, (1), 105–120. doi: <https://n9.cl/3bz8l>
- [13] Salas, D. (2019). The Mixed Research Approach: Some Characteristics. [June 4, 2019]. doi: <https://n9.cl/hd2v>
- [14] Arias, J. (2021). Design and Methodology of Research. First Edition. Peru: Enfoques Consulting EIRL. doi: <https://n9.cl/vbqz4>
- [15] Valle, W. (2022). Non-experimental research designs. *Experimental Psychology*. Catholic University the Angeles of Chimbote. doi: <https://n9.cl/y7ilm>
- [16] Mucha, L., Chamorro, R., Oseda, M. y Alania, R. (2020). Evaluation of procedures used to determine the population and sample in postgraduate research work. *Scientific Journal of Social Sciences and Humanities, Challenges*, 12, (1); 44-51. doi: <https://n9.cl/6kr95>
- [17] Jiménez, V., & Garcia, M. (2021). Methodological Triangulation in Research. *United Scientific Journal*, 5, (2), 70–73. doi: <https://n9.cl/76lm8s>
- [18] Cook, S. (2022). Data and Statistics on Cyberbullying from 2018 to 2022. *Comparitech*. [December 9, 2022]. doi: <https://n9.cl/o5eep>

CAPÍTULO 11

PROGRAMACIÓN WEB, PROYECTOS Y PENSAMIENTO CREATIVO: UNA EXPERIENCIA EDUCATIVA EXITOSA

Data de submissão: 21/02/2026

Data de aceite: 06/03/2026

Laura Martínez Hernández

Tecnológico Nacional de México

Instituto Tecnológico de Orizaba

Orizaba, Veracruz, México

<https://orcid.org/0000-0001-9404-225X>

Patricia Quítl González

Tecnológico Nacional de México

Instituto Tecnológico de Orizaba

Orizaba, Veracruz, México

<https://orcid.org/0000-0001-7430-2405>

Miguel Ángel Herrera Hernández

Tecnológico Nacional de México

Instituto Tecnológico de Orizaba

Orizaba, Veracruz, México

<https://orcid.org/0009-0000-4505-8095>

Concepción Nava Arteaga

Tecnológico Nacional de México

Instituto Tecnológico de Orizaba

Orizaba, Veracruz, México

<https://orcid.org/0009-0002-3334-4726>

Elda Rosario Ruíz

Tecnológico Nacional de México

Instituto Tecnológico de Orizaba

Orizaba, Veracruz, México

<https://orcid.org/0009-0007-1368-3102>

Javier Contreras Ruíz

Tecnológico Nacional de México

Instituto Tecnológico de Orizaba

Orizaba, Veracruz, México

<https://orcid.org/0009-0003-5734-5739>

RESUMEN: La carrera de ingeniería en sistemas computacionales del Tecnológico Nacional de México forma profesionistas capaces de diseñar y desarrollar soluciones innovadoras mediante aplicaciones Web, para ello se imparte el curso de programación Web. Este trabajo describe la implementación del aprendizaje basado en proyectos mediante el desarrollo un proyecto integrador en el curso enero-junio 2022, donde lo estudiantes emplearon la metodología XP, manejo de base de datos y uso de lenguajes Web para diseñar soluciones a problemáticas reales. El curso se llevó a cabo en 16 semanas, con 34 estudiantes organizados en 6 equipos de trabajo. El total de los estudiantes aprobaron el curso, el 68% de ellos alcanzo un nivel de desempeño notable. Se plantea establecer esta estrategia para los cursos sucesivos puesto que facilita la creación de proyectos multidisciplinarios exitosos y aporta a los estudiantes una experiencia que proporciona confianza en sus habilidades y fomenta su pensamiento creativo.

PALABRAS CLAVE: programación Web; proyecto integrador; multidisciplinario; pensamiento.

ABSTRACT: The career of engineering in computer systems of the Tecnológico Nacional de México trains professionals capable of designing and developing innovative solutions through Web applications, for this the Web programming course is taught. This paper describes the implementation of project-based learning through the development of an integrative project in the January-June 2022 academic year, where students used the XP methodology, database management and use of Web languages to design solutions to real problems. The course lasted 16 weeks, with 34 students organized into 6 work teams. The total of the students passed the course, 68% of them reached a remarkable level of performance. It is proposed to establish this strategy for successive courses since the strategy facilitates the creation of successful multidisciplinary projects and provides students with an experience that provides confidence in their abilities and encourages their creative thinking.

KEYWORDS: Web programming; integrative project; multidisciplinary; thinking.

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el uso de aplicaciones Web (AWeb) representan unas de las herramientas más necesarias en las empresas, pues facilitan la vida de los usuarios, promueven la interconectividad entre organizaciones e incluso entre las propias computadoras, así mismo mejoran la experiencia en la adquisición de productos y servicios. De acuerdo con las necesidades de cada empresa, puede ser necesario contar con AWeb para gestionar operaciones propias de la organización como: contabilidad, gestión financiera, manufactura, mantenimiento, gestión de inventarios, Etc. Cada organización debe encontrar la mejor manera para optimizar sus procesos y cumplir con las crecientes demandas de sus clientes.

De hecho, el desarrollo de aplicaciones Web se ha convertido en conocimiento básico (*commodity*) en la industria del software (Olivares, 2022). Una AWeb se accede por parte de los usuarios a través de Internet, utilizando un navegador como cliente, se compone de una colección de programas del lado del cliente (*frontend*) y programas del lado del servidor (*backend*) los cuales se difunden a través de múltiples servidores (Universidad de Nuevo México, 2020). Para desarrollar estas aplicaciones se requiere de conocimientos y habilidades en las áreas de: ingeniería de software, base de datos, además de tecnologías que permitan su construcción tanto para el *fronted* y el *backed*.

Consecuentemente, se requiere de profesionistas con habilidades para identificar los requerimientos de los usuarios que permitan crear aplicaciones que

cubran las necesidades de las empresas a través de equipos multidisciplinarios en las áreas de: ingeniería de software, gestión de base de datos, diseño de interfaces y lógica del negocio. El Consorcio de la *World Wide Web* (W3C) establece protocolos, lenguajes y tecnologías interoperativas que guían las disciplinas para el desarrollo de las AWeb (World Wide Web Consortium Standards, 2021) como los son HTML, CSS, JavaScript para el *frontend*, además de PHP, SQL para el lado del *backend*.

Asimismo, el Tecnológico Nacional de México (TecNM) desde el 2014 ha establecido como estrategia didáctica el desarrollo de proyectos integradores para la formación de competencias profesionales (Tecnológico Nacional de México, 2014), cuya finalidad es vincular el proceso de enseñanza-aprendizaje con problemas reales del entorno, que generen confianza en los estudiantes para trabajar en equipos multidisciplinarios; mediante el fomento de habilidades para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.

Cabe destacar que esta estrategia se fundamenta en el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) el cual tiene sus raíces en el constructivismo (Piaget y Vigotsky), ABP plantea una educación basada en el desarrollo de destrezas, con el objetivo de que el aprendizaje sea continuo, significativo, satisfactorio y receptivo para los estudiantes (Sesento García, 2017). Al respecto se han elaborado diversos estudios como (Martínez Fernández, Gómez, & Franch, 2021) en el que demuestra la experiencia docente aplicando ABP para detectar oportunidades de mejora en el proceso enseñanza-aprendizaje en la carrera de ingeniería de datos. Adicionalmente, otro estudio denominado *Adaptación de un modelo de Aprendizaje Basado en Proyectos: experiencias en tiempo de confinamiento* (de Torres, y otros, 2021), presentan la satisfacción de los estudiantes en el proceso de desarrollo del proyecto y muestran resultados positivos ante los cambios aplicados a la asignatura a pesar de que los docentes percibieron un aumento significativo de su carga docente; gran parte del aumento de la carga se concentró durante el desarrollo del proyecto, mientras que el periodo de evaluación final fue mucho menos costoso. ABP es un modelo pedagógico actualmente favorecido para apoyar la enseñanza mediante proyectos integradores (Dym & et al., 2015) el cual su efectividad debe ser estudiada para identificar sus áreas de mejora.

Por esta razón, se planteó un proyecto integrador como estrategia didáctica para el desarrollo de habilidades de los estudiantes en el periodo enero-junio 2022 de la asignatura de Programación Web (PWeb) que se imparte en la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales del TecNM, campus Orizaba.

La asignatura de Pweb aporta al perfil del egresado la capacidad para desarrollar y administrar software que apoye la productividad y competitividad de las organizaciones cumpliendo con estándares de calidad, mediante el desarrollo de aplicaciones Web utilizando las tecnologías básicas que señala el W3C.

Esta asignatura requiere que el estudiante aplique métodos y herramientas de la ingeniería del software aplicando estándares de calidad y productividad, así como, emplee tecnologías de software y su pensamiento lógico para la solución de problemas, además de diseñar e implementar esquemas de bases de datos para garantizar el tratamiento de información. La asignatura consiste en cinco temas (Tecnológico Nacional de México, 2016):

- Tema 1: Se centra en antecedentes de las aplicaciones Web: su arquitectura, tecnologías y forma de planificar.
- Tema 2: Contempla los lenguajes para el desarrollo del *frontend*, como lo es HTML y CSS.
- Tema 3: Se enfoca en la creación, control y manipulación de objetos utilizados por el cliente.
- Tema 4: Aborda la programación del lado del *backend* en donde se logra la manipulación de objetos y el acceso a datos para la presentación de procesos dinámicos y sus resultados en una aplicación web.
- Tema 5: Trata lo relacionado al cómputo en la nube, patrones de diseño y desarrollo, para su posterior integración con servicios Web.

El objetivo del proyecto integrador es impulsar que los alumnos apliquen las habilidades de áreas cursadas previamente como la metodología XP, que es parte de ingeniería de software, al igual que MySQL como parte de base de datos. Además, que desarrollen las destrezas propuestas en PWeb en cuanto el manejo de las tecnologías para el *frontend* y *backend*, que se plantean en la asignatura. A través de la figura 1 se muestra la relación de las asignaturas indicadas en el programa académico de ingeniería en sistemas computacionales.

Figura 1. Plan de estudios de Ingeniería en Sistemas Computacionales (Tecnológico Nacional de México, 2016).

INGENIERÍA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES								
ISIC-2010-224								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Cálculo Diferencial ACF-0901 3-2-5	Cálculo Integral ACF-0902 3-2-5	Cálculo Vectorial ACF-0904 3-2-5	Ecuciones Diferenciales ACF-0905 3-2-5	Graficación SCC-1010 2-2-4	Lenguajes y Autómatos I SCD-1015 2-3-5	Lenguajes y Autómatos II SCD-1016 2-3-5	Programación Lógica y Funcional SCC-1019 2-2-4	Inteligencia Artificial SCC-1012 2-2-4
Fundamentos de Programación AED-1285* 2-3-5	Programación Orientada a Objetos AED-1286** 2-3-5	Estructura de Datos AED-1026 2-3-5	Métodos Numéricos SCC-1017 2-2-4	Fundamento de Telecomunicaciones AEC-1034 2-2-4	Redes de Computadoras SCD-1021 2-3-5	Comunicación y Enrutamiento en Redes de Datos SCA-1004 2-3-5	Administración de Redes SCA-1002 0-4-4	Residencia Profesional
Taller de Ética ACA-0907 0-4-4	Contabilidad Financiera AEC-1008 2-2-4	Cultura Empresarial SCC-1005 2-2-4	Técnicas Avanzadas de Programación SCD-1027 2-3-5	Sistemas Operativos AEC-1061 2-2-4	Taller de Sistemas Operativos SCA-1026 0-4-4	Taller de Investigación I ACA-0909 0-4-4	Taller de Investigación II ACA-0910 0-4-4	
Matemáticas Discretas AEF-1041 3-2-5	Química AED-1058 2-2-4	Investigación de Operaciones SCC-1013 2-2-4	Fundamentos de Base de Datos AEF-1031 2-2-5	Taller de Base de Datos SCA-1025 0-4-4	Administración de Base de Datos SCB-1001 1-4-5			Especialidad
Taller de Administración SCH-1034 1-3-4	Álgebra Lineal ACF-0903 2-2-5	Desarrollo Sustentable ACD-0908 2-2-5	Sumación SCD-1022 2-2-5	Fundamentos de Ingeniería de Software SCC-1007 2-2-4	Ingeniería de Software SCD-1011 2-3-5	Programación Web AEB-1055 1-4-5	Gestión de Proyectos de Software SCG-1009 2-3-6	
Fundamentos de Investigación ACC-0906 2-2-4	Probabilidad y Estadística AEF-1052 2-2-5	Física General SCF-1006 2-2-5	Principios Eléctricos y Aplicaciones Digitales SCD-1018 2-2-5	Arquitectura de Computadoras SCC-1003 2-3-5	Lenguajes de Interfaz SCC-1014 2-2-4	Sistemas Programables SCC-1023 2-2-4		
Actividades Complementarias: 8						Servicio Social 10		
27	28	29	25	28	24	17	4	
*SCD-1008 se actualiza a AED-1285 **SCD-1020 se actualiza a AED-1286							Estructura Genérica	210
							Residencia Profesional	25
							Servicio Social	10
							Actividades Complementarias	8
							Totales de Créditos	260

Arcos de Bolén Núm. 79, Piso 4, Col. Centro, Del. Cuauhtémoc, C.P. 06010, México, D.F. d_docencia@tecnm.mx

© TecNM mayo de 2016

2. METODOLOGÍA

La estrategia didáctica de proyecto integrador se planteó en tres etapas: diseño, ejecución y evaluación.

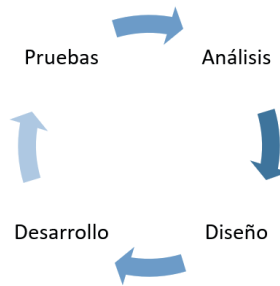
2.1. DISEÑO

La asignatura se imparte una vez que los estudiantes han cursado las asignaturas de *administración de base de datos*, e *ingeniería de software*.

En esta fase, se aplicó la metodología XP para el proceso de desarrollo del proyecto y se usó MySQL para el manejo de base datos.

- XP (**eXtrem Programming**) es una es una metodología para el desarrollo de software formulada por Kent Beck (Pérez Ramírez, Sepúlveda, & Oliveros, 2019), se diferencia de las metodologías tradicionales pues enfatiza la adaptabilidad de las aplicaciones. XP en equipos de desarrollo de software ha mostrado ser efectiva en tiempos de entrega pues considera que los cambios de requisitos sobre la marcha son un aspecto natural del desarrollo de proyectos (Chistof, Heidrich, Williams, & et al., 2019), la entrega se va desplegando mediante prototipos que evoluciona a través de entregas parciales y revisiones con los usuarios, la figura 2 muestra las fases de la metodología.

Figura 2. Fases de la metodología XP. Creación propia.



- MySQL, es el sistema de gestión de bases de datos relacional más extendido en la actualidad al estar basada en código abierto, es una opción económica para el almacenamiento de base de datos relacionales en proyectos medianos, brinda configuraciones para el rendimiento, por lo que se puede optimizar la eficacia del procesamiento (Smith, 2021).

A su vez, el profesor previamente identificó los posibles proyectos a desarrollar mediante problemáticas dentro del propio instituto o aplicaciones potenciales que requiere la comunidad, como: servicios para un museo de la localidad, servicios para atención lúdica de mascotas, control de inventarios para una panificadora, comercio electrónico de bienes y servicios. Cada proyecto fue una necesidad por clientes reales de la localidad.

En cuanto a los estudiantes, el grupo se conformó por 34 estudiantes, organizado en 6 equipos de trabajo que cuya responsabilidad fue cumplir las siguientes metas:

1. Aplicar la metodología XP, para identificar los requisitos funcionales y no funcionales de la AWeb a desarrollar.
2. Construir la base de datos requerida en la problemática identificada
3. Aplicar las tecnologías y lenguajes para el desarrollo de la aplicación Web.
4. Elaborar los programas necesarios mediante las tecnologías estudiadas en la asignatura.
5. Exponer avances, aportaciones y dudas surgidas dentro del proceso de desarrollo.

Adicionalmente, el profesor llevó a cabo el seguimiento de los proyectos mediante un plan de trabajo que organizó de forma iterativa e incremental siguiendo las fases de XP, lo que aportó un proceso flexible que permitió regresar de manera ágil a fases anteriores cuando fue necesario. Los proyectos se desarrollaron en 16 semanas, la tabla 1 muestra el plan de trabajo.

Tabla 1. Plan de trabajo para realizar el proyecto integrador.

Metas	Objetivo	Entregables	Semanas															
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Aplicar metodología XP.	Analizar las necesidades del usuario a partir del proyecto asignado por el profesor.	Diagrama de Modelado de Procesos de negocio (BPMN). Historias de usuario. Lista de criterios de aceptación.																
Exponer avances.	Diseñar presentación Establecer videoconferencia.	Presentación del avance.																
Aplicar las tecnologías y lenguajes básicos para desarrollar Aweb.	Solucionar prácticas en HTML y CSS.	Programas ejemplo como parte de la asignatura.																
Elaborar los programas de la aplicación.	Desarrollar el <i>frontend</i> de la AWeb aplicando HTML y CSS.	Prototipo visual de la aplicación.																
Aplicar metodología XP.	Probar la navegación del prototipo desarrollado.	Mapa de navegación. Lista de criterios de aceptación.																
Exponer avances.	Diseñar presentación, para argumentar su operación.	Presentación del avance																
Construir la base de datos.	Diseñar e implementar la Base de Datos.	Modelo entidad-relación (E.R). Diccionario de Datos (DD) Implementa Base de Datos (BD).																
Aplicar las tecnologías y lenguajes de control para desarrollar Aweb.	Elaborar prácticas en JavaScript.	Programas ejemplo como parte de la asignatura.																
Elaborar los programas de la aplicación.	Desarrollar validaciones en JavaScript a partir del <i>frontend</i> .	Prototipo evolutivo de la aplicación.																
Aplicar metodología XP.	Evaluar la navegación del prototipo desarrollado.	Mapa de navegación. Lista de criterios de aceptación.																
Exponer avances.	Diseñar presentación, para argumentar su operación.	Presentación del avance.																
Aplicar las tecnologías y lenguajes de servicio para desarrollar Aweb.	Desarrollar prácticas en PHP.	Programas ejemplo como parte de la asignatura.																
Elaborar los programas de la aplicación.	Desarrollar rutinas de <i>backend</i> al prototipo para el manejo de base de datos.	Aplicación Web.																
Aplicar metodología XP.	Probar la aplicación Web.	Lista de criterios de aceptación. Lista de cotejo. AWeb final.																
Exponer proyecto final	Diseñar presentación, para argumentar su operación.	Presentación final del proyecto.																

También como parte del proyecto integrador se relacionaron las competencias alcanzadas a través de las habilidades que provee cada una de las asignaturas que se aplican, en la tabla 2 se puede observar tal relación.

Tabla 2. Relación de competencias entre las asignaturas previas que apoyan al proyecto.

Competencias por Desarrollar	Asignatura	Etapas de Evidencia 1	Etapas de Evidencia 2	Etapas de Evidencia 3
Identifica, conoce y aplicar los lenguajes de programación Web Avanzados como herramienta de desarrollo de aplicaciones.	Ingeniería de software	Modelo de Requisitos funcionales y no funcionales Diseño de la interfaz de la aplicación.	Prototipo escrito en JSP que representan la funcionalidad del diseño de la aplicación. Base de datos normalizada.	Aplicación Web que cubra los requisitos funcionales y no funcionales.
Identifica los componentes de la plataforma Web, aplicando las herramientas correspondientes para su configuración.	Ingeniería de software	Instructivo de instalación del servidor de aplicaciones Web Archivos de configuración de estilos de la aplicación Web	Instructivo de instalación y configuración del gestor de base de datos. Archivos de validaciones y verificaciones de la aplicación Web.	Programas que permitan acceso a la base de datos.
Crea y aplica esquemas de bases de datos para garantizar la confiabilidad de los datos en aplicaciones para el tratamiento de información.	Taller de Base de Datos	Diagrama de clases de las entidades de almacenamientos	Scripts que de la Base de Datos.	Diccionario de Datos
Aplica técnicas y herramientas para el diseño del sistema de información.	Ingeniería de software	Diagramas en BPMN Descripción de Casos de Uso Diagramas de Secuencia.	Diseño de pruebas unitarias, de integración y aceptación.	Diagrama de Gantt para seguimiento de pruebas

2.2. EJECUCIÓN

En cuanto a la forma bajo la cual se ofreció la asignatura, se llevó con sesiones de una hora de lunes a viernes mediante videoconferencia, apoyándose de la estrategia de aula invertida a través de la cual se les facilitó a los estudiantes material didáctico como videos, manuales y presentaciones con los contenidos temáticos de la asignatura. La distribución del material y recepción de actividades se realizó mediante la plataforma de aprendizaje Moodle. Asimismo, las aplicaciones Web desarrolladas por parte de los equipos de trabajo fueron instaladas en un servidor Web propio del docente que impartió la asignatura.

2.3. EVALUACIÓN

La valoración de la estrategia se determinó mediante el 40% del informe que documentó el proceso de desarrollo del proyecto y un 60% el proceso de desarrollo de la aplicación Web generada, de tal forma que el informe concentró los artefactos planteados en el plan de trabajo.

2.3.1. Evaluación Diagnóstica

Para evaluar la estrategia se consideraron 34 alumnos inscritos en el curso enero – junio 2022 a los cuales se le aplicó una evaluación diagnóstica, cuya finalidad fue indagar acerca de su experiencia en el manejo de base de base de datos, así como, de la metodología XP y uso de herramientas de software para el diseño de proyectos, tal como *Balsamiq* y *VisualParadigm*. En la evaluación diagnóstica se usó una escala de Liker con 4 posibles valores: sin experiencia, básica, intermedia y avanzada, la tabla 3 muestra la evaluación diagnóstica.

Tabla 3. Evaluación diagnóstica aplicada.

Asignatura: Programación Web				
La siguiente evaluación es conocer la experiencia en el manejo de base de datos y empleo de la metodología XP.				
Marcar las celdas correspondientes al grado de experiencia de acuerdo con la siguiente escala:				
0=Sin experiencia, 1=Básica (usado en un proyecto), 2=Intermedia (usado en dos proyectos), 3=Avanzada(usado en tres proyectos)				
Gracias por tu participación				
	0	1	2	3
1. ¿Has diseñado diagramas de procesos de negocio (BPMN)?				
2. ¿Identificas los elementos de las historias de usuario?				
3. ¿Reconoces la diferencia entre un requisito funcional y un no funcional?				
4. ¿Has empleado algún software para diseño de prototipos?				
5. ¿Identificas que es <i>Balsamiq</i> ?				
6. ¿Has empleado <i>VisualParadigm</i> ?				
7. ¿Has creado un modelo entidad-relación?				
8. ¿Distingues que es un diccionario de base de datos?				
9. ¿Tienes experiencia con el uso de MySQL?				
10. ¿Cuál es tu grado de uso de un gestor de base de datos?				

Las primeras 6 preguntas buscan establecer el porcentaje de experiencia en cuanto a la aplicación de la metodología XP, las 4 preguntas posteriores establecen la experiencia en el manejo de base de datos. Se encontró que en cuanto al aplicación de la metodología XP un 68% de los estudiantes no tiene experiencia, un 30% ha participado en al menos 1 proyecto aplicando dicha metodología, mientras que un 2% ha participado en dos proyectos y ningún estudiante a participado en 3 proyectos; esto indica que la mayoría de ellos requieren vivir la experiencia en XP. En cuanto al manejo de base de datos el 96% de los estudiantes al menos ha participado en un proyecto, el 4% de ellos a trabajado en 2 proyectos; esto demuestra que la gran mayoría de los estudiantes si ha aplicado sus habilidades en base de datos. El comportamiento de las respuestas de los alumnos se muestra en la figura 3, mientras que los porcentajes de los resultados se aprecian en la figura 4.

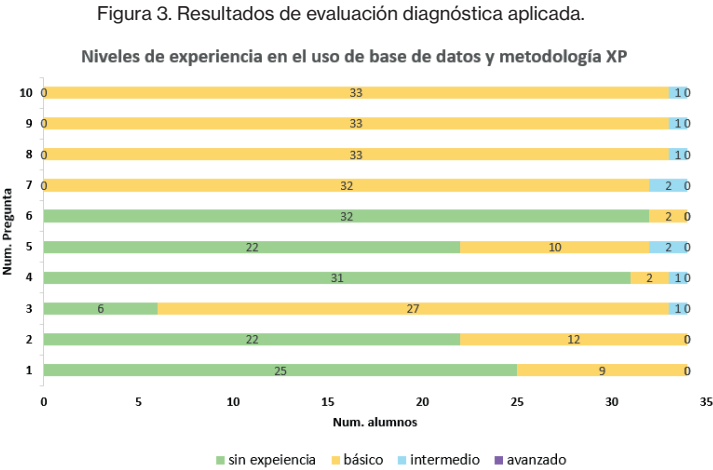


Figura 4. Porcentaje de experiencia en la aplicación de la metodología XP, y de base de datos.



En base a la información recolectada se estableció que los proyectos planteados para la asignatura PWeb son un medio en el cual los estudiantes desarrollaron sus habilidades en diversas áreas de su quehacer profesional al proporcionar un andamiaje para el perfeccionamiento de competencias en el área de creación de aplicaciones para la Web.

2.3.2. Guía de observación

Mediante este instrumento se evaluó el proceso de desarrollo del proyecto integrador, los criterios observados se encuentran en la tabla 4. El instrumento se encuentra organizado en 4 fases, las tres primeras representan el 60% de la valoración de las habilidades desarrolla por los estudiantes en el proceso de desarrollo del proyecto integrador, mientras que la fase 4 representa el 40% que permite evaluar el informe para documentar el proceso.

Tabla 4. Guía de observación para evaluar el desarrollo del proyecto integrador.

Asignatura: Programación Web						
Competencias: Aplica correctamente las fases de la metodología XP, así como implementa de manera efectiva la base de datos y además desarrolla los módulos de la aplicación mediante la arquitectura propuesta. Aspectos para observar: ¿Cómo reacciona el estudiante frente a las actividades propuestas?, ¿Cómo interactúan con los miembros del equipo de trabajo?, ¿Llevan en orden las actividades planteadas?, ¿Utilizan las herramientas tecnológicas y lenguajes d programación de manera eficiente?, ¿Resuelven oportunamente los retos tecnológicos?, ¿Su comunicación oral y escrita es adecuada?						
Fase 1:						
Fechas de la observación:						
Aprendizaje esperado	Fecha:	Fecha	Fecha	Fecha	Fecha	Fecha
	identifica los requisitos funcionales y no funcionales	Diseña diagramas de procesos de negocios (BPMN)	Establece historias de usuario	Elabora lista de criterios de aceptación.	Presenta avance del proyecto Presenta lista de criterios de aceptación	Elabora prácticas como parte de la asignatura.
Observaciones						
Valoración						
Total						/ 20%
Fase 2:						
Fecha de la observación						

Aprendizaje esperado	Fecha:	Fecha	Fecha	Fecha	Fecha	Fecha
	Diseña mapa de navegación	Crea la vista del prototipo inicial	Diseña modelo E-R	Crea DD	Implementa Base de Datos (BD)..	Elabora prácticas <i>frontend</i> como parte de la asignatura.
Observaciones						
Valoración						
Total						/ 20%
Fase 3:						
Fecha de la observación						
Aprendizaje esperado	Fecha:	Fecha	Fecha	Fecha	Fecha	Fecha
	Construye prototipo evolutivo	Presenta avance del proyecto Presenta lista de criterios de aceptación	Elabora prácticas <i>con rutinas de control</i> como parte de la asignatura.	Construye prototipo evolutivo	Presenta avance del proyecto Presenta lista de criterios de aceptación	Elabora prácticas <i>frontend</i> como parte de la asignatura.
Observaciones						
Valoración						
Total						/ 20%
Fase 4:						
Fecha de la observación						
Aprendizaje esperado	Fecha:	Fecha	Fecha	Fecha	Fecha	Fecha
	Construye prototipo evolutivo	Presenta avance del proyecto Presenta lista de criterios de aceptación	Mejora observaciones indicadas	Presenta proyecto final	Elabora reporte del proyecto	Entrega en tiempo reporte de proyecto final
Observaciones						
Valoración						
Total						/40%
Total del Proyecto integrador						

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al terminar el curso se logró concluir con éxito 6 proyectos integradores, atendiendo a un total de 34 estudiantes. Para realizar la valoración de los estudiantes considerando el plan estudios de la asignatura se estableció una relación entre las fases

de desarrollo del proyecto integrador y el contenido temático (Tecnológico Nacional de México, 2016), tal como se muestra en la tabla 5.

Tabla 5. Relación de temas para su valoración mediante guía de observación.

Tema del plan de estudios	Competencia a desarrollar	Fase de evaluación
Introducción a las aplicaciones Web	Conoce la evolución, arquitectura, tecnologías y planificación de las aplicaciones Web para la preparación de un ambiente de desarrollo.	1
HTML, XML y CSS	Conoce y aplica las herramientas para construir páginas web, considerando la interfaz gráfica de usuario, un lenguaje de marcado y de presentación.	2
Programación del lado del cliente	Conoce y aplica un lenguaje de programación del lado del cliente, para la construcción de aplicaciones Web dinámicas, considerando Frameworks ya existentes.	3
Programación del lado del servidor	Conoce y aplica un lenguaje de programación del lado del servidor, para la construcción de aplicaciones Web dinámicas, considerando su conectividad a orígenes de datos.	4
Programación del lado del servidor	Conoce y aplica los tipos de servicios, para lograr interconectividad entre aplicaciones, considerando cómputo en la nube.	

Se evaluó a 34 alumnos de un grupo de 35, el alumno que no fue evaluado y no concluyó el curso expresó que fue por motivos personales, la figura 4 muestra el comportamiento del desempeño de los estudiantes (por *motivos de confidencialidad de la información los números de control, y nombres de los involucrados han sido ocultados*).

Figura 5. Evaluación cuantitativa de la asignatura de Programación Web del semestre enero – junio 2022.

 Formato para el Reporte Parcial de Calificaciones		Responsable:							
		Código:	Página 1/2						
		Revisión: 1							
		Emisión:							
Materia: PROGRAMACION WEB		Periodo: 2221							
Grupo: 665 A		Estudiantes: 35							
Docente: [Redacted]		Paquete:							
#	Número Control	Nombre del Alumno	REP	U1	U2	U3	U4	U5	Prom
1	[Redacted]	[Redacted]	-	86	73	83	78	85	83
2	[Redacted]	[Redacted]	-	88	85	91	87	93	89
3	[Redacted]	[Redacted]	-	88	87	85	78	90	85
4	[Redacted]	[Redacted]	-	71	82	82	90	90	81
5	[Redacted]	[Redacted]	-	87	81	89	78	93	86
6	[Redacted]	[Redacted]	-	82	87	82	90	93	89
7	[Redacted]	[Redacted]	-	82	84	77	100	95	87
8	[Redacted]	[Redacted]	-	95	78	81	90	95	85
9	[Redacted]	[Redacted]	-	86	92	85	87	98	90
10	[Redacted]	[Redacted]	-	91	83	90	90	78	82
11	[Redacted]	[Redacted]	-	79	98	87	90	85	88
12	[Redacted]	[Redacted]	-	87	75	82	78	93	83
13	[Redacted]	[Redacted]	-	85	89	80	100	93	90
14	[Redacted]	[Redacted]	-	98	79	82	87	95	90
15	[Redacted]	[Redacted]	-	98	94	98	100	100	96
16	[Redacted]	[Redacted]	-	79	87	81	78	90	83
17	[Redacted]	[Redacted]	-	82	91	88	100	98	90
18	[Redacted]	[Redacted]	-	84	86	82	90	98	87
19	[Redacted]	[Redacted]	-	73	82	90	90	90	87
20	[Redacted]	[Redacted]	-	83	98	92	100	93	90
21	[Redacted]	[Redacted]	-	87	81	85	87	98	88
22	[Redacted]	[Redacted]	-	95	98	94	100	93	96
23	[Redacted]	[Redacted]	-	87	83	75	89	93	83
24	[Redacted]	[Redacted]	-	79	79	71	90	78	74
25	[Redacted]	[Redacted]	-	91	84	80	90	88	85
26	[Redacted]	[Redacted]	-	95	83	94	97	96	89
27	[Redacted]	[Redacted]	-	98	98	95	100	98	98
28	[Redacted]	[Redacted]	-	86	88	80	78	94	86
29	[Redacted]	[Redacted]	-	95	88	88	100	93	93
30	[Redacted]	[Redacted]	-	95	88	81	78	90	86
31	[Redacted]	[Redacted]	-	84	90	91	100	93	90
32	[Redacted]	[Redacted]	-	98	86	91	100	93	92
33	[Redacted]	[Redacted]	-	95	74	89	0	0	0
34	[Redacted]	[Redacted]	-	83	98	90	90	90	92
35	[Redacted]	[Redacted]	-	95	82	82	78	90	87

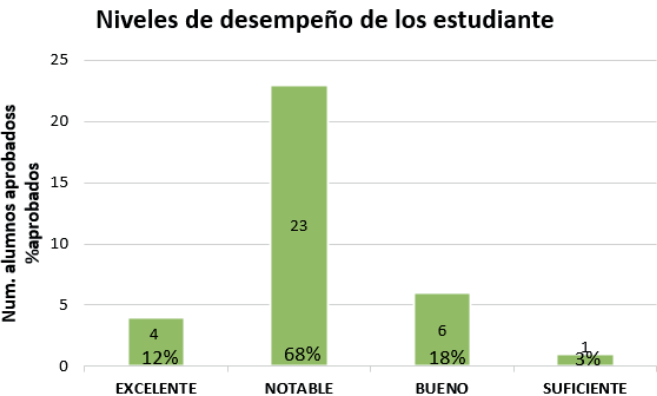
Como se puede observar, y, considerando a los 34 alumnos evaluados se obtuvo el 100% de aprobación, logrando valoraciones por cada tema de 88%, 87%, 86%, 88% y 90% respectivamente, con un promedio general de 88%. Estas valoraciones cuantitativas están vinculadas a una escala niveles de desempeño cualitativos (TecNM, 2010), la cual se aprecia en la tabla 6.

Tabla 6. Niveles de desempeño de los estudiantes del TecNM.

DESEMPEÑO	NIVEL DE DESEMPEÑO	INDICADORES DE ALCANCE	VALORACIÓN NUMÉRICA
Competencia alcanzada	EXCELENTE	Cumple al menos cinco de los indicadores A, B, C, D, E y F	95-100
	NOTABLE	Cumple cuatro de los indicadores definidos en desempeño excelente.	85-94
	BUENO	Cumple tres de los indicadores definidos en el desempeño excelente.	75-84
	SUFICIENTE	Cumple dos de los indicadores definidos en el desempeño excelente.	70-74
Competencia no alcanzada	INSUFICIENTE	No se cumple con el 100% de evidencias conceptuales, procedimentales y actitudinales de los indicadores definidos en el desempeño excelente	NA (No Alcanzada)

En base a los resultados: el 12% consiguieron un nivel **excelente**; el 68% de ellos alcanzaron el nivel **notable**; a su vez el 18% de los estudiantes lograron el nivel **bueno**, mientras que solo 3% obtuvo el nivel **suficiente**. El comportamiento del desempeño de los estudiantes se puede apreciar en la figura 6.

Figura 6. Niveles de desempeño de la asignatura de Programación Web del semestre enero – junio 2022.



Por este motivo, se considera que el aprendizaje basado en proyectos integradores arroja resultados favorables al observar los resultados obtenidos por los estudiantes involucrados en este proceso llegando a desarrollar las competencias propuestas en la asignatura, recalcando que la mayoría tiene un nivel de desempeño **notable**.

Adicionalmente, la experiencia de enseñanza-aprendizaje contribuyó a los objetivos Institucionales, al vincular a los estudiantes con situaciones concretas, en las que se aplicaron buenas prácticas de la ingeniería de software como de base de datos, así como empleó de manera adecuada de lenguajes de programación para *frontend* y *backend* en el desarrollo de las aplicaciones Web, contribuyendo así al pensamiento crítico para identificar la problemática, de la misma manera, para formular, diseñar y crear soluciones poniendo en práctica saberes y haceres multidisciplinarios de la ingeniería en sistemas computacionales.

4. TRABAJO A FUTURO

Indudablemente, llevar a cabo esta estrategia ha suministrado datos suficientes para reflexionar sobre la retroalimentación hacia los estudiantes respecto al proceso de evaluación de ejecución de proyectos integradores. También se observó que los estudiantes han mostrado interés en la dinámica de realización de los proyectos.

Se planteará a las autoridades académicas la ventaja de realizar este tipo de proyectos, para que con su apoyo se considere contar con un banco de proyectos que reflejen las necesidades de la comunidad y permitan facilitar el despliegue de esta estrategia.

En relación con el proceso de evaluación se proyecta diseñar una rúbrica que describa detalladamente los criterios de valoración que sirva como herramienta de apoyo a la guía de observación ya estructurada.

Por último, para resolver el principal reto como lo es la dificultad de comprensión de los requisitos funcionales y no funcionales de las problemáticas propuestas, en la primera semana del plan de trabajo se propone se introducir técnicas de recolección de información mediante entrevistas con los posibles usuarios.

5. CONCLUSIONES

El aprendizaje basado en proyectos es sin duda una estrategia que motiva a los estudiantes a desarrollar sus habilidades, fomenta su autonomía, favorece el trabajo en equipo al reforzar sus capacidades sociales mediante el intercambio de ideas y colaboración, del mismo modo fomenta la creatividad y el pensamiento crítico de los involucrados. Uno de los riesgos que se presenta es favorecer el trabajo oportunista de

los estudiantes; sin embargo, es labor del docente la supervisión efectiva del cumplimiento de las actividades, esto requiere más tiempo de planificación y ejecución de los proyectos (Sotomayor, Vaccaro, & Téllez, 2021).

En la actualidad, es un momento propicio para replantear e innovar estrategias que apoyen al proceso enseñanza-aprendizaje. Este trabajo ha mostrado la experiencia docente en diseñar, ejecutar y evaluar proyectos integradores basados en ABP. El objetivo de emprender esta estrategia ha sido detectar oportunidades de mejora de en la enseñanza de la materia de Programación Web.

Finalmente, las tecnologías de información y comunicación han cambiado de manera positiva las formas de trabajo y de relacionarse, estas apoyan el trabajo colaborativo, estimulan el desarrollo el pensamiento crítico y la creatividad, son un soporte para formar profesionistas capaces de gestionar proyectos con autonomía.

6. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los estudiantes que participaron en el curso, mostrando entusiasmo y empeño para completar los proyectos en el tiempo estimado.

REFERENCIAS

Chistof, E., Heidrich, J., Williams, L., & et al. (2019). SI: technologies for better software. *IEEE Software*.

de Torres, E., Navarro, J., Canaleta, X., Amo, D., Malé, J., & Solé, X. (2021). Adaptación de un modelo de aprendizaje basado en proyectos: experiencias en tiempo de confinamiento. Barcelona.

Dym, C., & et al. (2015). Engineering design thinking, teaching, and learning. *Journal of engineering education*, 103-120.

Martínez Fernández, S., Gómez, C., & Franch, X. (2021). Aprendizaje basado en proyectos de analítica de software en estudios de ciencia e ingeniería de datos. *Actas de las Jenui*, 6, págs. 27-34. Barcelona.

Olivares, B. (2022). *Vue Básico*. Apuntes, Tecnológico Nacional de México, campus Orizaba, Sistemas y Computación, Orizaba, Ver.

Pérez Ramírez, D., Sepúlveda, J. C., & Oliveros, Y. (2019). *Extreme Programming (XP): Aplicación en un caso de estudio* (2 ed.). Editorial Académica Española.

Sesento García, L. (2017). Recuperado el 15 de 06 de 2022, de Eumet.net: <https://www.eumed.net/rev/atlanter/2017/06/constructivismo-aula.html>

Smith, A. J. (2021). *MySQL: La guía completa de la base de datos más utilizada en el desarrollo del lado del servidor*. Independently Published.

Sotomayor, C., Vaccaro, C., & Téllez, A. (2021). *Aprendizaje basado en proyectos: Un enfoque pedagógico para potenciar los procesos de aprendizaje hoy*. Santiago de Chile: Fundación Chile.

TecNM. (2010). Lineamiento para la Evaluación y Acreditación de Asignaturas. Cd. de México: TecNM.

Tecnológico Nacional de México. (2014). Proyectos integradores para la formación y desarrollo de competencias profesionales del Tecnológico Nacional de México. Cd. de México: Tecnológico Nacional de México.

Tecnológico Nacional de México. (2016). Currícula del programa de estudios de ingeniería en sistemas computacionales. Cd. de México: TecNM.

Tecnológico Nacional de México. (2016). Datos Generales de la asignatura Programación Web: AEB-1055. Cd. de México: TecNM.

Tecnológico Nacional de México. (2016). Programa de estudios: AE055 Programacion Web. Cd. de México: TecNM.

Universidad de Nuevo México. (2020). Desarrollo de Aplicaciones Web: Conceptos Básicos. Nuevo México.

World Wide Web Consortium Standards. (2021). *World Wide Web Consortium*. Recuperado el 16 de 06 de 2022, de <https://www.w3.org/standards/>

CAPÍTULO 12

FORTALECIENDO LA EDUCACIÓN EN INSTITUCIONES OFICIALES DE EDUCACIÓN BÁSICA Y MEDIA DE TUNJA CON APOYO EN LMS GRATUITAS

Data de submissão: 18/02/2026

Data de aceite: 03/03/2026

Jairzinio Barón Rodríguez

Ingeniero de Sistemas
Magister en Telecomunicaciones
Universidad de Boyacá
Facultad de Ciencias e Ingeniería
Programa de Ingeniería de Sistemas
Tunja - Boyacá - Colombia
<https://orcid.org/0000-0003-4154-3952>
CvLac

David Fernando Bernal Bolívar

Ingeniero de sistemas
Magister en Tecnología Informática
Fundación Universitaria Juan de Castellanos
Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas
Programa de Ingeniería de Sistemas
Tunja - Boyacá - Colombia
<https://orcid.org/0000-0003-4656-4963>
CvLac

RESUMEN: El uso de LMS permite llevar la educación a otro nivel, involucrando a docentes, estudiantes y padres de familia en el proceso formativo de una manera digital, globalizada e integrada, pero por las limitantes de presupuesto y el desconocimiento de las TIC, muchas instituciones no han podido tener la claridad de ¿Qué herramientas

informáticas hay en la actualidad que apoye el proceso enseñanza-aprendizaje y cómo implementarlas? El objetivo principal es asistir tecnológica e informáticamente a docentes, estudiantes y padres de familia de colegios oficiales de Tunja, en el uso de LMS que apoyen y mejoren el proceso educativo. Debido al trabajo comunitario y el resultado con énfasis social, la metodología implementada fue IAP (Investigación Acción-Participación), desarrollada por medio de las siguientes fases: i) exploración comunitaria, ii) ejecución, iii) socialización y difusión y, iv) resultados. Los resultados alcanzados están enmarcados en el aporte a los Objetivos de Desarrollo Sostenible, a saber: 4-Educación de calidad, 8-trabajo decente y crecimiento económico, 9-Industria, innovación e infraestructura, 10-Reducción de las desigualdades y 17-Alianzas para lograr los objetivos. Se pudo concluir: i) Se fortaleció la relación entre los docentes de las I.E. públicas, asimismo los estudiantes fueron receptores de dicho proyecto, dándose a conocer los diferentes servicios que existen en la Universidad de Boyacá como proyección social universitaria, y que nutren las competencias académicas de otras instituciones. ii) Los docentes al recibir alfabetización TIC en el uso de LMS brindó herramientas, estrategias y metodologías que potencializan su creatividad y la calidad educativa. iii) Se mantiene un alto grado de analfabetismo digital por parte de muchos docentes, quienes no saben utilizar adecuadamente herramientas informáticas,

sin embargo, la labor que realizaron los docentes de la Universidad de Boyacá en este proyecto logró disminuir esta brecha entre la tecnología disponible y la utilización por parte de los docentes.

PALABRAS CLAVE: educación; calidad; plataforma tecnológica; educación virtual; TIC en educación.

STRENGTHENING EDUCATION IN OFFICIAL PRIMARY AND SECONDARY SCHOOLS IN TUNJA WITH SUPPORT FROM FREE LMSS

ABSTRACT: The use of Learning Management Systems (LMS) has the potential to elevate education by engaging teachers, students, and parents in a digitally integrated and globalized learning process. However, due to budget constraints and limited understanding of Information and Communication Technologies (ICTs), many institutions lack clarity about the available computer tools that can support the teaching-learning process and how to effectively implement them. The primary objective of this project is to provide technological and computer support to teachers, students, and parents in official schools in Tunja, enabling them to utilize LMS to enhance and facilitate the educational process. To ensure community engagement and emphasize social impact, the Participatory Action Research (PAR) methodology was employed. The project unfolded in the following phases: i) community exploration, ii) execution, iii) dissemination, and iv) results. The achieved outcomes align with the United Nations' Sustainable Development Goals, specifically: 4-Quality Education, 8-Decent Work and Economic Growth, 9-Industry, Innovation, and Infrastructure, 10-Reduced Inequalities, and 17-Partnerships for the Goals. In summary, the study's conclusions are as follows: i) The relationships among teachers in public educational institutions were reinforced. Students were also active participants, gaining exposure to the various services offered by the University of Boyacá through its university social outreach program. This initiative also aimed to enrich the academic capabilities of other institutions. ii) By equipping teachers with ICT literacy training for LMS usage, they acquired tools, strategies, and methodologies to enhance both creativity and educational quality. iii) Despite persistent digital illiteracy among some teachers, who lack proficiency in computer tool usage, the efforts of the University of Boyacá teachers in this project succeeded in bridging the gap between available technology and its utilization by educators.

KEYWORDS: education; quality; LMS; e_Learning; ICTs in education.

1. INTRODUCCIÓN

Un proceso de alfabetización tecnológico e informático en plataformas de educación virtual surge a partir de la experiencia laboral vivida de uno de los ejecutores de proyección social del programa de Ingeniería de Sistemas de la Universidad de Boyacá, directamente en la Institución Educativa Gonzalo Suárez Rendón de la ciudad de Tunja durante los años 2010 a 2012, donde se pudo identificar algunas debilidades y carencias que se tienen para el abordaje de procesos de enseñanza - aprendizaje con el apoyo de las TIC. Por lo anterior, se identificó desde la observación, bajas habilidades del cuerpo

docente en el uso de las tecnologías de vanguardia, así como infraestructura tecnológica obsoleta de la institución y que pone a disposición de toda la comunidad educativa.

Los procesos, metodologías y estrategias de aprendizaje apoyadas con TIC, son de gran importancia como lo menciona (De la Torre Navarro, 2012)

“Desde la perspectiva del aprendizaje, la utilización las TIC tiene grandes ventajas: interés, motivación, interacción, constante actividad intelectual, desarrollo de la iniciativa, mayor comunicación entre profesores y alumnos, aprendizaje cooperativo, alto grado de interdisciplinariedad, alfabetización digital y audiovisual, desarrollo de habilidades de búsqueda y selección de información, mayor contacto con los estudiantes, actualización profesional”

Adicionalmente a lo anterior, se le suma el aporte social dado el pensamiento de las Instituciones de Educación Superior, establecido en “la función sustantiva de proyección social de la Universidad de Boyacá tiene como objetivo proporcionar alternativas de solución a necesidades y problemáticas sociales”, (Universidad de Boyacá, 2020).

Es necesario por ende, que los docentes encuentren alternativas que conduzcan al fortalecimiento de su quehacer pedagógico a través de la incorporación de herramientas tecnológicas que les apoyen la gestión del tratamiento de la información y el aprendizaje de los estudiantes mediante entornos virtuales, permitiendo así, una comunicación constante en doble vía del educador con el educando y que facilite, el proceso de realimentación y seguimiento de cada uno de los procesos formativos realizados dentro y fuera del aula de clase, buscando a su vez, eliminar las barreras físicas de un aula tradicional.

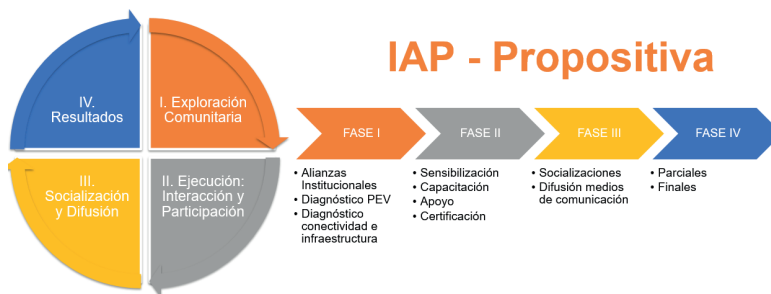
2. METODOLOGÍA

El desarrollo de procesos de apropiación social de conocimiento en tecnologías de la información, se llevó a cabo mediante la metodología de investigación acción participación (IAP) con enfoque propositivo, que por sus principios, es ideal para el desarrollo de trabajos comunitarios como lo reseña (Colmenares, 2012):

El conocimiento y la acción se entrelazan en los intersticios de una realidad cotidiana, compleja y dialéctica, para dar oportunidad a la travesía que permita a los protagonistas comprometidos reflexionar sobre los diferentes procesos, acciones, estrategias y actividades involucrados en la problemática que decidan indagar, y, juntos, conformar propuestas viables para aportar soluciones transformadoras, emancipadoras e innovadoras.

Este tipo de investigación cuenta con una serie de etapas claras y bien definidas, las cuales involucran a la comunidad objeto de estudio desde el inicio hasta el final del proceso. Por ello, se plantearon las siguientes fases y actividades que se exponen a continuación:

Figura 1: Desarrollo metodológico para el abordaje comunitario.



Fuente: autores (2022).

2.1. EXPLORACIÓN COMUNITARIA

Esta fase permitió el acercamiento y enlace directo entre la proyección social del programa de Ingeniería de Sistemas de la Universidad de Boyacá, el Departamento de Informática y las Instituciones de Educación Básica y Secundaria del territorio. Esta etapa es muy importante y decisiva, debido a que su pilar fundamental era generar la alianza estratégica entre las directivas y docentes de los colegios con los ejecutores del proceso, que a su vez, daba como resultado la identificación de las necesidades y la viabilidad para realizar el proceso de alfabetización en LMS en cada institución, como lo dice (Aguilar Ponce, 2022): “el uso didáctico de las aulas virtuales es una herramienta de apoyo en la enseñanza-aprendizaje”.

a. Alianzas Institucionales: En primer lugar, se debió establecer una reunión directa con los rectores o coordinadores académicos de los colegios públicos de la ciudad de Tunja, en donde se daba a conocer el alcance del proyecto, el plan de trabajo y en especial, el objetivo y aporte que este le brindaba a la comunidad educativa, especialmente para el beneficio de los docentes que desearan participar. La reunión con las directivas trajo consigo beneficios que soportaban y permitían comprender las necesidades dejando la percepción que los colegios buscan mejorar sus estrategias y procesos pedagógicos, mediante la vinculación de actores como las universidades que puedan apoyar de diferentes maneras como al fortalecimiento de las competencias tecnológicas aplicadas a la educación.

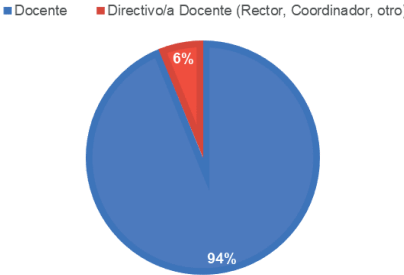
Los rectores de colegios encontraban en este tipo de proyectos una herramienta que ayude a complementar con calidad el Proyecto Educativo Institucional (PEI). Un aspecto desafiante que limitó el número de colegios participantes, fue la situación adversa de salubridad pública a causa del virus mundial identificado como COVID-19, ya que se tuvo que detener el proceso por un tiempo; esta situación fue un malestar no solo en la

ciudad de Tunja sino que el panorama fue a nivel mundial en donde tomó importancia las decisiones tomadas por las directivas de las instituciones educativas.

b. Diagnóstico en PEV: En la realización del diagnóstico comunitario, se vio necesario aplicar varias estrategias para la recolección de información, como fue la observación, realización de entrevistas a directivos y en particular, las encuestas realizadas a docentes y estudiantes que permitieron identificar los aspectos más relevantes y claves para dar el punto de partida de las capacitaciones a los grupos focales.

Se diseñaron y aplicaron encuestas por roles, para que los resultados fueran más representativos y confiables, se tomó una muestra de 65 directivos y docentes, que participaron de manera voluntaria dando una mirada objetiva y reflexiva a su Institución.

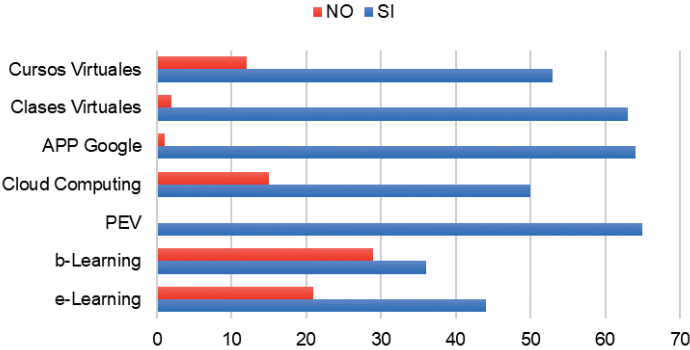
Figura 2. Porcentaje de encuestados según rol.



Fuente: autores (2022).

En cuanto a los conocimientos de conceptos generales, se pudo establecer que la gran mayoría de docentes (94%) expresaron tener la claridad de qué es una plataforma de educación virtual, esto debido a su ejercicio como profesionales en la docencia, y en especial, porque muchos de ellos han recibido clases de manera virtual en diversas áreas de conocimiento como autodidactas.

Figura 3. Resultados encuesta sobre conceptos generales.

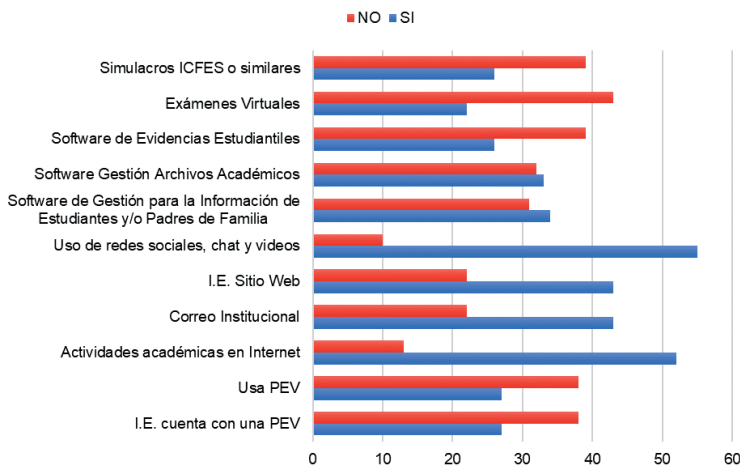


Fuente: autores (2022).

Es importante aclarar que, varios docentes debido a estudios de formación continua o posgrado han recibido clases virtuales que les da una base de conocimiento del uso de las PEV, pero otra muy diferente es haber creado y ejercido como un tutor virtual de su propia clase.

Según (Aguilar Ponce & Zambrano Montes, 2022) “el uso didáctico de las aulas virtuales es una herramienta de apoyo en la enseñanza-aprendizaje”, por ello, se identificó la manera en que se usaban algunas de las herramientas informáticas a disposición en los colegios, dando como resultados:

Figura 4. Resultados de la encuesta sobre el uso general de PEV.



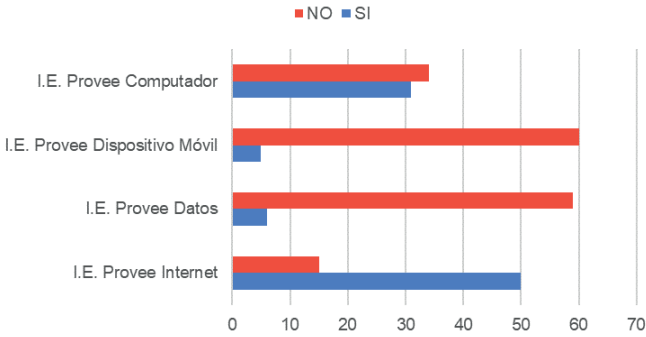
Fuente: autores (2022).

Los resultados obtenidos en el diagnóstico, permitieron determinar que no todos los colegios oficiales vinculados al proyecto cuentan y/o usan PEV para el desarrollo o complemento del proceso formativo, lo que en potencia se convierte en un problema y conlleva a desarrollar los contenidos temáticos de las asignaturas de una manera tradicional. Lo anterior conlleva a que no se genere innovación y apertura al cambio en la calidad de educación brindada, ya que los docentes se mantienen en una retórica constante de sus contenidos y no podrán actuar en consecuencia con la actualidad tecnológica, como lo menciona (Padilla Beltrán et al., 2013) “se hace fundamental el papel del docente para mejorar la calidad educativa, cuya experiencia, formación permanente y aportes investigativos son vitales para mejorar los ambientes de aprendizaje soportados en TIC”.

c. Diagnóstico de conectividad e infraestructura: Un factor importante es que las instituciones educativas provean y cuenten con una infraestructura tecnológica adecuada

para la implementación de plataformas virtuales, por ello, se analizaron algunos aspectos generales y así, tener una visión del estado de la misma, dando los siguientes resultados:

Figura 5. Resultados sobre la disposición de tecnología en el proceso formativo.

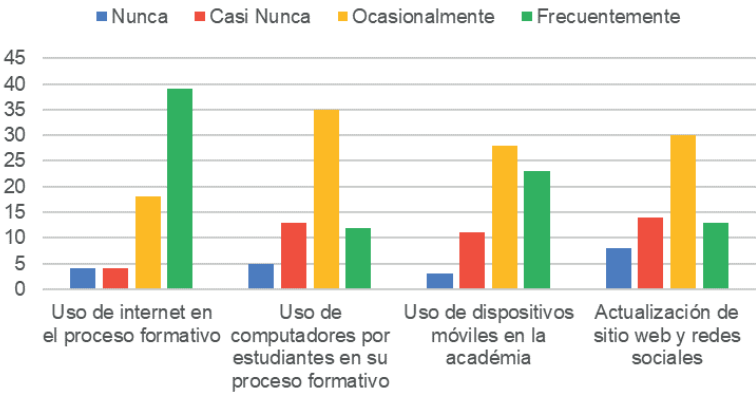


Fuente: autores (2022).

El principal servicio que tienen en los colegios es el de internet para su conectividad, enfocado a que este es contratado directamente por las rectorías o directores, quienes pagan un plan de datos dependiendo el presupuesto asignado para tal fin, lo anterior de acuerdo al manual de funciones según (Ministerio de Educación Nacional, 2022).

En cuanto a la frecuencia de uso de los recursos tecnológicos para los procesos de enseñanza, se evidencian niveles de uso significativos con respecto al servicio, como se muestra en la siguiente figura:

Figura 6. Resultado sobre la frecuencia de uso de tecnologías.



Fuente: autores (2022).

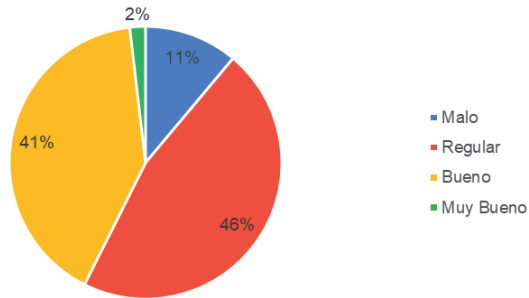
El uso del servicio de internet para realizar actividades académicas es alto, esto debido a varios factores dependiendo el rol en la institución:

- Los docentes investigan, planean, organizan, consultan, comunican, suben notas y realizan muchas más actividades netamente académicas, donde su factor principal es poder brindar una educación de calidad ligada a evolucionar sus conceptos y teorías con herramientas de apoyo digital que encuentran en la web.
- Los directivos realizan una gestión académica y en especial administrativa, de planeación y organización de los diferentes procesos y procedimientos institucionales.
- Los estudiantes se enfocan principalmente en consultar información y poderse comunicar con los docentes.
- Los padres de familia se enfocan en observar los resultados académicos y comunicarse con los docentes para cualquier actividad o acontecimiento ocurrido con los educandos.

En última instancia, se encuentran los sitios web y redes sociales institucionales, que su uso es ocasional, debido a que muy pocas personas cuentan con el acceso a la administración de estos recursos, por lo que los docentes lo usan con poca frecuencia, en varias oportunidades prefieren acudir a herramientas y cuentas propias como whatsapp que les brinda una comodidad y acceso instantáneo ya que no requieren de realizar solicitudes o trámites para publicar o transmitir alguna información administrativa, académica o personal.

Ahondando más en los colegios, la percepción del servicio de internet y/o datos en la institución es concebida como regular o bueno, a pesar de que en la actualidad es una época donde la conectividad es un factor importante, las instituciones educativas cuentan con planes básicos y en lo general económicos debido a su dependencia de los presupuestos asignados para su funcionamiento establecidos por el Ministerio de Educación nacional, las Secretarías de Educación Municipal y el apoyo de la gobernación de este último presenta (Gobernación de Boyacá, 2020), los esfuerzos que realizan en pro del desarrollo integral.

Figura 7. Percepción de conectividad en los colegios.



Fuente: autores (2022).

Culminando el proceso diagnóstico, se encuentra la visita de manera presencial a cada colegio, donde se tuvo un diálogo directo con las directivas y docentes para recopilar la información presentada anteriormente, hacer un recorrido de sus espacios físicos y observar de manera directa sus recursos tecnológicos para así, evidenciar las necesidades y dificultades que la educación pública.

2.2. EJECUCIÓN: INTERACCIÓN Y PARTICIPACIÓN

Para esta etapa, el abordaje social es imprescindible, por ello se desarrollaron tres momentos de trabajo directo y en campo, que fueron progresivos para el cumplimiento de los objetivos trazados. Estos momentos son:

a. Sensibilización TIC en la Educación: para abordar a la comunidad educativa, especialmente al equipo profesoral de cada institución, se hizo necesaria la sensibilización de la importancia de las TIC en el proceso pedagógico, crucial para transformar la práctica docente y mejorar los resultados de aprendizaje. Implicó, más allá de introducir herramientas digitales, fomentar una comprensión profunda de cómo la tecnología puede potenciar la pedagogía, promover la inclusión y preparar a los estudiantes para un mundo laboral en constante evolución. Esta sensibilización buscaba que los docentes pasaran a un proceso de capacitación sobre la creación de entornos de aprendizaje innovadores y la integración estratégica de las PEV en todos los niveles educativos, con un enfoque en la equidad y la accesibilidad para todos los estudiantes.

b. Capacitación PEV: Para mejorar la enseñanza en la era digital, fue fundamental desarrollar una capacitación integral para docentes en el uso de plataformas de educación virtual, enfocada en el diseño de experiencias de aprendizaje efectivas, la gestión de aulas virtuales, la evaluación formativa a distancia, el fomento de la participación y colaboración de los estudiantes, todo esto de manera online (en línea). Esta capacitación no solo le

permitió a los profesores profundizar en el manejo de algunas herramientas informáticas, sino también pudieron diseñar clases o módulos virtuales propios, gestionar espacios de aprendizaje en línea, evaluar el progreso de los estudiantes a distancia y promover su participación, asegurando que los docentes estén mejor preparados para usar estas plataformas de manera efectiva y ofrecer una educación de alta calidad.

En cuanto a los directivos, se les explicó cómo ellos pueden hacer seguimiento al desarrollo académico de los docentes y estudiantes, para finalmente, llegar a los padres de familia quiénes se beneficiarios porque se les indicó cómo acceder a los avances de sus hijos, viendo los contenidos de las asignaturas o módulos online y observar las respectivas calificaciones en cada una de ellas.

c. Apoyo y seguimiento: Para asegurar la adopción efectiva del conocimiento adquirido en las plataformas de educación virtual dadas, el apoyo y el seguimiento a los docentes son elementos cruciales durante y después de la capacitación. Esto implicó proporcionar tutorías personalizadas para abordar inquietudes específicas en el diseño de cursos o módulos virtuales, ofrecer sesiones de acompañamiento para la resolución de dudas técnicas y pedagógicas, y establecer canales de comunicación accesibles para consultas continuas. Además, se aplicaron mecanismos de observación y retroalimentación formativa sobre la implementación de los módulos virtuales desarrolladas por cada docente, identificando áreas de mejora y ofreciendo recursos adicionales para el perfeccionamiento de las prácticas docentes en el entorno digital, garantizando así un proceso una implementación adecuada con sus estudiantes.

d. Certificación: Por último, se certificaron a aquellos docentes que completaron el proceso de manera exitosa, representando un paso fundamental para validar las competencias adquiridas para ofrecer una enseñanza apoyada con las PEV. Este proceso no solo reconoció el esfuerzo y la dedicación de los docentes, sino que también contribuye a la construcción de una comunidad docente altamente cualificada y preparada para afrontar los desafíos de la educación en la era digital.

2.3. SOCIALIZACIÓN Y DIFUSIÓN

Los resultados obtenidos en el proceso se maximizan a través de la estrategia de transmisión de resultados, en tres niveles:

- A nivel comunitario, se hizo realimentación de los avances logrados e intercambio de experiencias entre los docentes capacitados y otros colegas, fomentando una cultura de colaboración y mejora continua.

- La participación en eventos académicos nacionales e internacionales permitió presentar los hallazgos y buenas prácticas del proceso a una audiencia más amplia, contribuyendo al conocimiento colectivo en el campo de la educación virtual, algunos de ellos fueron la Jornada “Relatos de nuestras comunidades” organizada por la Facultad de Ciencias e Ingeniería 2018, III Jornada de Socialización de Experiencias Significativas de Proyección Social de la Universidad de Boyacá 2022 y el III Congreso Internacional de Proyección Social organizado por la, Corporación de Instituciones de Educación Superior del Huila 2022.
- Finalmente, se aprovecharon los medios de comunicación, tanto tradicionales como digitales, para difundir historias de éxito, testimonios de docentes y las lecciones aprendidas, generando visibilidad para el proyecto y motivando a otras instituciones a adoptar enfoques similares. Algunos de estos medios fueron el programa radial Compromiso Social por UdeBVirtualRadio, programas de televisión como Boyacá Despierta de Telesantiago, Especiales de El Kanal y De Mañanita de El Kanal.

2.4. RESULTADOS

Las evidencias de esta etapa fueron los cursos que los docentes crearon y que los estudiantes le dieron un uso adecuado sin desviar el proceso académico normal de cada Institución. Así mismo, se evidenciaron la configuración de diferentes actividades sumativas para los estudiantes, como exámenes en los cursos construidos y el beneficio de implementar los materiales construidos por los docentes gracias a las competencias adquiridas del proceso de capacitación recibido durante el proyecto. A continuación, se contextualizan los resultados obtenidos del trabajo adelantado:

Figura 8. Resultados del proceso de apropiación PEV.



Fuente: autores (2022).

Adicionalmente, se aporta al cumplimiento de los siguientes objetivos de desarrollo sostenible así:

Figura 9. Aporte a los ODS del proceso de apropiación PEV.



Fuente: autores (2022).

3. CONCLUSIONES

Con base en los años de consolidación y ejecución del proyecto, se mantuvo la gran acogida en las instituciones educativas públicas por parte de las directivas y docentes sobre la importancia de este proceso para que pudieran mejorar la calidad de la educación ofrecida en cada una de las instituciones.

Se mantiene un alto grado de analfabetismo digital por parte de algunos docentes quienes no saben utilizar adecuadamente herramientas informáticas dentro de su labor diaria, sin embargo, estos proyectos ayudan a disminuir la brecha entre el uso de la tecnología actual y su aplicación por parte de los docentes de los colegios.

Es indispensable que las universidades apoyen a los colegios no solo con cursos y proyectos como este, sino también estableciendo que estas sean parte de la universidad y viceversa, con el hecho de que los estudiantes puedan orientar mejor su perfil vocacional basado en el ejemplo.

La sensibilización en el uso de TIC en la educación, ha sido una estrategia importante ya que los docentes se ven inmersos en situaciones informáticas que deben afrontar en la actualidad, partiendo de que los educandos vienen generando competencias generacionales en el uso de las TIC debido al acceso y uso que tienen hacia la tecnología.

Los estudiantes de los diferentes grados fueron receptores del proceso, permitiendo darles a conocer los diferentes servicios que existen en la Universidad como es la proyección social, nutriendo las competencias académicas de otras instituciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilar Ponce, L. d. J. (2022, Julio 1). Uso didáctico de las aulas virtuales en la enseñanza-aprendizaje | Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología. Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología. Retrieved Agosto 22, 2023, from <https://teyet-revista.info.unlp.edu.ar/TEyET/article/view/1861>

Aguilar Ponce, L. d. J., & Zambrano Montes, L. C. (2022). Uso didáctico de las aulas virtuales en la enseñanza-aprendizaje. SciELO Argentina. Retrieved Agosto 18, 2023, from http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1850-99592022000200112&script=sci_abstract

Colmenares, A. M. (2012, Junio). Investigación-acción participativa: una metodología integradora del conocimiento y la acción. ResearchGate. Retrieved Agosto 22, 2023, from https://www.researchgate.net/publication/333306578_Investigacion-accion-participativa_una_metodologia_integradora_del_conocimiento_y_la_accion

De la Torre Navarro, L. M. (2012). Las TIC en el proceso de enseñanza aprendizaje a través de los objetos de aprendizaje. Las TIC en el proceso de enseñanza aprendizaje a través de los objetos de aprendizaje. Retrieved Agosto 22, 2023, from http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1684-18592012000100008

Gobernación de Boyacá. (2020, Noviembre 19). Gobernación de Boyacá y su Secretaría de Educación reactivaron 88 juntas municipales de Educación en el 2020. Gobernación de Boyacá. Retrieved Agosto 18, 2023, from <http://www.boyaca.gov.co/gobernacion-de-boyaca-y-su-secretaria-de-educacion-reactivaron-88-juntas-municipales-de-educacion-en-el-2020/>

Ministerio de Educación Nacional. (2022). Papel de las secretarías de educación de las entidades territoriales certificadas frente a los fondos de servicios educativos. Ministerio de Educación Nacional. Retrieved Agosto 1, 2023, from https://www.mineduacion.gov.co/1780/articles-200659_archivo_pdf_borrador.pdf

Padilla Beltrán, J. E., Vega Rojas, P. L., & Rincón Caballero, D. A. (2013, Diciembre 29). Tendencias y dificultades para el uso de las TIC en educación superior. SciELO Colombia. Retrieved Agosto 20, 2023, from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1900-38032014000100017

Universidad de Boyacá. (2020). Proyección Social | Universidad de Boyacá. Universidad de Boyacá. Retrieved August 22, 2022, from <https://www.uniboyaca.edu.co/es/micrositio/proyeccion-social>

MOBILE DEVICE USE IN THE DEVELOPMENT OF RESEARCH SKILLS IN STUDENTS AT A PUBLIC UNIVERSITY IN THE CAJAMARCA REGION¹

Data de submissão: 04/02/2026

Data de aceite: 27/02/2026

Juan de Dios Aguilar Sánchez

Doctor en Educación

Universidad Nacional Autónoma de Chota

ABSTRACT: The development of research capacity is a variable that demands attention in students of the various universities in the world, they need to use tools that facilitate access to information required for research work, all university students have a mobile device; however, it is not used for research, despite having applications for access to reliable and interesting information. The problem statement sought to test the influence of the use of mobile devices on the development of research skills. The study was quantitative in approach, applied with a quasi-experimental design, worked with 140 students from a public university in the Cajamarca region, divided into two groups, Control and Experimental; a pre-test was applied to both,

where average differences of less than 0.071 were obtained in the dimensions and variable; the use of the mobile device determined that it was favourable for the GE, demonstrating that all students accessed information according to the guidelines of the research work. The application of the post-test proved that there are significant differences in the development of research skills, by obtaining average differences of more than 2.929 points in the dimensions and variable; the statistical values showed that there is a significant influence of the use of the mobile device in the development of research skills, by obtaining an associated bilateral critical level < 0.001 , a result of less than 0.05, which accepts the hypothesis put forward.

KEYWORDS: mobile device; development and research skills.

1. INTRODUCTION

The use of the mobile device to develop research in educational institutions at all levels of education goes unnoticed on the planet, the fact was visualised during the spread of the pandemic of COVID-19, when the only way to access the development of classes was remote education through the use of radio, television or mobile devices, however only used as receivers, neglecting

¹ **22nd LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: Sustainable Engineering for a Diverse, Equitable, and Inclusive Future at the Service of Education, Research, and Industry for a Society 5.0.** Hybrid Event, San Jose – COSTA RICA, July 17 - 19, 2024.

the development of research skills demanded by the training of students in basic education and to a greater extent non-university and university higher education. The United Nations Educational, Scientific and Cultural Organisation, reported that 1.2 billion students worldwide at all levels of education did not have access to remote educational development [1]. The fact reaffirms that the problem was alarming not only in basic education, but also at the level of higher education institutions, especially in the public sector, which, faced with the lack of connectivity of students and the implementation of virtual education platforms, the authorities on duty had to implement the development of remote education using free applications offered by Google's automated search engine. Post pandemic, the problem still persists, as there are universities that still lack internet service and do not have a virtual learning platform, claiming that they lack resources, which undermines the possibility of implementing the development of blended and virtual programmes as private universities are developing, generating the income of resources to the corresponding institutions. The United Nations Educational, Scientific and Cultural Organisation [2], states that as a result of the pandemic crisis caused by COVID-19, the higher education system has been implementing new forms of education in order to contribute to the achievement of the Sustainable Development Goals (SDGs), highlighting teacher training in the management of virtual environments to develop content and evaluation systems and even encourage the development of the various types of research demanded by higher education institutions. However, in many public universities and higher education institutions, the reality is far from UNESCO's proposal.

Latin America, due to the fact that it is made up of developing and underdeveloped countries, affected by the enormous gaps in educational results, expressed in the unequal distribution of teachers, lack of connectivity in urban and rural areas, opted to suspend face-to-face educational work and opt for remote education, using applications and social networks that went unnoticed. La UNESCO stresses that of the 33 States that make up the region, 29 suspended face-to-face classes, affecting more than 165 million students; in view of this situation, 29 countries decided to continue developing distance education, 26 implemented the use of the internet, 4 with exclusive live online virtual platforms such as the Bahamas, Costa Rica, Ecuador and Panama, 23 countries implemented radio or television educational programmes [1]. The problem induces the educational protagonists to reflect on the implementation of virtual education, to prepare themselves academically to use digital technology and to implement strategies that promote the use of mobile devices as a means to access databases and obtain information that demands the development of research skills of university students.

In Peru, the problem of the use of mobile devices to undertake research in the university system is still unnoticed, as far from being used as an educational resource, it is conceived as a distractor, prohibiting its use during the development of educational activities. The reference [3] states that the use of mobile devices by university students went from being a distractor to an educational tool in the development of virtual classes during the pandemic, however, during the return to face-to-face classes, its use is once again being prohibited because it is considered a promoter of addiction to social networks. This statement allows us to interpret whether the use of mobile devices facilitates the development of research skills, and the answer is that it is the teacher who has the responsibility to promote their use as educational resources, as it promotes access to the information media required for the development of educational activities, taking into account that in the classrooms of various public and private universities there is a lack of access to the internet and it is only limited to the use of computer rooms by teachers who develop subjects related to ICTs. In the framework of the Peruvian University Law 30220, the university system must implement educational programmes with curricula that promote the development of research from the various areas or subjects, with teachers being responsible for articulating formative research and social responsibility in the development of the syllabuses, setting as a product the development of an academic work, which is where it should promote the use of mobile devices to investigate and obtain the information demanded by the research work.

The Cajamarca region currently has three licensed national universities, each offering professional careers in accordance with the licensing indicators verified by the National Superintendence of Higher University Education (SUNEDU), as well as the guidelines demanded by the University Law. The reference [4] explains that, as a result of virtual classes, the education of students was affected by the development of remote classes, due to the fact that teachers were not prepared in didactics and virtual teaching methodology and above all the economic and social inequality of the students, where the internet signal does not reach, which made it difficult to access the development of virtual classes, a fact that to date remains intact. The phenomenon is expressed in university education, which far from encouraging the use of digital devices for the development of research skills, is still seen as negative tools to be used in access to social networks, however, it is not reflected on the use of mobile devices that all students have and that only enough to train them in access and management of academic search engines to obtain information to support educational activities, or the case of YouTube tutorial to verify the methodological procedures in the development of formative research.

This is not alien to each of the national universities in the Cajamarca region, which do not have their own virtual platform for the development of educational activities, since, at the time of COVID-19 they had to adapt to using Google applications, such as Classroom or the Microsoft team's application, as well as implemented with mobile device chips or tablets, for university students to access virtual classes. Unfortunately, many students had serious difficulties in accessing classes via the Google Meet, Microsoft Teams or Zoom application due to lack of connectivity, or because they were located in places inaccessible to the internet. This fact limited the normal development of academic activities, making it necessary to return to face-to-face classes, since it was assumed that their university had implemented internet connection in the classrooms and that they could develop their classes with access to institutional repositories or databases to acquire the information required for research work; However, this did not happen, as to date there is no internet service and it is the students who, of their own free will, use their mobile devices to access the search for information required for research practice. Given the above, the study posed the following problem: How does the use of mobile devices influence the development of research skills in students at a public university in the Cajamarca region?

Having formulated the problem, the study was justified because it made it possible to verify whether teachers and students are using mobile devices to access the information required to develop the capacity for formative research in a transversal manner in each of the subjects from the classroom, as established by the Institutional Educational Model, which promotes work by results. Methodologically, the study promoted the use of mobile devices, following processes to access databases to obtain the sources that support the contents required by the protocol for writing the academic paper. In practical terms, the study allowed the teacher and students to reflect on the results obtained, according to the progress of the research work product undertaken in the academic cycle, as well as to make appropriate use of the devices as an educational resource in the search for information to support the research work.

The main objective of the research was based on the general objective: to check the influence of the use of mobile devices in the development of research skills in students of a public university in the Cajamarca region 2023; having as specific objectives: diagnose the development of research capacity in students of a public university in the Cajamarca region, 2023 through the application of a pre-test; use the mobile device in the development of research capacity in students of a public university in the Cajamarca region, 2023; test the development of research capacity in students of a public university

in the Cajamarca region, 2023; and demonstrate the influence of the use of the mobile device in the development of research capacity in students of a public university in the Cajamarca region, 2023. The hypothesis was: there is a significant influence of the use of mobile devices on the development of research skills in students at a public university in the Cajamarca region, 2023.

Among the antecedents that support the research in the international context is the reference [5], in the article: Adequate use of digital devices in the teaching-learning process COVID-19 times, worked with the aim of investigating the strategies and alternatives used by students to self-learning using digital tools to improve learning, the study was quantitative analytical approach, descriptive non-experimental, was conducted with a probability sample of 84 students, who responded to a Likert-type virtual questionnaire based on the technological equipment that is available, the time used and application in research; The results report that electronic devices connected to the internet favour access to summaries of reports and scientific articles on a research topic. The study concludes that the appropriate use of digital devices is a tool that facilitates obtaining the information required for teachers and students to organise the appropriate information based on previous knowledge and new information with the help of teachers. The reference [6] in the article: Mobile devices as an educational strategy in the public university in face-to-face mode from the experience of undergraduate students and teachers, developed with the aim of presenting a critical reflection on the use of mobile devices, the study was of bibliographic type, of analytical summary method of research, according to answers obtained from the analytical questions, using cards where the necessary elements demanded by the corresponding source were recorded; Among the results, the general philosophical approach was highlighted, specifying that globalisation makes demands on the education system of the countries of the world, specifically in the use of ICTs, demanding the implementation of strategies to use it in the education system; in the general epistemological approach, it was verified that progress is being made in the use of digital technology in face-to-face and distance education, highlighting that ICTs are fundamental tools of socio-constructivism for accessing universal knowledge; the specific epistemological approach that proposes the use of digital technology in research due to the easy access to bibliographic sources, being fundamental the articulation of information technology with the educational system to promote the achievement of learning; in the perspective of the learner it is specified that the mobile device is a new paradigm in the education of students, since it allows them to access multiple applications in order to obtain information according to the subject matter presented digitally. The

reference [7], in the scientific article: Quantitative analysis of the relationship between the use of mobile devices and labour productivity in a business environment, developed with the aim of determining the relationship between variables in the business environment, the study was quantitative, non-experimental, cross-sectional, correlational approach, working with 350 subjects studying professional careers related to the business area of the State Technical University of Quevedo, who answered two questionnaires related to entrepreneurship; The results show that for the majority of respondents, there is a high level of use of mobile devices in the various actions that demand labour productivity, there is also a relationship between the variables by obtaining a p-value of $0.000 < 0.05$, confirming the hypothesis; with statistical data it was concluded that in a good business organisation entrepreneurial projects are constantly developed, as long as they are well structured, there is also a high level of use of mobile devices and a significant relationship between the variables established.

At the national level, there is the research of [8], who in his article developed with the aim of analysing the digital entrepreneurship developed by higher education students, based on a systematic review of 5870 scientific articles published in the last 7 years in databases of journals indexed in Scopus, ProQuest, EBSCO, Scielo and institutional repositories, reviewed using the PRISMA method, 12 articles were selected that publish digital entrepreneurship, where most were quantitative in approach, a minority qualitative and only one mixed; The results show that digital entrepreneurship has a vision of entrepreneurship and is linked to entrepreneurial skills. With the information it was concluded that in higher education the students' conception of digital entrepreneurship is not uniform, some highlight entrepreneurial appearances, others associate the social dimension with the entrepreneurial one in parallel; the problems faced by students in digital entrepreneurship are digital skills and financing. La reference [9], in their scientific article: Perspectives on the adoption of mobile technology in Peruvian university education, developed with the aim of identifying the acceptance of m-learning programmes at postgraduate level, a qualitative deductive study, conducted with 12 managers of private and public universities in Ancash, responded to an interview; The results indicate that the use of mobile devices helps to run interactive software in the development of learning and that they are fundamental tools to undertake not only individual work, but also teamwork; the study concluded that mobile technology allows interaction between students sharing appropriate and timely information to work in teams and cooperatively in situ in the classroom, facilitates self-learning and above all allows access to obtain information in real time and in a timely manner. La reference [10], in the thesis: Dispositivos móviles

y satisfacción del estudiante en la modalidad no presencial en tiempos de COVID-19: Caso Facultad de Ciencias Administrativas y Recursos Humanos USMP, developed with the objective of determining the relationship of the variables, work of quantitative, correlational, transversal, non-experimental approach, executed with 270 students who answered a questionnaire, the answers specified that there is a slight positive rho correlation between the use of mobile devices and student satisfaction of 0.338 with a bilateral significance of $0.000 < 0.01$; the statistical data allows us to conclude that there is a significant relationship between the variables and that the greater the usefulness of the mobile device in the construction of learning, the greater the satisfaction of the students.

In the region, the study by [11], developed with the aim of analysing mobile phone addiction in university sociology students at the National University of Cajamarca, a descriptive, quantitative study carried out with 189 students who answered a Likert-type questionnaire with questions related to mobile phone use, abuse and addiction, as well as items referring to personality traits, spending on games and applications; The answers indicate that mobile phone addiction is determined by the free time that students have when they have research tasks as it is considered a means of entertainment, they specify that the expenses are framed in the recharges they make to their devices and that it is planned, they consider that it is a medium that facilitates access to the information they need to consolidate the work left by teachers and when research is encouraged in the classroom it serves as teaching material to consolidate their learning; with the analysis of the information the study concluded that addiction to mobile devices is determined by the free time students have when they have research tasks as it is considered a means of entertainment: that addiction to mobile devices occurs when teachers do not promote their usefulness in the development of educational activities, as it is a digital tool that promotes the search for and analysis of information according to the demands of the subject matter being addressed in each class.

Among the theoretical bases, the definition of mobile device stands out, conceived as a tool that linked to the internet facilitates accessing and processing information of interest, thanks to the operating system that allows downloading and using applications that induce the generation of new knowledge. It defines the mobile device as a portable computer composed of various digital tools, which when manipulated, not only allows users to make or answer calls or access social networks, but also to obtain information of various kinds; it is a medium that contributes to the development of learning, since it provides access to information of interest in real time [12]. Thanks to research and innovation, the new mobile devices allow easy access to various information search

engines, so its inclusion as a tool for developing research is essential, since its easy portability allows access to information of interest in situ in the classroom and through research allows the development of new knowledge.

The dimensions of the use of the mobile device are expressed in the access to the information required for the development of the research work, i.e. the usefulness of the device in the search for information, sharing information through social networks, use as a means of writing using office tools and accessing repository databases and indexed journals; generation of expenses, linked to the cost of the device and the expense it generates in recharges or fixed plans to have the connectivity demanded by its usefulness in the development of the classes; Valuation, expressed in the satisfaction and value of the information obtained in the context of the work being researched; and socialization, shown in the exchange of information between students or members of the work team, according to the content demanded by the writing of the research work [13].

It is no secret that the educational system demands to articulate digital technology in the teaching-learning process, being the mobile device one of the main tools that would help to promote the development of research, it will only depend on the teacher to establish standards for its use in the classroom. It is specified that the use of mobile devices as a didactic resource helps to acquire learning skills by interacting with the acquisition of the required information, enhances research through access to reports from international organizations, articles and research work undertaken by the academic community [14].

Using ICTs in the development of research work has important advantages, since it allows obtaining updated information according to the demand of the work undertaken, it is enough to have a device connected to the internet to access the information; one of the essential tools is the mobile device, not only because it is easily portable, but also because all students in the university system have a cell phone. The reference [15], emphasizes that educational development is framed in active learning, using media and materials that allow teachers and students to interact in the construction of new knowledge, from this perspective a fundamental tool that is available to educational actors is the mobile device, not only used as a means of communication, but it is a fundamental tool to undertake formative research from any area of study. From such a statement, it is a medium that facilitates access to information of interest, to then analyze and interpret it and build new information following writing guidelines demanded by the Royal Academy of the Spanish Language (RALE) or the use of writing standards APA, Vancouver, Chicago, among others.

From the negative point of view, the use of mobile devices in the classroom is conceived as a means of distraction for students, given that at the slightest carelessness

of teachers, students immediately use the devices to access applications that have nothing to do with the development of learning. The reference [16] specifies that after the pandemic, the return to face-to-face education makes the use of digital tools indispensable, since as a result of virtual education, students have developed digital skills and it is the teachers who have to plan the use of such tools in order to interact in virtual environments during the development of learning; One of the main difficulties is that many educational institutions do not have computer centers, nor internet access, seeing the only possibility of using mobile devices or tables despite being seen as educational distracters; however, it is the driver of learning, who plans its use, establishing rules that allow disciplining the utility at the right time, inducing students to demonstrate the new learning obtained from the use of the mobile device.

The development of the research capacity of university students is defined as an individual process used by students to carry out their research work, following the guidelines established by the research writing protocol of the respective university. Research capacity is defined as the process used by the student to achieve high cognitive, affective and psychomotor skills in the development of a research work [17]. From the applicability of the University Law, teachers and students must undertake the acquisition of research skills through the development of formative research, where they seek rationality, reflection and criticism when contextualizing the development of research work. In order to develop research skills, any research work starts from the attention to a problem, demands the description of the contextualized and inductively grounded reality, induces the formulation of the problem, the establishment of objectives, the justification that explains the reasons why the research will be developed, the establishment of hypotheses, the support of the development of the work with background, definitions and grounding of the variables, the methodological process, the description of the results, the elaboration of conclusions articulated to the problem and objectives and recommendations to the agents investigated.

Among the dimensions of the development of the research capacity are the problematization, which consists of acquiring knowledge from observation, the deductive context of the study leading to the description and formulation of the problem, justification, the establishment of objectives, and hypotheses; the foundation, articulated to the skills used in the search for information, to specify the background at international, national, regional and local level, the theoretical bases in accordance with the variables, and the definition of basic terms in accordance with the study; and attitudes and values towards research methodology, which describes the type, level and design of the research,

highlights the population, sample calculation and sampling of the subjects or objects involved in the study, the techniques and instruments used to collect the information, the methods and techniques of information processing and ethical principles, (the methodology will vary according to the type of research undertaken by the student); and the verification, expressed in the results and discussion in relation to the problem and objectives, as well as expressing the conclusions and recommendations articulated to the objectives and results that make it concrete [18].

The theoretical bases that support the development of research skills are the epistemic approach of quantitative and qualitative and mixed research set out by [19], who mentions that the quantitative approach is conditioned to follow processes of statistical techniques in the tabulation, presentation and analysis of the results according to the objectives pursued, it is helped by the hypothetical deductive method, it is mostly used in the educational field, natural sciences, psychology, physics, physiology, chemistry, neurology, etc. In the qualitative field, it sticks to descriptive processes of categories and subcategories through the analysis of discursive information, it demands in-depth analysis of the phenomenon studied, in order to understand and explain by means of epistemic approaches typical of the inductive method. The mixed approach requires qualitative and quantitative processes, it is used to better understand the problem to be investigated, it allows the study to be approached in a theoretical and practical way, its use is advisable in dense social research that generates complex questions, which require interdisciplinary answers to have a complete understanding of the subject of study [20].

Among the theories that respond to the study are the critical and dialectical theory that guides the development of a good rational human society, stressing that knowledge is not in the mind, but in reality. The reference [21], specify that the acquisition of knowledge is subject to the transformation of reality, where social practice inserts all humans in a liberating practice, demands interaction and approach of diverse elements that seek the transformation of society from the construction of a rational conscience. The development of research skills requires the use of tools that allow access to information that supports the study undertaken, in this logic the use of mobile devices becomes a fundamental means to search for information, analyse it and have a reflection of the deductive reality of the research problem addressed.

Another fundamental theory is that of explanation-understanding dualism, which has its principles in the relationship of ideas - problem, which allows to distinguish different ways of interpreting from approaches and foundations adopted by the human being, the basis of the theory is in the materialist and idealist dualism. The methodological dualism

explanation - understanding starts from the dual process nature - culture, which leads to obtaining information from the context or environment in order to understand it and take it to creative and critical scenarios [22]. In such a circumstance, the development of digital technology makes it possible to act with information from different spaces, to then extract it comprehensively and describe it according to the interest of the research work.

2. METHODOLOGY

Following the approaches of the reference [23] the study was quantitative in approach, applied because it sought to develop the investigative capacity of the students in the sample, field study because information was collected and analysed in two moments, before the manipulation of the independent variable and then its corresponding manipulation to verify the influence on the dependent variable, the design was quasi-experimental, because we worked with Experimental Group (EG) and Control Group (CG), the results obtained verified the influence of the independent variable on the dependent variable.

The population consisted of 140 students in the first cycle of studies at a university in the Cajamarca region, who were distributed in four sections (35 students per section). The sample and sampling were intentional and consisted of the 140 students who formed part of the population, who were distributed in two groups: 70 corresponded to the experimental group and 70 to the control group.

The techniques used in the collection of information were observation to verify the research practice during the experimentation and the survey, which was used to formulate the items in relation to the dimensions of the dependent variable; the observation sheet was used as an instrument to record the research process during the development of the research work and the questionnaire was used for students to record the information required by each item, to then tabulate it and carry out the corresponding analysis [24]. The instruments were validated by three researchers RENACYT Level II, Level V and Level VII.

The processing and analysis of the results was carried out using descriptive and inferential statistics, the former to tabulate the responses in a database and then present them in tables and figures in accordance with the established objectives [25], and the latter to test the hypothesis after analysis of the Kolmogorov-Smirnov normality test using SPSS 27 software, since the sample was larger than 50 subjects, and to determine the normal distribution of the data [26].

3. RESULTS AND DISCUSSION

In order to test the influence of mobile device use on research entrepreneurship with students from a university in the Cajamarca region, 2023, the information obtained in the pre-test and post-test was tabulated and the following results were obtained:

Table 1. Development of the research capacity of students at a public university in the Cajamarca region, 2023 through the application of a pretest.

Dimensions / Variable	Group	Deficient		Regular		Total		Difference in $\bar{X}$
		fi	%	fi	%	fi	%	
Problematisation	GE	62	88.57	8	11.43	70	100.00	-0.471
	GC	52	74.29	18	25.71	70	100.00	
Substantiation	GE	42	60.00	28	40.00	70	100.00	0.043
	GC	34	48.57	36	51.43	70	100.00	
Verification	GE	46	65.71	24	34.29	70	100.00	0.071
	GC	41	58.57	29	41.43	70	100.00	
Research Capacity	GE	54	77.14	16	22.86	70	100.00	-0.119
	GC	53	75.71	17	24.29	70	100.00	

The results shown in table 1 indicate that the majority of frequencies between the results of the GE and GC pre-test are between the deficient and regular level, with an average difference of -0.471 in the problematisation dimension, 0.043 in substantiation, 0.071 in verification and -0.119 in the research capacity variable. The information shows that the development of research capacity in students of a public university in the Cajamarca region, 2023 before starting the experimentation process, there is no significant difference in the development of research capacity between the students of the GE and the GC.

Table 2. Mobile device use in the development of student research skills at a public university in the Cajamarca region, 2023.

Dimensions / Variable	Group	Almost never		Sometimes		Always		Total	
		fi	%	fi	%	fi	%	fi	%
Access to information	GE	0	0.00	0	0.00	70	100.00	70	100.00
	GC	8	11.43	62	88.57	0	0.00	70	100.00
Cost generation	GE	0	0.00	0	0.00	70	100.00	70	100.00
	GC	0	0.00	0	0.00	70	100.00	70	100.00
Valuation	GE	0	0.00	0	0.00	70	100.00	70	100.00
	GC	0	0.00	0	0.00	70	100.00	70	100.00

Socialisation	GE	0	0.00	0	0.00	70	100.00	70	100.00
	GC	3	4.29	8	11.43	59	84.29	70	100.00
Use of the mobile device	GE	0	22.86	0	0	70	100.00	70	100.00
	GC	3	24.29	14	0	53	76.03	70	100.00

According to the verification results on the use of the mobile device, they indicate that in the CG the majority (88.57%) of students sometimes used the mobile device to access information that demanded the development of contents of their classes, while 84.29% socialise information using the mobile device; the opposite occurred with the GE, 100% of students used the mobile device to access information searches, shared it using social networks, used it as a means of writing using office tools, as well as accessing repository databases and indexed journals to organise the information according to the demands of the research work, the utility generated expenses according to the plan contracted with the operator; the assessment obtained the corresponding satisfaction and value when producing the research work, which was socialised with the corresponding support.

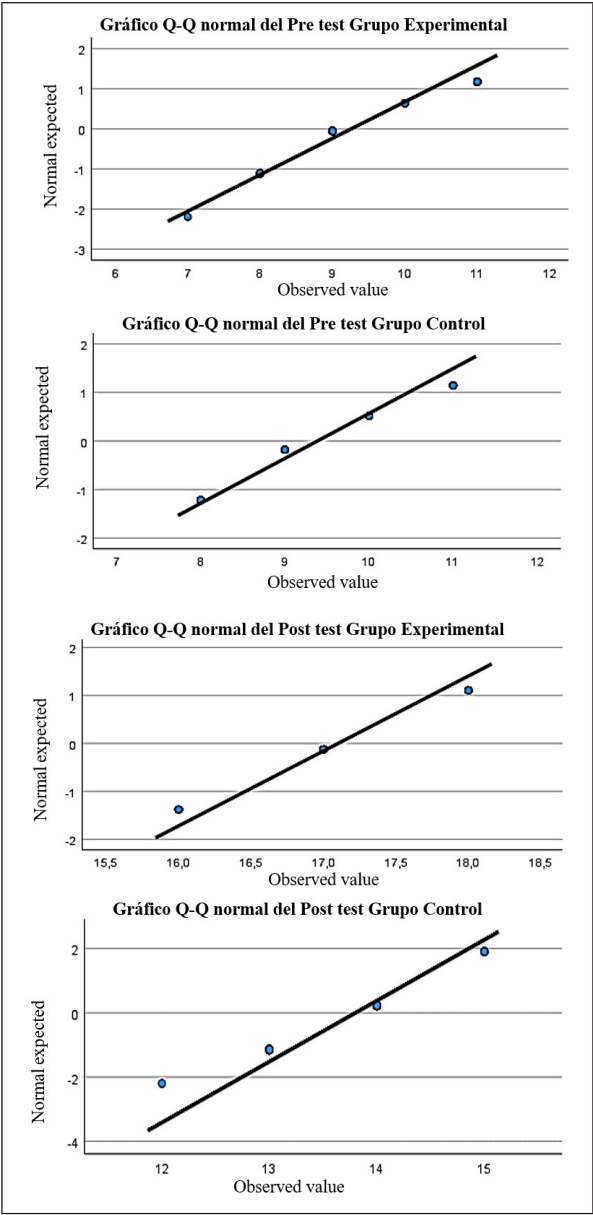
Table 3. Development of the research capacity of students at a public university in the Cajamarca region, 2023 through the application of a post-test.

Dimensions / Variable	Group	Regular		Good		Excellent		Total		Difference in $\bar{X}$
		fi	%	fi	%	fi	%	fi	%	
Problematisation	GE	0	0.00	40	57.14	30	42.86	70	100	3.600
	GC	28	40.00	42	60.00	0	0.00	70	100	
Substantiation	GE	0	0.00	44	62.86	26	37.14	70	100	2.929
	GC	12	17.14	58	82.86	0	0.00	70	100	
Verification	GE	0	0.00	51	72.86	19	27.14	70	100	3.143
	GC	25	35.71	45	64.29	0	0.00	70	100	
Research Capacity	GE	0	0.00	53	75.71	17	24.29	70	100	3.224
	GC	16	22.86	54	77.14	0	0.00	70	100	

The results shown in table 3 indicate that the majority of frequencies between the results of the post-tests of the GE are located in the good and excellent levels, in contrast to those of the CG, which are between the regular and good levels, with a difference of averages of 3.600 in the problematisation dimension, 2.929 in substantiation, 3.143 in verification and 3.224 in the research capacity variable. The information shows that the development of research capacity in students of a public university in the Cajamarca

region, 2023 after the experimentation process, presents significant differences in the development of research capacity between the students of the GE and the GC.

Figure 1. Analysis of the Kolmogorov - Smirnov normality pre test y post test.



The data shown in figure 1, quantitatively presents the analysis of the Kolmogorov - Smirnov normality test for having samples greater than 50, the results show that there is a significance of 0.000, value > 0.05, indicating that there is an abnormal distribution,

indicating that the contrast of the hypothesis is carried out using Student's t test for independent samples, as we have worked with two groups.

Table 4. Influence of the use of mobile devices on research entrepreneurship in students of a university in the Cajamarca region, 2023.

Independent samples test										
		Levene's test of equality of variances				t-test for equality of means				
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Difference in means	Standard error difference	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Superior	Inferior
Pre test	Equal variances are assumed	0.158	0.673	-0.698	138	0.486	-0.129	0.184	0.236	-0.493
	Equal variances are not assumed			-0.698	137.960	0.486	-0.129	0.184	0.236	-0.493
Post test	Equal variances are assumed	1.050	0.307	33.277	138	<0.001	3.300	0.099	3.496	3.104
	Equal variances are not assumed			33.277	133.114	<0.001	3.300	0.099	3.496	3.104

The results of the pre-test shown in table 5, indicate that the levene's contrast (F) has equality or homogeneity of variance by obtaining a value of 0.158 greater than 0.05; also, the significance statistic of 0.698 shows that it is greater than 0.05; the values indicate that it accepts the hypothesis of equality of variance. The data of the t-statistic has values of -0.698 with associated bilateral critical level of 0.486, the result indicates that it is greater than 0.05 giving to understand that the GE and GC are in the same conditions of development of the capacity of investigation, when having closeness of means in the interval of confidence of the difference Superior and inferior between 0.236 and -0.493. The values of the pre-test results indicate that there is no significant difference in the development of research skills between the GE and CG students.

After using the mobile device during the development of the University Work Methodology classes for 14 weeks, having as a product the presentation and support of a research work, the post test was applied, where the results show that the levene contrast (F) has a difference or heterogeneity of variance by obtaining a value of 1.050 greater than 0.05; also the significance statistic of 0.307 shows that it is greater than 0.05; the

values specify that it accepts the hypothesis of equality of variance. The t-statistic data has values of 33.277 with associated bilateral critical level < 0.001 , the result indicates that it is less than 0.05 giving to understand that between the SG and CG there is significant difference in the development of research ability by having difference of means in the upper and lower confidence interval between 3.496 and 3.104. Therefore, the values obtained in the post tes indicate that, there is significant difference in the development of research ability between the students of the SG and CG.

The information allowed us to understand how mobile devices contribute to the development of research skills, a fact that allows educational institutions and students to make the most of these technological resources; given that it is being demonstrated that the proper use of mobile devices improves research skills, inducing teachers to implement specific strategies to promote their efficient use. The digital era in which we live, demands the use of technological resources that are within reach of students, being the mobile device a medium that serves to access information that is available online.

Assessing how the use of mobile devices contributes to the development of research skills helps students to adapt to this environment and to use digital tools effectively, since determining whether mobile devices positively influence research skills can translate into an improvement in the quality of research papers, as students can frequently access and critically evaluate information and organise their findings efficiently.

4. DISCUSSION

The results in Table 1 show that most of the frequencies of the GE and GC pre-test results are between the deficient and regular level, with minimal differences in the averages in the dimensions and variable. The information is consistent with the study by [6], who verified that the development of research in university students is known through a diagnosis and that its improvement is undertaken using digital technology either in face-to-face or distance education, specifying that ICTs are the fundamental tools of socio-constructivism to access universal knowledge; it contributes to the theoretical approaches of [19], by highlighting that to identify the development of students' skills, a pre-test is applied, the results are used to make decisions and undertake the use of tools that stimulate the development of research.

The verification results on the use of the mobile device expressed in table 2 indicate that the majority of GC students sometimes used the mobile device to access information and socialise, according to the parameters demanded by the development of class content, with the opposite occurring in the GE where all students used the

mobile device to search for, evaluate and socialise information, sharing it by using social networks, office tools, Google applications, accessing databases of repositories and indexed journals to organise the information according to the demands of the research work. The information validates the study by [5], demonstrating that the appropriate use of digital devices is a tool that facilitates obtaining the information required by teachers and students to organise the appropriate information based on previous knowledge and new information with the help of teachers; it contributes to the theory of [14], stating that the use of mobile devices as a teaching resource helps to acquire learning skills by interacting with the acquisition of the required information, enhances research through access to reports from international organisations, articles and research work undertaken by the academic community.

The results in Table 3 show that most of the frequencies of the results of the post-tests of the EG are located in the good and excellent levels, in contrast to those of the CG, which are between the regular and good levels, there being a significant difference in the averages in the development of research capacity. The information is in agreement with the studies of [9], in specifying that mobile technology allows interaction among students sharing appropriate and timely information to work in teams and cooperatively in situ in the classroom, facilitates self-learning and above all allows access to obtain information in real time and in a timely manner; contrasts with the results of the study of [8], by demonstrating that in higher education the conception of digital entrepreneurship of students is not uniform, some highlight entrepreneurial appearances, others associate the social dimension with the entrepreneurial one in parallel; the problems faced by students in digital entrepreneurship are digital skills and financing.

The results of the pre-test shown in Table 5, indicate that the t-statistic has values of -0.698 with an associated bilateral critical level of 0.486, the result indicates that it is greater than 0.05, implying that the GE and GC are in the same conditions for the development of research capacity, since they have mean closeness in the confidence interval of the upper and lower difference between 0.236 and -0.493. The results favor [15], statements by highlighting that educational development is framed in active learning, using means and materials that allow the teacher and students to interact in the construction of new knowledge; it also contributes to the applicability of the University Law, teachers and students must undertake the acquisition of research skills through the development of a formative research, where they seek rationality, reflection and criticism by contextualizing the development of research work.

After the use of the mobile device during the development of the University Work Methodology classes for 14 weeks, the results of the post-test show that the Levene's

contrast (F) has a difference or heterogeneity of variance of 1.050 greater than 0.05, specifying that it accepts the hypothesis of equality of variance. The data of the t statistic has values of 33.277 with associated bilateral critical level < 0.001 result less than 0.05 gives to understand there is significant difference in the development of the research capacity between the CG and GE. The Statistical data provide the research of [10], who found a slight positive rho correlation between the use of mobile devices and student satisfaction of 0.338 with a bilateral significance of $0.000 < 0.01$; it contrasts with the study of [11] by stating that addiction to mobile devices occurs when teachers do not encourage its use in the development of educational activities, since it is a digital tool that promotes the search for and analysis of information according to the demands of the subject matter being addressed in each class; it contributes to the statements of [16], by highlighting that after the pandemic, the return to face-to-face education makes the use of digital tools indispensable, since as a result of virtual education, students have developed digital skills and teachers are the ones who have to plan the use of such tools in order to interact in virtual environments during the development of learning.

5. CONCLUSIONS

It was proven that there is a significant influence of the use of mobile devices in the development of research skills in students of a public university in the Cajamarca region, 2023.

With the application of the pre-test, it was diagnosed that there are no significant differences in the development of research skills in students of a public university of the Cajamarca region, 2023, by obtaining differences of averages less than 0.071 in the dimensions and variable between the students of the GE and the GC.

It was determined that the use of the mobile device in the development of research capacity in students of a public university in the Cajamarca region, 2023, was favorable for the experimental group, by demonstrating that all students accessed information according to the guidelines of the research work requested in the academic cycle.

With the application of the post-test, it was proven that there are significant differences in the development of research skills in students of a public university in the Cajamarca region, 2023, by obtaining differences of averages greater than 2.929 points in the dimensions and variable between the students of the GE and the GC.

It was demonstrated that there is a significant influence of the use of the mobile device in the development of research capacity in students of a public university of the Cajamarca region, 2023, by obtaining a statistical t value of 33.277 with associated

bilateral critical level < 0.001 , result less than 0.05 that gives to understand that between the GE and GC there is significant difference in the development of research capacity by having difference of means in the upper and lower confidence interval between 3.496 and 3.104. Therefore, they accept the hypothesis of the research posed research.

REFERENCES

- [1] United Nations Educational, Scientific and Cultural Organisation, «Education in times of the COVID-19 pandemic,» CEPAL-UNESCO, 2020.
- [2] United Nations Educational, Scientific and Cultural Organisation, «Ten axes to review tomorrow's higher education in Latin America and the Caribbean. A contribution to the UNESCO World Conference on Higher Education,» Unesco Inter-American Institute for Higher Education in Latin America and the Caribbean, 2023.
- [3] J. J. Aldana, P. A. Vallejo, J. J. Isea y F. J. Colina, «Smartphone dependence and addiction in university students,» *University education*, vol. 14, nº 5, pp. 129-136, 2021.
- [4] E. R. Vargas, «Influence of virtual classes on the learning of students in the fifth grade of secondary school at the Guillermo Urrelo Experimental Educational Institution in Cajamarca,» National University of Cajamarca, 2022.
- [5] M. C. Betancurt y R. Cadena, «Appropriate use of digital devices in the teaching-learning process COVID-19 times,» *Technological-Educational Magazine Docentes 2.0*, vol. 14, nº 1, pp. 13-18, 2023.
- [6] A. López, «Mobile devices as an educational strategy in the public university in presence mode from the experience of undergraduate students and professors,» *Torreon Universitario*, vol. 11, nº 30, 2022.
- [7] R. C. Dávila y E. d. C. Agüero, «Quantitative analysis of the relationship between mobile device use and labour productivity in a business environment,» *Conrado Magazine*, vol. 19, nº S2, pp. 190-2000, 2023.
- [8] B. R. Flores, «Digital entrepreneurship in higher education students,» *Horizontes Magazine*, vol. 7, nº 28, pp. 958-970, 2023.
- [9] N. F. Cruz, M. E. Maguiña y R. R. Saenz, «Prospects for the adoption of mobile technology in Peruvian university education,» *Epistemia Magazine*, vol. 07, nº 1, pp. 53-68, 2023.
- [10] F. Suárez, «Mobile devices and student satisfaction in the distance learning modality in times of COVID-19: Case of the Faculty of Administrative Sciences and Human Resources USMP,» San Martín de Porras University, Lima, 2020.
- [11] V. H. Delgado, C. G. Castillo, G. E. Delgado y N. Romero, «Analysis of mobile phone addiction in sociology students at the National University of Cajamarca,» National University of Cajamarca, Cajamarca, 2022.
- [12] A. V. Basantes, M. E. Naranjo, M. C. Gallegos y N. M. Benítez, «Mobile devices in the learning process at the Faculty of Education Science and Technology, Universidad del Norte Ecuador,» *University Education*, vol. 10, nº 2, pp. 79-88, 2017.

- [13] L. Cisneros y S. Robles, «What do university students use mobile phones for in the classroom?,» de *Information and communication technologies (ICTs) in education*, San Luis de Potosí, 2017.
- [14] Y. Chilano, M. A. Becerra, B. Parra y S. Amin, *The mobile phone as a didactic resource in education*, Córdoba: UniRío, 2019.
- [15] R. Urcid, «Use of mobile devices in the classroom to stimulate and encourage learning. Case study with undergraduate students.,» *Alterity Education Journal*, vol. 18, nº 2, pp. 211-220, 2023.
- [16] C. A. Acosta, M. A. Puentestar y C. V. Valenzuela, «Implications of face-to-face and e-learning in the Ecuadorian context,» *Scientific Journal Delectus*, vol. 6, nº 1, 2023.
- [17] D. Pástor, G. d. L. Arcos y A. Lagunes, «Development of research skills for university students through the use of instructional strategies in virtual learning environments,» *Apertura (Guadalajara, Jal.)*, vol. 12, nº 1, pp. 6-21, 2020.
- [18] L. J. Rueda, L. Torres y U. Córdova, «Development of research skills in students of a Peruvian university,» *Conrado Magazine*, vol. 18, nº 85, pp. 66-72, 2022.
- [19] F. A. Sánchez, «Epistemic foundations of qualitative and quantitative research: consensus and dissension,» *Digital Journal of University Teaching Research*, vol. 13, nº 1, pp. 102-122, 2019.
- [20] N. Mendozábil, «Boldness in research: the use of mixed methods in the social sciences,» *Open Space Magazine*, vol. 27, nº 2, pp. 5-20, 2018.
- [21] K. Bolo, L. Scattolon, V. Guevara y K. Peceros, «Education and the Frankfurt School: an epistemological perspective on the critical theory of society,» *Creative Commos*, vol. 20, nº 2, pp. 223-242, 2021.
- [22] V. I. Monfrinotti, «The ontological background of Western modernity: a critical revision of the nature/culture divide,» *In-Keys of Thought*, vol. 0, nº 30, pp. 1-26, 2021.
- [23] R. Sierra, *Research techniques: Theory and exercises*, Madrid: Paraninfo, 2001.
- [24] R. Hernández y C. P. Mendoza, *Research methodology. The routes of quantitative, qualitative and mixed research*, México: Mc Graw Hill, 2018.
- [25] F. F. Matos, F. Contreras y J. C. Olaya, *Descriptive Statistics and Probability for Data Science using SPSS*, Lima - Perú: Association of Librarians of Perú, 2020.
- [26] E. Gutiérrez y O. Vladimirovna, *Inference 1 statistics for engineering and science*, México: Patria Publishing Group, 2916.

Xosé Somoza Medina (1969, Ourense, España) Licenciado con Grado y premio extraordinario en Geografía e Historia por la Universidad de Santiago de Compostela (1994). Doctor en Geografía e Historia por la misma universidad (2001) y premio extraordinario de doctorado por su Tesis “Desarrollo urbano en Ourense 1895-2000”. Profesor Titular en la Universidad de León, donde imparte clases desde 1997. En la Universidad de León fue Director del Departamento de Geografía entre 2004 y 2008 y Director Académico de la Escuela de Turismo entre 2005 y 2008. Entre 2008 y 2009 ejerció como Director del Centro de Innovación y Servicios de la Xunta de Galicia en Ferrol. Entre 2007 y 2009 fue vocal del comité “Monitoring cities of tomorrow” de la Unión Geográfica Internacional. En 2012 fue Director General de Rehabilitación Urbana del Ayuntamiento de Ourense y ha sido vocal del Consejo Rector del Instituto Ourensano de Desarrollo Local entre 2011 y 2015. Ha participado en diversos proyectos y contratos de investigación, en algunos de ellos como investigador principal, con temática relacionada con la planificación urbana, la ordenación del territorio, las nuevas tecnologías de la información geográfica, el turismo o las cuestiones demográficas. Autor de más de 100 publicaciones relacionadas con sus líneas de investigación preferentes: urbanismo, turismo, gobernanza, desarrollo, demografía, globalización y ordenación del territorio. Sus contribuciones científicas más importantes se refieren a la geografía urbana de las ciudades medias, la crisis del medio rural y sus posibilidades de desarrollo, la evolución del turismo cultural como generador de transformaciones territoriales y más recientemente las posibilidades de reindustrialización de Europa ante una nueva etapa posglobalización. Ha participado como docente en masters y cursos de especialización universitaria en Brasil, Bolivia, Colombia, Paraguay y Venezuela y como docente invitado en la convocatoria Erasmus en universidades de Bulgaria (Sofia), Rumanía (Bucarest) y Portugal (Porto, Guimarães, Coimbra, Aveiro y Lisboa). Ha sido evaluador de proyectos de investigación en la Agencia Estatal de Investigación de España y en la Organización de Estados Iberoamericanos (OEI). Como experto europeo en Geografía ha participado en reuniones de la Comisión Europea en Italia y Bélgica. Impulsor y primer coordinador del proyecto europeo URBACT, “come Ourense”, dentro del Programa de la Unión Europea “Sostenibilidad alimentaria en comunidades urbanas” (2012-2014). Dentro de la experiencia en organización de actividades de I+D+i se pueden destacar la organización de diferentes reuniones científicas desarrolladas dentro de la Asociación de Geógrafos Españoles (en 2002, 2004, 2012 y 2018).

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aceite residual 20, 21, 22

Adsorción 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 110, 112, 113, 114, 115, 116

Aguas residuales industriales 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 110, 115

Análisis termofísico y distribución del flujo 76

B

Bioadsorbente 100

C

Calidad 3, 10, 20, 23, 24, 25, 27, 30, 31, 32, 33, 35, 37, 46, 54, 57, 63, 154, 168, 169, 171, 173, 175, 177, 179

Cámara térmica 76, 79, 85, 86

Ciudad 20, 24, 26, 30, 32, 36, 37, 38, 54, 55, 56, 57, 58, 60, 62, 63, 75, 169, 171, 172

Cogeneration 88, 89, 90, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99

Combine heat and power and feasibility 88

Contaminación ambiental 20, 35, 36, 54

Contaminación del suelo 20, 22, 27, 31, 32

Criollo 1, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10

Cybercrime 124, 131, 147

Cybercriminality 124

Cyberviolence 124

D

Decibel 35, 36, 39

Development and research skills 181

Distribución del flujo 76, 79, 80, 86

E

ECA 20, 24, 31, 32, 33, 35, 36, 46, 47, 48, 53

Economía 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74

Educación 1, 37, 46, 47, 48, 53, 54, 59, 64, 74, 153, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181

Educación virtual 169, 172, 176, 177, 178

Evaluación 1, 9, 17, 31, 33, 34, 54, 71, 76, 79, 84, 85, 153, 155, 159, 160, 163, 165, 167, 176

G

Gabinete 7, 76, 78, 79, 81

H

Harassment 124, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149

Historia 2, 38, 66, 71, 73, 74

Hongos filamentosos 11, 12, 15, 16, 17, 18

Hotels 88, 89, 90, 93, 94, 95, 96, 98, 99

I

ICT 124, 125, 126, 127, 128, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 142, 145, 146, 148, 149, 169

L

Laminario educativo 11, 17

M

Maíz 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10

Matemática 66, 68, 69, 71, 72, 74

Metales pesados 20, 21, 24, 25, 30, 31, 32, 33, 100, 101, 105, 106, 110, 112, 115

Michoacán 1, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10

Microorganismos benéficos 11, 12, 13, 16

Mobile device 181, 184, 185, 187, 188, 189, 192, 193, 195, 196, 197, 198, 199

Multidisciplinario 151

P

Pensamiento 66, 67, 68, 70, 72, 73, 74, 151, 154, 165, 166, 170

Pensamiento económico 66, 67, 68, 70, 72, 73, 74

Plataforma tecnológica 169

Proceso 18, 23, 43, 56, 57, 59, 61, 63, 66, 67, 68, 70, 71, 72, 77, 78, 79, 80, 81, 83, 85, 86, 101, 102, 103, 105, 106, 110, 115, 153, 155, 156, 159, 161, 165, 166, 168, 169, 170, 171, 173, 174, 176, 177, 178, 179, 180

Programación Web 151, 153, 158, 159, 161, 163, 164, 166, 167

Proyecto integrador 151, 153, 154, 155, 157, 161, 162, 163

Puerto Rico 88, 89, 90, 94, 95, 98, 99

R

Remoción contaminantes 100

Resíduos líquidos tóxicos 20

Ruido 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 46, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54

S

Secador solar mixto 76, 80, 86

Sostenibilidad en el tratamiento de aguas 100

T

TIC en educación 169, 180

U

Urbano 20, 30, 40, 54, 55, 56, 57, 59, 60, 62, 63, 64, 65

Z

Zumpango 1, 4, 5, 7, 8, 9, 10

