

RTE

Revista Tecnológica
ESPOL

Vol. 35, N° 3 (2023)

ISSN 0257-1749

e-ISSN 1390-3659

DOI 10.37815/rte

Sección abierta multidisciplinaria

**Finanzas, Ciencias y
Sostenibilidad**

Sección especial

IV Edición - Congreso Internacional EDUCAMP 2023

Diseñando la Educación del Futuro



Guayaquil, Ecuador
Vol. 35, Núm. 3 (2023)
Diciembre, 30

DOI: 10.37815/rte.v35n3



Esta obra está bajo una licencia internacional
Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0.

Autoridades Institucionales (Institutional Authorities)

Rectora

Cecilia Alexandra Paredes Verduga, Ph.D.
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador

Vicerrectora de Docencia

Paola Romero, Ph.D.
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador

Vicerrectorado de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i)

Carlos Teodoro Monsalve Arteaga, Ph.D.
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador

Consejo de Editores (Editorial Board)

Directora General Editorial (Editor in Chief)

Nayeth I. Solórzano Alcivar, Ph.D.
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
 e-mail: nsolorza@espol.edu.ec
 ORCID: 0000-0002-5642-334X

Directora Ejecutiva Editorial -Coeditor (Executive Director)

Katherine Anabelle Salvador Cisneros, Ph.D.
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
 e-mail: ksalvado@espol.edu.ec
 ORCID: 0000-0003-0414-3597

Editores Asociados (Associate Editors)

Fausto Enrique Jácome López, M.Sc.
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
 e-mail: fjacome@espol.edu.ec
 ORCID: 0000-0001-6808-7294

Santiago Berrezueta-Guzman, Ph.D.
 Technical University of Munich - TUM, Germany
 Corporación Ecuatoriana para el Desarrollo de la
 Investigación y la Academia - CEDIA, Ecuador
 e-mail: santiago.berrezueta@cedia.org.ec
 ORCID: 0000-0001-5559-2056

Editores/as Invitados (Invited Editors)

Silvia Lavandera Ponce, Ph.D.
 Universidad de Ingeniería y Tecnología, Perú
 e-mail: slavandera@utec.edu.pe
 ORCID: 0000-0003-4213-4472

Irma Abrigo Córdova, Ph.D.
 Universidad Nacional de Loja, Ecuador
 e-mail: irmabrigocordova2016@gmail.com
 ORCID: 0000-0002-1537-6313

Patrick Taran, Prof.
 Global Migration Policy Associates, GMPA,
 Switzerland
 e-mail: taran@globalmigrationpolicy.org
 ORCID: 0000-0002-9442-5725

Editores/as de Sección o Temático (Section Editors)

Cristian Díaz Álvarez, Ph.D.
 Universidad del Meta, Colombia
 e-mail: cristian.diaz@unimeta.edu.co
 ORCID: 0000-0002-4212-4947

Eduardo Jordan Pérez, Ph.D.
 Griffith University, Australia
 e-mail: e.jordanperez@griffith.edu.au
 ORCID: 0000-0001-5299-8501

Fernando Sandoya Sánchez, Ph.D.
 Universidad de Guayaquil, Ecuador
 e-mail: fernando.sandoyas@ug.edu.ec
 ORCID: 0000-0002-0011-4003

Hilda Flor Paéz, M.Sc.
 EDUPROSER Cía. Ltda., Ecuador
 e-mail: hflor@espol.edu.ec
 ORCID: 0009-0002-7472-8494

Marcelo Rafael Báez Meza, Ph.D.
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
 e-mail: mbaez@espol.edu.ec
 ORCID: 0000-0002-8563-6985

Marco Antonio González Escudero, Dr.
 Universidad Central del Ecuador, Ecuador
 e-mail: magonzalez@uce.edu.ec
 ORCID: 0000-0003-4415-6579

Miguel Eduardo Yapur Auad, M.Sc.
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
 e-mail: myapur@espol.edu.ec
 ORCID: 0000-0001-6627-7908

Miriam Maricela Checa Artos, Ph.D.
 Universidad de las Fuerzas Armadas, Ecuador
 e-mail: mcheca@espol.edu.ec
 ORCID: 0000-0002-9606-7896

Ramón Espinel Martínez, Ph.D.
 Centro de investigaciones rurales, CIR
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
 e-mail: respinel@espol.edu.ec
 ORCID: 0000-0002-4998-2063

Rosa Aurora Espinoza Toalombo, Ph.D.
 Universidad Estatal de Milagro, Ecuador
 e-mail: respinozat@unemi.edu.ec
 ORCID: 0000-0001-6527-1870

Silvana del Pilar Gamboa Benitez, Ph.D.
 Escuela Politécnica Nacional, Ecuador
 e-mail: silvana.gamboa@epn.edu.ec
 ORCID: 0000-0001-5951-1970

Sylvia Novillo Villegas, Ph.D.
 Universidad de las Américas, Ecuador
 e-mail: sylvia.novillo@udla.edu.ec
 ORCID: 0000-0002-7659-6846

Wellington Enrique Wonsang Ureta, BS.c.
 San Diego State University Associates in Business Accounting, Estados Unidos
 e-mail: wonsangwellington@gmail.com
 ORCID: 0000-0003-3936-9705

Editores/as de Copia - Español (Copy Editors - Spanish)

Diana Llamel Rodríguez Arteaga, M.Sc.
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
 e-mail: dirodri@espol.edu.ec
 ORCID: 0000-0002-3715-181X

Andrea Victoria Carranza García, M.Sc.
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
 e-mail: avcarran@espol.edu.ec
 ORCID: 0000-0003-1762-4525

Laura Amelia Malache Silva, Lcda.
 CEDIA, Ecuador
 e-mail: laura.malache@cedia.org.ec
 ORCID: 0009-0004-2846-8710

Editores/as de Copia - Inglés (Copy Editors - English)

Lidia Govea de Bustamante, Ph.D.
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
 e-mail: bgovea@espol.edu.ec
 ORCID: 0000-0002-6770-1261

Maite Velez Chamaidan, Lic.
 Massachusetts Bay Community College,
 Estados Unidos
 e-mail: m_vez3@massbay.edu
 ORCID: 0009-0008-8633-818X

Consejo Científico (Advisory Board)

Carlos Teodoro Monsalve Arteaga, Ph.D.
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
 e-mail: monsalve@espol.edu.ec
 ORCID: 0000-0002-9428-4360

Boris Xavier Vintimilla Burgos, Ph.D.
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
 e-mail: bvintim@fiec.espol.edu.ec
 ORCID: 0000-0001-8904-0209

Carlos Alberto Ramos Galarza, Ph.D.
 Pontificia Universidad Católica del Ecuador
 e-mail: ps_carlosramos@hotmail.com
 ORCID: 0000-0001-5614-1994

Diana Carolina Coello Fiallos, Ph.D.
 Universidad Técnica de Ambato, Ecuador
 e-mail: dc.coello@uta.edu.ec
 ORCID: 0000-0003-3628-5004

Diego Fernando Avila Pesantez, Ph.D.
 Escuela Superior Politécnica de Chimborazo,
 Ecuador
 e-mail: davila@esepoch.edu.ec
 ORCID: 0000-0001-8394-5621

Elena María Fernández González, Ph.D.
 Universidad de Oviedo, España
 e-mail: fernandezelena@uniovi.es
 ORCID: 0000-0002-5683-0674

Elva Patricia Reyes Díaz, Ph.D.
 Universidad Autónoma de Coahuila, México
 e-mail: elva.reyes@uadec.edu.mx
 ORCID: 0000-0002-8854-0946

Ignacio Bladimir Cerón Guerra, Ph.D.
 Escuela Politecnica Nacional, Ecuador
 e-mail: ignacio.ceron@epn.edu.ec
 ORCID: 0000-0002-6373-9772

Isidro Fierro Ulloa, Ph.D.
 Universidad de Especialidades Espíritu Santo,
 Ecuador
 e-mail: isfierro@uees.edu.ec
 ORCID: 0000-0002-9000-6945

José Enrique Martínez-Pérez, Ph.D.
 Instituto Universitario de Tecnología del Estado
 Bolívar, Venezuela
 e-mail: josenriquemartinez@gmail.com
 ORCID: 0000-0003-3611-639

Jorge Antonio Córdova Morán, Ph.D.
 Universidad Estatal de Milagro, Ecuador
 e-mail: joranto205@gmail.com
 ORCID: 0000-0002-2730-4755

Juan José Oliveira Maurera, Ph.D.
 Universidad de Oriente, Venezuela
 e-mail: juanjoseoli@hotmail.com
 ORCID: 0000-0002-8474-5872

Juan Humberto Avellaneda Cevallos, Ph.D.
 Universidad Técnica Estatal de Quevedo,
 Ecuador
 e-mail: juan_avellaneda@yahoo.com
 ORCID: 0000-0002-1805-4803

Luke Houghton, Ph.D.
 Griffith University, Australia
 e-mail: l.houghton@griffith.edu.au
 ORCID: 0000-0002-7461-6591

Manuel Raúl Peláez Samaniego, Ph.D.
 Universidad de Cuenca, Ecuador
 e-mail: manuel.pelaez@ucuenca.edu.ec
 ORCID: 0000-0002-7618-9474

María Del Pilar Cornejo Rodríguez, Ph.D.
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
 e-mail: pcornejo@espol.edu.ec
 ORCID: 0000-0003-4198-2904

María Genoveva Espinoza-Santeli, Ph.D.
 Universidad Andina Simón Bolívar, Ecuador
 e-mail: genoveva.espinoza@uasb.edu.ec
 ORCID: 0000-0002-2347-9507

Olga Kadysheva, Ph.D.
 Global Migration Policy Associates, Switzerland
 e-mail: okadysheva@globalmigrationpolicy.org
 ORCID: 0000-0002-4810-8964

Patricia A. Boeri, Ph.D.
 Universidad Nacional de Río Negro, Argentina
 e-mail: pboeri@unrn.edu.ar
 ORCID: 0000-0003-3262-8030

Paúl Cesar Carrión Mero, Ph.D.
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
 e-mail: pcarrion@espol.edu.ec
 ORCID: 0000-0002-9747-7547

Raquel Miroslava Tinoco Egas, Ph.D.
 Universidad Técnica de Machala, Ecuador
 e-mail: raqueltinocoegas@hotmail.com
 ORCID: 0000-0001-5979-8123

Stanislaus Albert-Georg Sonnenholzner, Ph.D.
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
 e-mail: ssonnen@cenaim.espol.edu.ec
 ORCID: 0000-0002-5723-3994

Consejo Internacional de Revisores del Volumen (International Reviewers Board)

Ana Teresa Tapia Rosero, Ph.D.
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
 e-mail: atapia@fiec.espol.edu.ec
 ORCID: 0000-0002-5326-4750

Begoña Mora Jauregualde, Ph.D.
 Universidad de Huelva, España
 e-mail: bego.mora@dedu.uhu.es
 ORCID: 0000-0002-3559-4318

Byron Agustín Solórzano Castillo, Ing.
 Universidad Nacional de Loja, Ecuador
 e-mail: bsolorzanoiem2002@yahoo.com
 ORCID: 0000-0002-0071-2249

Cristian Díaz Álvarez, Ph.D.
 Universidad del Meta, Colombia
 e-mail: cristian.diaz@unimeta.edu.co
 ORCID: 0000-0002-4212-4947

Daniel Orlando Icaza Alvarez, M.Sc.
 Universidad Católica de Cuenca, Ecuador
 e-mail: dicazaa@ucacue.edu.ec
 ORCID: 0000-0002-9989-6809

Dario Huilcapi, M.Sc.
 Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador
 e-mail: dhuilcapi@ups.edu.ec
 ORCID: 0000-0003-4603-0566

David Enrique Matamoros Camposano, Ph.D.
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
 e-mail: dmata@espol.edu.ec
 ORCID: 0000-0003-3470-2847

David Leonardo Sabando Vera, Dr.
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
 e-mail: dsabando@espol.edu.ec
 ORCID: 0000-0001-5097-4653

Diana Rodríguez Arteaga, M.Sc.
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
 e-mail: dirodrig@espol.edu.ec
 ORCID: 0000-0002-3715-181X

Diego Enrique Portalanza Peralta, Ph.D.
 Universidad Agraria del Ecuador, Ecuador
 e-mail: diegoportalanza@gmail.com
 ORCID: 0000-0001-5275-0741

Eduardo Chavez, Ph.D.
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
e-mail: fchavez@espol.edu.ec
ORCID: 0000-0003-2493-8143

Eduardo Montero Carpio, M.Sc.
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
e-mail: emontero@espol.edu.ec
ORCID: 0000-0002-9684-400X

Eduardo Sanchez Timm, Ph.D.
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
e-mail: lesanche@espol.edu.ec
ORCID: 0000-0001-7712-3605

Elizabeth Elizalde Ríos, M.Sc.
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
e-mail: eselizal@espol.edu.ec
ORCID: 0000-0001-9763-4306

Fernando Francisco Sandoya Sanchez, Ph.D.
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
e-mail: fsandoya@espol.edu.ec
ORCID: 0000-0002-0011-4003

Freddy Arturo Magdama Tobar, Ph.D.
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
e-mail: frearmag@espol.edu.ec
ORCID: 0000-0003-1158-9511

Guimara Tuñon Guerra
Maritime Policy Bureau, Panama
e-mail: gtunon@mpbureau.com
ORCID: 0000-0003-2874-9390

Jonathan Ricardo Coronel Leon, Dr.
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
e-mail: jrcorone@espol.edu.ec
ORCID: 0000-0001-6535-0261

Katherine Salvador Cisneros, Ph.D.
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
e-mail: ksalvado@espol.edu.ec
ORCID: 0000-0003-0414-3597

Lorenzo Cevallos Torres, M.Sc.
Universidad de Guayaquil, Ecuador
e-mail: lorenzo.cevallost@ug.edu.ec
ORCID: 0000-0002-7211-2891

Lourdes Pilay García, Mag.
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
e-mail: mdpilay@espol.edu.ec
ORCID: 0000-0002-9496-1149

Miriam Maricela Checa Artos, Ph.D.
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
e-mail: mcheca@espol.edu.ec
ORCID: 0000-0002-9606-7896

Pablo Antonio Chong Aguirre, Ph.D.
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
e-mail: pachong@espol.edu.ec
ORCID: 0000-0002-4327-0030

René Faruk Garzozzi-Pincay, M.Sc.
Universidad Estatal Península de Santa Elena,
Ecuador
e-mail: renegarzozzi@hotmail.com
ORCID: 0000-0003-1779-9384

Ronald Raúl Criollo Bonilla, Msig.
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
e-mail: rrcrioll@espol.edu.ec
ORCID: 0000-0001-7103-6869

Silvia Lavandera Ponce, Ph.D.
Universidad de Ingeniería y Tecnología, Perú
e-mail: slavandera@utec.edu.pe
ORCID: 0000-0003-4213-4472

Sixifo Falcones Zambrano, Ing.
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
e-mail: sixifo@espol.edu.ec
ORCID: 0000-0001-9470-5068

Gestión de Comunicación, Publicación y Técnica

Difusión y Comunicación Gerencia de Comunicación Social y Asuntos Públicos, ESPOL

José Arturo Maldonado Moncayo, Ing.
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador

Community Manager

José Luis Castro Zambrano, M.Sc.
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador

Traducciones en idioma extranjero English

Joyce Nan, BA.
Griffith University, Australia

Portada, Diseño y Diagramación

Kleber José Avelino Mosquera
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador

Informática

Contacto Soporte Técnico
Kleber José Avelino Mosquera
rte@espol.edu.ec
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador

Indexadores / Directorios



Identificadores



Sobre la revista

La **Revista Tecnológica ESPOL - RTE** es una publicación digital, a la que se puede acceder de forma abierta y gratuita desde su sitio web <http://www.rte.espol.edu.ec>. Se encuentra registrada en varios indexadores y directorios de bases de datos y cuenta con un proceso de evaluación continua de nuevas formas de indexación que permiten dar mayor visibilidad a los artículos publicados y a sus autores.

RTE presenta llamadas programadas para envío de artículos a través de la plataforma Open Journal System, garantizando como mínimo la publicación de dos volúmenes al año. Sin embargo, cada año se producen y se garantiza volúmenes adicionales sobre una temática específica (como un Monográfico o Dossier) o ediciones especiales relacionadas a un evento científico o tecnológico, que recogen artículos o ponencias revisadas y aceptadas por pares ciegos antes de su publicación.

About

The **Revista Tecnológica ESPOL - RTE** is a digital publication, which can be accessed freely and openly from its website <http://www.rte.espol.edu.ec>. It is registered in several indexers and database directories and has a continuous evaluation of new forms of indexing that give greater visibility to published articles and their authors.

RTE presents scheduled calls for article submission through the Open Journal System platform, guaranteeing the publication of at least two volumes per year. However, each year additional volumes are produced and guaranteed on a specific subject (such as a Monograph or Dossier) or special editions related to a scientific or technological event, which collects articles or papers reviewed and accepted by blind peers before publication.

Editorial

La **Revista Tecnológica Espol – RTE** continúa contribuyendo con la difusión de la producción científica por lo que se complace en presentarles su **Volumen 35 Número 3**. Esta edición contiene dos secciones: la sección abierta **Finanzas, Ciencias y Sostenibilidad** y la sección especial **Educamp 2023 Diseñando la Educación del Futuro**, con temas de investigación educativa presentados en el congreso virtual Educamp Internacional el 14 y 15 de septiembre de 2023.

La sección abierta **Finanzas, Ciencias y Sostenibilidad**, incluye siete trabajos innovadores que abordan diversos temas de gran relevancia en diferentes campos científicos. A través de estos artículos, sus autores y autoras han aportado nuevas perspectivas y conocimientos que enriquecerán la comunidad científica y fomentarán el avance en sus respectivas áreas. Esta sección contiene estudios en el área financiera, de las ciencias agrícolas, las ciencias de la computación, electricidad y potencia, y las ciencias químicas y ambientales. Además, exploran la aplicación de las ciencias con un enfoque de sostenibilidad.

El primer artículo, "Proyección financiera para el retorno de la inversión en equipos no intrusivos de los puertos de Guayaquil" presenta un estudio que determina las compañías que tendrían un incremento en sus exportaciones en los años venideros. El segundo trabajo, "Efecto de la aplicación de Calcio y Boro sobre la calidad y rendimiento del fruto de Banano Cavendish 'Valery' (AAA)", proporciona información importante para los agricultores y contribuyen al desarrollo de prácticas agronómicas más eficientes y sostenibles. El tercer artículo, "Desarrollo de un modelo predictivo utilizando técnicas de aprendizaje supervisado para detectar la moniliasis en plantas de cacao de la Provincia de Orellana", propone un modelo predictivo que utiliza aprendizaje supervisado para detectar la moniliasis en plantas de cacao, brindando una herramienta valiosa para el control y la prevención de esta enfermedad.

En el ámbito de las tecnologías de la información, el artículo "Comparación del rendimiento en la transferencia de tráfico en servidores HTTP/2 y QUIC" ofrece una evaluación comparativa detallada que puede ser de utilidad para mejorar la eficiencia y la velocidad de las transferencias de datos en entornos web. Por otro lado, el artículo "Enfoque multicriterio para la selección óptima de variables explicativas para modelos de pronóstico de la energía eléctrica de plantas solares fotovoltaicas" estudia la energía renovable y propone un enfoque multicriterio para seleccionar las variables más relevantes en la predicción de la energía eléctrica generada por plantas solares fotovoltaicas.

Los siguientes artículos presentan trabajos en las ciencias químicas y ambientales respectivamente. El artículo "Uso de dióxido de cloro para la desinfección de áreas de trabajo" nos presenta un estudio innovador que busca mejorar las prácticas de higiene y seguridad en los lugares de trabajo, especialmente en el contexto actual de una mayor conciencia sobre la salud y la prevención de enfermedades. Y, "Global Climate: Much more complex than measuring Greenhouse Gases and Carbon Footprints", discute la complejidad del clima global y nos recuerda la necesidad de abordar de manera integral los desafíos relacionados con el cambio climático y su impacto en nuestro planeta.

En la sección especial **Educamp 2023 Diseñando la Educación del Futuro**, presentamos seis artículos que nos invitan a repensar y a diseñar la educación del futuro, atendiendo a la complejidad y momento de cambio que la educación superior está viviendo en el mundo actual. Además, constituyen un gran aporte para el fortalecimiento de modelos de enseñanza innovadores, a través de la investigación, el intercambio de experiencias docente y reflexiones conjuntas que empoderan a los docentes como promotores de la educación contemporánea. Los trabajos representan la voz de investigadores e investigadoras de prestigiosas universidades de España, Costa Rica, Perú, Venezuela y Ecuador, que participaron en esta edición del congreso.

El artículo, “Interdisciplinariedad en la educación superior: conectando universidad y sociedad”, propone que las disciplinas HACS (Humanidades, Artes y Ciencias Sociales) brindan a los estudiantes las metodologías y herramientas necesarias para comprender los problemas de desarrollo como problemas complejos y sobre todo subjetivos. Además, sugiere que las disciplinas STEM (Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) tienen el potencial de colaborar en la interdisciplinariedad. Seguido del artículo, “Entornos virtuales colaborativos: Lecciones en la postpandemia, una revisión sistemática”, que recalca la incorporación de tecnologías de la información y la adaptación de instituciones, docentes y estudiantes a una nueva realidad y sugiere explorar formas diferentes de enseñar y aprender de manera colaborativa.

El trabajo titulado, “Aprender enseñando: la educación intergeneracional a través del aprendizaje-servicio”, analiza la participación de los estudiantes en experiencias intergeneracionales y cómo esto afecta su desempeño y aprendizaje, por lo que se propone involucrar a los estudiantes quienes aprenden al asumir la responsabilidad de la formación de otros. Mientras que, “El arte como estrategia didáctica: Una metodología visionaria del enfoque educativo STEAM” plantea el uso del arte como una forma de enseñar y que mejora la enseñanza, y fomenta la creatividad y la innovación de los estudiantes. Al mismo tiempo sugiere que el enfoque STEAM prepara a los estudiantes para abordar los desafíos del mundo moderno de manera integral y proactiva.

Los últimos dos artículos están en idioma inglés: “EFL University Students` Perception of Immediate Oral Corrective Feedback in Two Costa Rican Private Institutions”, analiza las percepciones de los estudiantes sobre la realimentación correctiva oral dada por los profesores en los cursos de inglés y ofrece recomendaciones para realizar realimentación de una manera más efectiva. Por último, “Digital Competences of English University Teachers at Universidad Americana of Costa Rica” identifica las competencias digitales de un grupo de profesores de inglés de una universidad de Costa Rica.

Expresamos nuestro agradecimiento a los autores y autoras por su dedicación y contribución a este volumen en la sección abierta y en la sección especial.

Finalmente, tenemos el placer de comunicarles que la **Revista Tecnológica Espol – RTE** ya cuenta con indexación **DOAJ**, luego de haber sido sometida a procesos rigurosos de evaluación. Nuestro reiterado agradecimiento a quienes han puesto su confianza en nuestro selecto equipo editorial y de colaboradores.

Nayeth Solórzano Alcívar, PhD.
Directora General Editorial
Revista Tecnológica ESPOL – RTE

Katherine Salvador Cisneros, PhD.
Directora Ejecutiva Editorial
Revista Tecnológica ESPOL – RTE



Silvia Lavandera Ponce, PhD.
Editora Invitada Sección Especial
UTEC, Perú



Editorial

The **Technological Journal ESPOL - RTE** (acronyms in Spanish) continues contributing to the dissemination of scientific production and is pleased to present this **Volume 35 No.3**. This volume contains two sections: the open section **Finances, Sciences, and Sustainability**, and the special section **Educamp 2023 Designing the Education of the Future** with topics in educational research that were presented for the virtual congress Educamp International, held on September 14 and 15 in 2023.

The open section *Finances, Sciences, and Sustainability* contains seven innovative papers that address various topics of great relevance in different scientific fields. Through these articles, the authors have provided new perspectives and insights that will enrich the scientific community and advance knowledge in their respective fields. This section includes studies in finance, agricultural sciences, computer sciences, electricity and power, and chemical and environmental sciences. In addition, they explore the application of science with a focus on sustainability.

The first article, "Financial projection for the return on investment in non-intrusive equipment of ports of Guayaquil", presents a study that determines the companies that would have an increase in exports in the coming years. The second work, "Effect of Calcium and Boron application on fruit quality and yield of Cavendish 'Valery' (AAA) banana", provides vital information for farmers and contributes to the development of more efficient and sustainable agronomic practices. The third article, "Development of a predictive model using supervised learning techniques to detect moniliasis in cocoa plants in the Province of Orellana", proposes a predictive model that uses supervised learning to detect moniliasis in cocoa plants, providing a valuable tool for controlling and preventing this disease.

In the field of information technologies, the article "Comparison of traffic transfer performance on HTTP/2 and QUIC servers" offers a detailed comparative evaluation that can be useful for improving the efficiency and speed of data transfers in web environments. On the other hand, "Multicriteria approach for the optimal selection of explanatory variables for forecast models of electrical energy from photovoltaic solar plants" studies renewable energy and proposes a multicriteria approach to select the most relevant variables in the prediction of electric power generated by solar photovoltaic plants.

The following articles present studies in chemical and environmental science. The article "Use of chlorine dioxide in the disinfection of work areas" is an innovative study that seeks to improve hygiene and safety practices in the workplace, especially in the current context of increased health awareness and disease prevention. And, "Global Climate: Much more complex than Measuring Greenhouse Gases and Carbon Footprints" discusses the complexity of the global climate and reminds us of the need to comprehensively address the challenges related to climate change and its impact on our planet.

In the special section **Educamp 2023 Designing the Education of the Future** we present six articles that invite us to rethink and design future education, considering the complexity and moment of change that higher education is experiencing in today's world. They also contribute significantly to strengthening innovative teaching models through research, exchange of teaching experiences and joint reflections that empower teachers as promoters of contemporary education. The authors represent the voices of researchers from prestigious universities in Spain, Costa Rica, Peru, Venezuela, and Ecuador, who participated in this congress edition.

The article, “Interdisciplinarity in Higher Education: connecting university and society”, suggests that the HACS disciplines (Humanities, Arts and Social Sciences) provide students with the methodologies and tools to understand development problems as complex and, above all, subjective issues. It also suggests that STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) disciplines have the potential to collaborate in interdisciplinarity. The following article, “Collaborative virtual environments: Lessons in the Post-pandemic, a systematic review,” emphasizes incorporating information technologies and adapting institutions, teachers and students to a new reality that suggests exploring different ways of teaching and learning collaboratively.

The work titled, “Learning by teaching: intergenerational education through service-learning”, analyzes the participation of students in intergenerational experiences and how it affects their performance and learning, so it is proposed to involve students who learn by taking responsibility for the training of others. While, “Art as a didactic strategy: A visionary methodology of the STEAM educational approach”, poses the use of art as a way of teaching that enhances education and fosters student creativity and innovation and suggests that the STEAM approach prepares students to address the challenges of the modern world comprehensively and proactively.

The last two articles are in English: “EFL university students’ perception of immediate oral corrective feedback in two Costa Rican private institutions” analyzes students’ perceptions of oral corrective feedback from professors in English courses and offers recommendations for more effective feedback. Lastly, “Digital competences of English university teachers at Universidad Americana of Costa Rica” identifies a group of English teachers’ digital competences at a Costa Rican university.

We thank the authors for their dedication and contribution to the open section and the special section of the current volume.

Finally, we are delighted to inform our dear authors and readers that the **Revista Tecnológica Espol - RTE** is now **DOAJ** indexed after a rigorous evaluation. Our heartfelt thanks to those who have placed their trust in our select editorial team and collaborators.

Nayeth Solórzano Alcívar, PhD.

Editor in Chief

Technological Journal ESPOL – RTE



Katherine Salvador Cisneros, PhD.

Executive Editorial Director

Technological Journal ESPOL – RTE



Silvia Lavandera Ponce, PhD.

Invited Editor for the Special Section
UTEC, Perú

Sección abierta multidisciplinaria: Finanzas, Ciencias y Sostenibilidad

- 14 *Proyección financiera para el retorno de la inversión en equipos no intrusivos de los puertos de Guayaquil / Financial projection for the return on investment in non-intrusive equipment of ports of Guayaquil*
- 33 *Efecto de la aplicación de Calcio y Boro sobre la calidad y rendimiento del fruto de Banano Cavendish "Valery" (AAA) / Effect of Calcium and Boron application on fruit quality and yield of Cavendish 'Valery' (AAA) banana*
- 46 *Desarrollo de un modelo predictivo utilizando técnicas de aprendizaje supervisado para detectar la moniliasis en plantas de cacao de la Provincia de Orellana / Development of a predictive model using supervised learning techniques to detect moniliasis in cocoa plants in the Province of Orellana*
- 68 *Comparación del rendimiento en la transferencia de tráfico en servidores HTTP/2 y QUIC / Comparison of traffic transfer performance on HTTP/2 and QUIC servers*
- 83 *Enfoque multicriterio para la selección óptima de variables explicativas para modelos de pronóstico de la energía eléctrica de plantas solares fotovoltaicas / Multicriteria approach for the optimal selection of explanatory variables for forecast models of electrical energy from photovoltaic solar plants*
- 99 *Uso de dióxido de cloro para la desinfección de áreas de trabajo / Use of chlorine dioxide in the disinfection of work areas*
- 111 *Global Climate: Much more complex than measuring Greenhouse Gases and Carbon Footprints / Clima mundial: Mucho más complejo que medir gases de efecto invernadero y la huella de carbono*

Sección especial: IV Edición - Congreso Internacional EDUCAMP 2023 Diseñando la Educación del Futuro

- 127 *Interdisciplinarietà en la educación superior: conectando universidad y sociedad / Interdisciplinarity in Higher Education: Connecting university and society*
- 140 *Entornos virtuales colaborativos: Lecciones en la postpandemia, una revisión sistemática / Collaborative virtual environments: Lessons in the Post-pandemic, a systematic review*
- 153 *Aprender enseñando: la educación intergeneracional a través del aprendizaje-servicio / Learning by teaching: intergenerational education through service-learning*
- 169 *El arte como estrategia didáctica: Una metodología visionaria del enfoque educativo STEAM / Art as a didactic strategy: A visionary methodology of the STEAM educational approach*
- 181 *EFL University Students' Perception of Immediate Oral Corrective Feedback in Two Costa Rican Private Institutions / Percepción de los estudiantes universitarios de inglés como lengua extranjera sobre la corrección oral inmediata en dos instituciones privadas costarricenses*
- 193 *Digital Competences of English University Teachers at Universidad Americana of Costa Rica / Competencias Digitales de los Docentes de Inglés de la Universidad Americana de Costa Rica*

Sección abierta multidisciplinaria

Finanzas, Ciencias y Sostenibilidad



Proyección financiera para el retorno de la inversión en equipos no intrusivos de los puertos de Guayaquil

Financial projection for the return on investment in non-intrusive equipment of ports of Guayaquil

Silvia Beatriz Gavilanes Naranjo¹ <https://orcid.org/0009-0004-9204-0532>,
Junior Jonathan Álava Barreto¹ <https://orcid.org/0000-0002-5393-6254>

¹Independiente, Guayaquil, Ecuador

silvia.b.gavilanes@gmail.com, junioralava25@gmail.com



Esta obra está bajo una licencia internacional
Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0.

Enviado: 2023/09/28

Aceptado: 2023/12/27

Publicado: 2023/12/30

Resumen

En los últimos años, las exportaciones del Ecuador han sido gravemente afectadas por la contaminación con narcóticos. Una estrategia que el Gobierno ha decidido implementar es la obligatoriedad de las inspecciones no intrusivas a todo contenedor exportado. Para ello es necesario adquirir costosos equipos de rayos X, lo que conlleva una inversión económica que los puertos deben asumir. Ante este contexto, en esta investigación se compararon las estadísticas de contenedores vacíos y con carga exportados desde el 2019 al 2022 por los 3 puertos de Guayaquil que manejaron la mayor cantidad de contenedores y se elaboró una proyección económica para conocer el tiempo en recuperar la inversión en los equipos no intrusivos. En lo metodológico, la investigación tuvo un enfoque mixto, utilizó un diseño longitudinal con alcance descriptivo y se basó en métodos analítico y matemático. Los resultados indicaron que Contecon y DP World, a diferencia de TPG, tendrían un incremento en sus exportaciones en los años venideros y que las terminales tomarán entre 2 y 5 años en sobreponer su inversión bajo determinadas condiciones de carga, tarifa e inversión total.

Palabras clave: Exportaciones, contenedores, inspecciones no intrusivas, equipos de rayos X, escáneres de contenedores.

Abstract

In recent years, exports of Ecuador have been seriously affected by narcotic contamination. A strategy that the Government has decided to implement is the mandatory nature of non-

Sumario: Introducción, Marco Teórico, Materiales y Métodos, Resultados y Discusión, Conclusiones y Recomendaciones.

Como citar: Gavilanes, S. y Álava, J. (2023). Proyección financiera para el retorno de la inversión en equipos no intrusivos de los puertos de Guayaquil. *Revista Tecnológica - Espol*, 35(3), 14-32.
<http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/1082>

intrusive inspections of all exported containers. It is necessary to acquire expensive X-ray equipment, which entails an economic investment that ports must assume. This investigation compared the statistics of empty and loaded containers exported from 2019 to 2022 by the three ports of Guayaquil that handled the greatest of containers and prepared an economic projection to know the time to recover the investment in the non-intrusive equipment. Methodologically, the research had a mixed approach, used a longitudinal design with a descriptive scope, and based on analytical and mathematical methods. The results indicated that Contecon and DP World, unlike TPG, would have an increase in their exports in the coming years and they would take between 2 and 5 years to recover their investment under certain conditions of cargo, rate, and total investment.

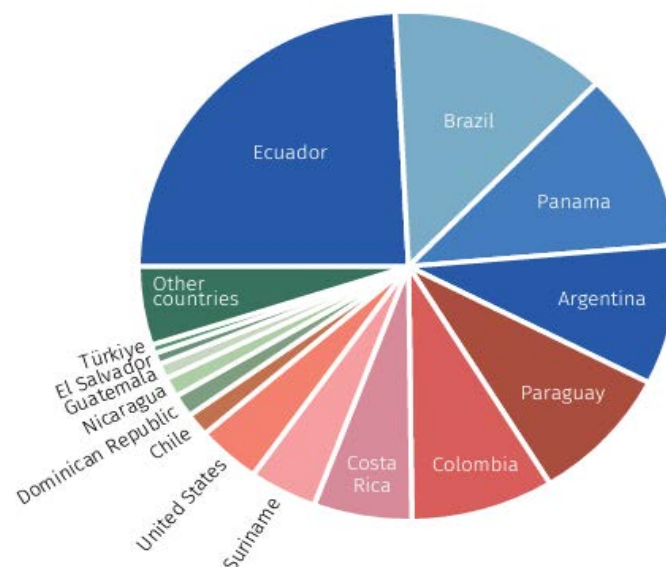
Keywords: Exports, containers, non-intrusive inspections, X-ray equipment, container scanners.

Introducción

Los movimientos de bienes y mercancías se ven afectados por una gran amenaza que está creciendo: la contaminación de los contenedores con narcóticos. Según el informe Global Report on Cocaine, en el 2021, Ecuador se convirtió en el principal país de origen de los cargamentos de cocaína que llegan a Europa, superando a su vecino Colombia y Brasil. Esto puede observarse en la Figura 1, donde Ecuador representa casi el 25%, poniéndose en primer lugar por sobre los otros países. Estos datos están basados en las incautaciones efectuadas por las autoridades aduaneras en Europa Occidental y Central (UNODC, 2023).

Figura 1

Países de Origen de Droga Incautada en Europa en 2021



Nota. Gráfico que muestra el país de origen por toneladas de cocaína incautadas en Europa Occidental y Central en el 2021 (UNODC, 2023).

Los principales productos afectados, por el destino y capacidad de camuflar la droga, son el banano, el camarón, la piña, el cacao y la madera. Los exportadores, además de invertir grandes cantidades de dinero en custodia privada para el resguardo de su carga y cumplir con las inspecciones antinarcóticos en puerto, tienen que enfrentar trámites legales, pérdidas de la carga y multas aduaneras en caso de llegar a ser víctimas de alguna banda delictiva y sus contenedores incautados por las autoridades. Sumado a todo esto, el daño a la reputación del

exportador, incremento de la desconfianza y el posible término de la relación comercial con el importador, afecta no solo al productor sino al comercio y competitividad del país.

Una de las estrategias establecidas por el Gobierno Nacional para apoyar al control y disminución de esta problemática está determinada por el decreto Ejecutivo No. 227 con fecha 19 de octubre del 2021, el cual dispone que “las mercancías, unidades de carga y medios de transportes destinados a la exportación, serán sometidos en su totalidad a controles con equipos no intrusivos” (Presidencia de la República del Ecuador, 2021). Inicialmente, los terminales portuarios que determinara el Servicio Nacional de Aduana del Ecuador (SENAE), en un plazo de 12 meses, debían implementar un sistema de escaneo de control de carga con equipos de rayos X. Sin embargo, esta entidad extendió el plazo hasta mayo del 2023, considerando que el proceso de compra, fabricación e importación de los escáneres podría tardar hasta 1 año (SENAE, 2022).

Actualmente, solo el puerto de aguas profundas de Posorja cuenta con esta tecnología “lo cual permite una mayor penetración y la obtención de imágenes más claras del interior del contenedor” (Flores et al., 2023). Operado por la empresa dubaití DP World, el puerto de Posorja posee en sus instalaciones 3 escáneres de rayos X para inspección no intrusiva desde el inicio de sus operaciones en el 2019. “El sistema de estos escáneres incluye un software de inteligencia artificial que proporciona al analista de imágenes la evidencia para que las interprete de forma más efectiva y rápida” (Flores et al., 2023).

Adicionalmente, 5 puertos más del país: Contecon Guayaquil S.A. (CGSA), Terminal Portuario de Guayaquil (TPG), Naportec (Bananapuerto), Terminal Portuario de Puerto Bolívar (Yilport) y Terminal Portuario de Esmeraldas, deben implementar este sistema para cumplir con el decreto gubernamental que forma parte del Plan Nacional de Seguridad. Sin embargo, la aplicación de esta ley conlleva implicaciones tecnológicas, financieras y de espacio, que obligan a los terminales portuarios a realizar una gran inversión de tiempo y dinero (SENAE, 2023).

¿Cuál sería el estimado de ingresos en dólares que justifique dicha inversión y en cuánto tiempo se podría recuperar?

Objetivos

- Comparar las variaciones estadísticas de contenedores vacíos y con carga exportados durante el período 2019 al 2022.
- Elaborar una proyección económica que determine el tiempo en que se recuperará la inversión en los equipos no intrusivos.

Marco Teórico

Situación actual de las exportaciones en el Ecuador

2022 fue un gran año para Ecuador en cuanto a exportaciones no petroleras, llegando a superar las cifras del año anterior en un 22,3%. Este también fue el año en que el país se consolidó como exportador #1 de camarón y flores en el ranking mundial, según el informe estadístico del Ministerio de la Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca (2022).

Este crecimiento es una tendencia marcada y puede observarse en la Figura 2 que, durante los últimos seis años, las exportaciones de Ecuador han aumentado en \$16MM aproximadamente, de \$16.7MM en 2016 a \$32.6MM en 2022.

Figura 2*Evolución de las Exportaciones Totales de Ecuador en USD Millones FOB*

Nota. Información tomada del Informe de Rendición de Cuentas (Ministerio de la Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca, 2022).

El gráfico anterior muestra la evolución del total de las exportaciones en Ecuador desde el año 2010 al año 2022. Se observa que hay un crecimiento hasta el 2014. En el 2015 hay una reducción drástica, nivel que permanece estable por los siguientes 6 años. Sin embargo, en el 2021 se reactiva y en el 2022 alcanza un registro histórico.

Desde el 2021, los principales productos de exportación no petrolera de Ecuador son: el camarón, el banano, los enlatados de pescado, los concentrados de plomo y cobre y las flores, siendo los principales destinos de estos productos: China, Estados Unidos, Unión Europea, Rusia y Colombia. Estas estadísticas se pueden encontrar en los informes mensuales preparados por el Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca (2023).

Todos estos productos se envían en contenedores, por vía marítima, a través de los puertos del país. Y es aquí en donde existe un gran riesgo de contaminación, siendo el sector exportador de banano el más golpeado, pues sale en mayor volumen y frecuencia por los puertos guayaquileños. Las piñas, madera y otros productos como el cacao, cuya contaminación subió en el 2022 un 400%, están perdiendo competitividad al ser afectados por las organizaciones criminales. “Los narcotraficantes aprovechan los envíos de fruta fresca, porque... no despiertan alertas al entrar a Europa. Además, son productos perecederos que necesitan una distribución rápida y normalmente se gestiona para que pasen sin mucho trámite e inspección” (Decker et al., 2023).

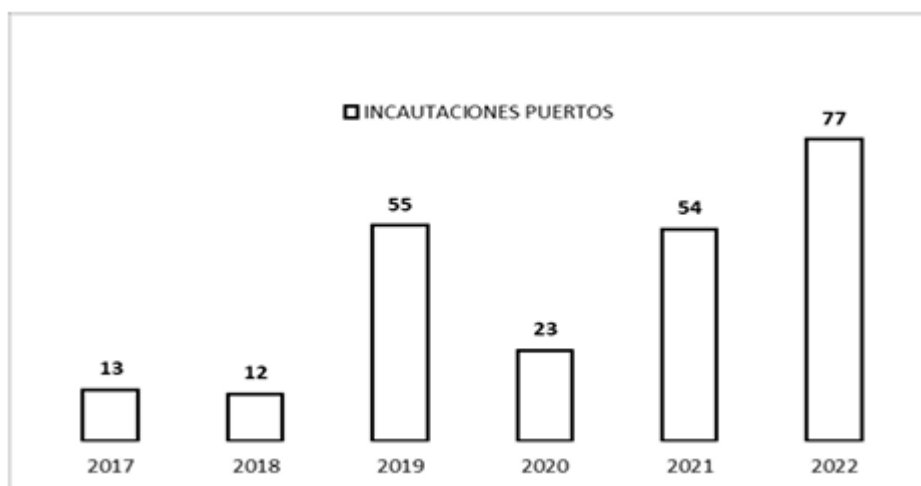
Situación actual del narcotráfico en los puertos marítimos de Guayaquil

La salida de droga por los puertos ha aumentado en los últimos años. Vinuesa y Montúfar (2023), en su análisis sobre la violencia en la Zona 8, que corresponde a Guayaquil, hablan sobre la droga incautada en los puertos desde el año 2017 al 2022. En la Figura 3 se pueden visualizar las estadísticas de estas incautaciones.

Los autores detallan que, de las 77 toneladas de droga incautadas en 2022, el 55% fue decomisada en el puerto guayaquileño de Contecon, el 28% en DP World Posorja, el 7% en TPG y el 10% en Puerto Bolívar. Esto quiere decir que los puertos guayaquileños, al mover más carga, también son los que trasladan más droga.

Figura 3

Historial de incautaciones de droga en puertos del Ecuador (en toneladas)



Nota. Datos pertenecientes a la Dirección Nacional Antinarcóticos Policía Nacional, elaborado por Vinuesa-Montúfar (2023).

Ecuador es el único país de la región que no cuenta con escáneres para la detección de droga. Esto implica que el personal de detección canina de la Policía tenga que realizar controles manuales en puertos. Si bien el país ha sido reconocido por sus controles, la ausencia de tecnología resulta un riesgo para la carga y, fundamentalmente, estos controles no superan el 10% de los contenedores que se encuentran en los puertos. (Rivera & Bravo, 2020, p. 24)

Inspecciones y Equipos No Intrusivos

El Decreto Ejecutivo No. 227 (Presidencia de la República del Ecuador, 2021) define como **inspección no intrusiva** a una “Acción de control... con el fin de verificar la naturaleza de las mercancías, a través del uso de equipos no intrusivos que permiten escanear la mercancía constante dentro de un contenedor... sin tener que descargarla...”.

En el mismo documento también se define a los equipos no intrusivos (ENI) como los “equipos, máquinas o dispositivos que cuentan con una fuente de emisión de rayos X, que permiten a través de túneles y arcos en los cuales ingresan las mercancías y medios de transporte, obtener imágenes de diferentes ángulos de las mismas”.

Para los autores Hokey, Shin & Lim:

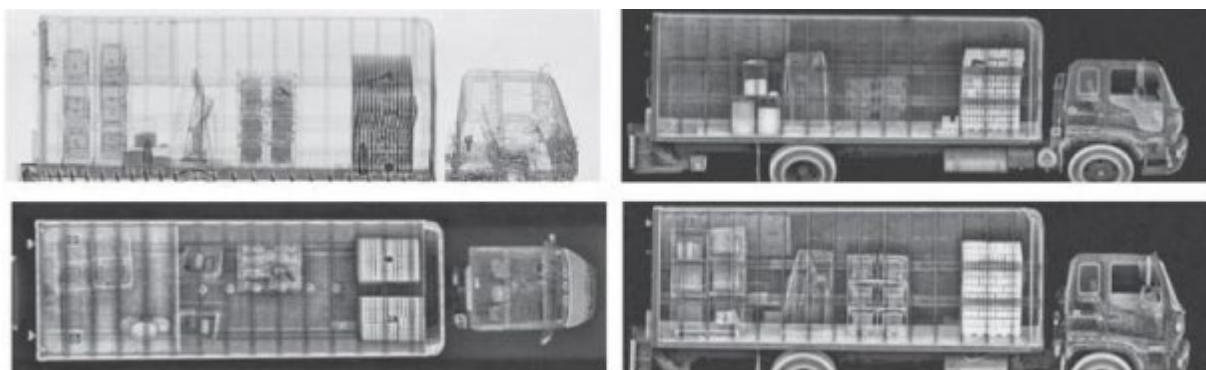
Los sistemas de inspección no intrusiva son una versión más segura y efectiva de realizar las inspecciones a la carga contenerizada por medio de rayos X, suministrando imágenes claras y sin obstrucción de los ítems dentro de los contenedores tales como paquetes, equipajes y elementos paletizados. Esta tecnología minimiza la intervención humana en la carga para no comprometer el contenido de la misma. (Gil, 2020, p. 26)

Así también, Baquero (2020) explica que los equipos de inspección no intrusiva para carga o contenedores están diseñados específicamente para la inspección de contenedores en puerto. Los contenedores pasan debajo de una estructura tipo arco pudiendo escanear incluso el vehículo que los transporta. Utilizan un sistema de rayos X de alta energía o radiofrecuencia garantizando la visión de imágenes en tiempo real. Estos equipos pueden ser fijos, semifijos y móviles. Un ejemplo de este tipo de escáner puede apreciarse en la Figura 4.

Figura 4*Contenedor pasando por escáner de rayos X en puerto español*

Nota. Imagen tomada del reportaje “El guardián de los puertos” de Diario El Mundo – España. (2012)

Según Port Security International (Pinto, 2008), los escáneres de rayos X crean una imagen de toda la carga interior del contenedor con la cual se puede identificar irregularidades o incongruencias con el manifiesto de embarque, así como detectar con certeza posibles amenazas o contrabandos en el interior del contenedor. Estos equipos permiten también a través de las imágenes, concentrarse en una posible zona de sospecha y ampliar o re escanear áreas que presenten novedades. Ejemplos de estas imágenes pueden observarse en la Figura 5.

Figura 5*Imágenes captadas por escáneres de rayos X*

Nota. Imagen tomada de brochure de especificaciones de sistema de rayos-X Madoorsscan M-5800 (Madoors Co. Ltd., 2017).

Para resumir estos conceptos, una inspección no intrusiva es la revisión y comprobación del contenido del contenedor sin abrirlo y sin manipular la carga que este lleva dentro, a través del escaneo con equipos de inspección no intrusiva que generan imágenes de su interior y estructura utilizando la tecnología de rayos X.

Proceso de Inspección no intrusiva

En el proceso de inspección no intrusiva o escaneo de carga las protagonistas son las imágenes que transmite el equipo de inspección. Estas imágenes corresponden al formato UFF 2.0 (Unified File Format), estándar definido por la OMA (2009) con los siguientes propósitos:

1. Facilitar la interoperabilidad de los diferentes ENI de los distintos proveedores.
2. Facilitar el intercambio de imágenes en un formato de archivo unificado dentro y entre las administraciones aduaneras.
3. Facilitar el desarrollo de bases de datos o librerías de imágenes.
4. Asistir en entrenamientos de análisis de imágenes.

Otros actores que intervienen en el proceso son: los ENI, los operadores de escáner de los depósitos temporales, los operadores de CCTV (Circuito Cerrado de Televisión) y las autoridades de control que en Ecuador son el SENAE y la Policía Nacional Antinarcóticos (PNA).

Es importante recordar que la ley obliga a los terminales portuarios, que mueven más de 50 mil TEUS al año, a inspeccionar toda la carga de exportación incluyendo contenedores vacíos. Por lo tanto, el proceso de inspección no intrusiva inicia cuando el transportista arriba a la terminal con el contenedor y hace su ingreso por el carril del escáner para cumplir con la inspección obligatoria (SENAE, 2022), tal como se observa en la Figura 6.

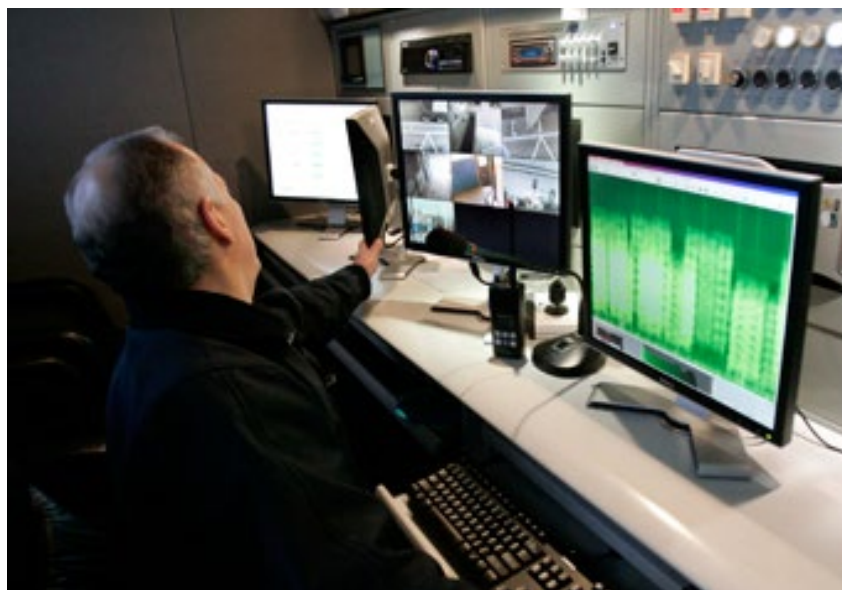
Figura 6

Contenedor pasando por escáner para hacer su ingreso a DP World Posorja



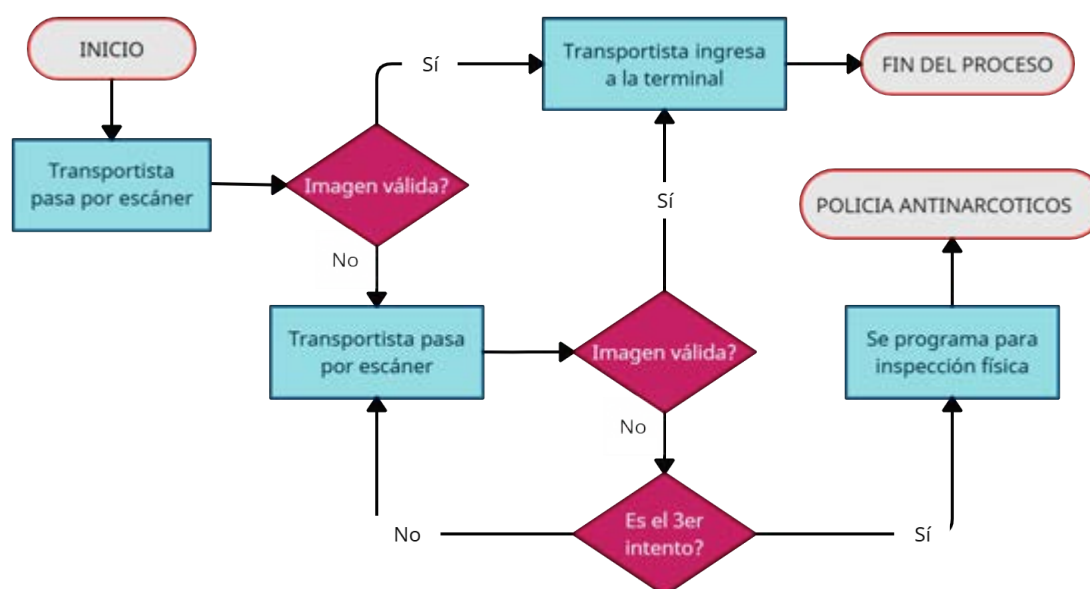
Nota. Imagen tomada de Escáneres del Puerto de Posorja (Flores et al., 2023).

En este momento se genera una imagen que será validada por el operador del escáner del depósito temporal tal como se muestra en la Figura 7. Si la imagen escaneada cumple los requisitos de calidad, el operador la acepta y autoriza el ingreso del contenedor a la terminal.

Figura 7*Operador analizando la imagen de escáner de rayos X*

Nota. Imagen tomada de reportaje “El guardián de los puertos” de Diario El Mundo – España. (2012)

Si la imagen no cumple con los requisitos, se solicitará al transportista pasar nuevamente por el escáner hasta una tercera vez. Si en todas esas oportunidades, la imagen sigue sin cumplir las condiciones requeridas, el contenedor es enviado a inspección física antinarcoótico y bloqueado para embarque hasta que cumpla este nuevo proceso con la PNA. En la Figura 8 se detalla el flujograma del proceso de escaneo que todos los contenedores deben cumplir al momento de su ingreso a los terminales portuarios.

Figura 8*Proceso para escaneo de contenedores en terminales portuarios de Ecuador*

Nota. Flujograma creado por los autores para explicar proceso de inspección no intrusiva de contenedores basado en las Normas para la operatividad dispuestas por el SENAE (2022).

Durante todo este proceso, las cámaras de CCTV se encuentran registrando el paso del contenedor por el escáner hasta su recepción final en el patio de contenedores.

Según lo que explica el SENA (2022) solo “las imágenes escaneadas de forma visible, de alta calidad y aprobadas por el operador ENI, por perfilamiento de riesgos pasarán directamente al centro de monitoreo del SENA.” Estas imágenes son transmitidas hacia el Sistema Global de Imágenes ENI (SGGI) a cargo del SENA y la Policía Nacional Antinarcóticos para su análisis, cumpliendo con las instrucciones de la OMA sobre la centralización y conservación de imágenes de ENI (SENA, 2022).

Materiales y Métodos

Enfoque Metodológico

La investigación tuvo un enfoque mixto: cualitativo y cuantitativo. Enfoque cualitativo porque para desarrollar el análisis estadístico de las exportaciones de contenedores se realizó una búsqueda documental; esto es, a partir de los boletines estadísticos anuales del Ministerio de Transportes y Obras Públicas y las estadísticas portuarias mensuales de la Autoridad Portuaria de Guayaquil se obtuvo la cantidad de contenedores exportados por puerto desde el 2019 al 2022. Enfoque cuantitativo porque con los datos recolectados se realizó la proyección financiera para conocer el tiempo en recuperar la inversión en equipos no intrusivos para los puertos marítimos de Guayaquil.

Tipo De Diseño

La investigación tuvo un diseño longitudinal porque se enfocó en estudiar los movimientos de los contenedores en los puertos marítimos de Guayaquil durante un periodo determinado, esto es, a partir de las exportaciones realizadas desde el 2019 hasta el 2022. Por otro lado, se aplicó un diseño cuasi experimental porque, con base al historial de las exportaciones de contenedores, se predijeron los movimientos futuros y se calculó la recaudación obtenida por el servicio de escaneo hasta recuperar la inversión en los equipos no intrusivos.

Alcance

Fue una investigación descriptiva donde se expuso información histórica sobre las exportaciones de contenedores realizadas por los puertos marítimos de Guayaquil. La descripción de la investigación también fue futura porque a través de la proyección económica se pudo predecir el tiempo que tomará en recuperar la inversión en los equipos no intrusivos.

Método

Método analítico

Se implementó un proceso sistemático, que puede encontrarse en el Anexo 1., documento Excel, para analizar y describir los datos recolectados sobre las exportaciones de contenedores de los puertos de Guayaquil. Se aplicó el método horizontal para describir el incremento y disminución de las exportaciones a lo largo del tiempo y el método vertical para describir las exportaciones de contenedores entre puertos. Finalmente, se analizó el tiempo estimado para recuperar la inversión en los equipos no intrusivos.

Método matemático

Con el método matemático se aplicaron fórmulas sobre los datos recolectados de las exportaciones de contenedores de los puertos de Guayaquil. A la vez se emplearon fórmulas para calcular el periodo de recuperación de inversión en los equipos no intrusivos.

Técnicas e Instrumentos para la Recolección de Datos

Las técnicas de investigación fueron cuantitativa y cualitativa. En la primera se observó datos sobre las exportaciones de contenedores. La segunda fue la búsqueda documental. Cada técnica aplicada permitió recolectar información descrita y cuantificable, por lo que, para la tabulación de los datos se utilizó Microsoft Excel. A partir de la herramienta se realizó una matriz para desglosar la información.

Unidad de Estudio

La investigación se enfocó en los 3 puertos marítimos de Guayaquil que mueven la mayor cantidad de carga, como son Contecon, DP World y Terminal Portuario de Guayaquil (TPG) y se analizaron las exportaciones de contenedores vacíos y con carga de los periodos 2019-2022.

Proceso y Análisis de Datos

A continuación, se detalla el proceso para estimar la proyección financiera para el retorno de la inversión en equipos no intrusivos para los objetos de estudio.

- 1) Para el análisis estadístico de las exportaciones se utilizaron las cifras del Boletín Estadístico del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (BEMTOB) de los periodos 2019-2022 y los informes de Estadísticas Portuarias de la Autoridad Portuaria de Guayaquil (EPAPG). A continuación, se describe, a través de la Tabla 1, los documentos utilizados y la información que se ha extraído sobre los movimientos de contenedores de puertos de Guayaquil.

Tabla 1

Descripción de documentos y datos extraídos

Documentos	Puertos	Observaciones	Ajustes
BEMTOP	Contecon y DP World	Los movimientos de contenedores vacíos y con carga se detallaban por individual y por mes, sin embargo, los datos pertenecían a los puertos: Contecon y DP World. Se descargaron 4 documentos, uno por cada periodo de estudio.	Para conocer las cifras exactas sobre los movimientos de contenedores de DP World se restaron los movimientos de contenedores de Contecon que se encontraba a través de los informes de APAPG.
	TPG	Sin novedades	
APAPG	Contecon	El informe permitía conocer los datos de los movimientos de contenedores vacíos y con carga solamente de Contecon. Se descargaron 12 documentos por año, dado que presentaba la información por cada mes.	

Los datos fueron tabulados a través del Excel, y ahí se encuentran detallados los movimientos de los contenedores vacíos y con carga de 20 y de 40 pies, adicionalmente, se indica el año, mes y el puerto al que pertenecen. Se muestra la Figura 9 con los datos tabulados del periodo 2019.

Figura 9

Tabulación de datos en Excel sobre los movimientos de contenedores del periodo 2019 de los Puertos Marítimos del Guayaquil

Meses	Tamaño (Pie)	2019										
		Exportados con carga				Exportados vacíos				TEUS		
		tecon+DP	WOR	Contecon	DP WORLD	TPG	tecon+DP	WOR	Contecon	DP WORLD	TPG	Contecon
Enero	20	742	742	-	2085	731	731	-	4312	1473	-	6397
Enero	40	12268	12268	-	16815	1770	1770	-	9094	28076	-	51818
Febrero	20	537	537	-	2249	1034	1034	-	3413	1571	-	5662
Febrero	40	12415	12415	-	15319	1542	1542	-	8316	27914	-	48470
Marzo	20	569	569	-	2516	1038	1038	-	2976	1607	-	5492
Marzo	40	13846	13846	-	17549	2824	2824	-	7606	33340	-	50310
Abril	20	882	882	-	2612	1063	1063	-	2933	1945	-	5545
Abril	40	12258	12258	-	17798	2525	2525	-	5686	29566	-	46968
Mayo	20	1130	1130	-	3148	2367	2367	-	2912	3497	-	6060
Mayo	40	11750	11750	-	16873	3127	3127	-	7761	29754	-	49268
Junio	20	1002	1002	-	2847	1171	1171	-	3860	2173	-	6707
Junio	40	12978	12978	-	15653	3917	3917	-	6313	33790	-	43944
Julio	20	746	746	-	3326	1515	1515	-	1956	2261	-	5282
Julio	40	10688	10688	-	16046	2044	2044	-	7609	25464	-	47310
Agosto	20	1462	734	728	3381	2537	2211	326	2523	2945	1054	5904
Agosto	40	13692	10740	2952	15713	2919	2627	292	6887	26734	6488	45200
Septiembre	20	2117	1112	1005	2433	2006	1996	10	3050	3108	1015	5483
Septiembre	40	15400	12809	2591	13190	3566	3543	23	7365	32704	5228	41110
Octubre	20	1618	698	920	2208	871	856	15	3337	1554	935	5545
Octubre	40	13658	10353	3305	13056	1284	1231	53	5708	23168	6716	37528
Noviembre	20	2154	731	1423	2685	2234	2228	6	2121	2959	1429	4806
Noviembre	40	15247	2228	13019	16423	3467	3246	221	5958	10948	26480	44762
Diciembre	20	1479	660	819	2667	2073	2056	17	2144	2716	836	4811
Diciembre	40	16458	2056	14402	17583	2709	2668	41	5385	9448	28886	45348
Total		175096	133932	41164	224787	50334	49330	1004	119225	338715	79067	620330

En la Figura 9 se puede observar los datos tabulados que han sido extraídos de los documentos del BEMTOB y del informe de EPAPG, cabe mencionar que se realizó el mismo proceso para los años 2019 al 2022. Así también, es importante recalcar que, desde enero hasta julio del 2019, DP World no registra movimientos de contenedores debido a que inició sus actividades en agosto de ese año. Posteriormente, en Excel, se realizó una tabla por cada periodo, donde se dio a conocer las cifras exactas de los movimientos de contenedores vacíos y con carga por puerto y por mes, tal como se muestra en la Figura 10.

Figura 10

Contenedores exportados vacíos y con carga de puertos marítimos de Guayaquil en el 2019

Mes	Contenedores con carga			Contenedores vacíos		
	Contecon	DP WORLD	TPG	Contecon	DP WORLD	TPG
Enero	13010	-	18900	2501	-	13406
Febrero	12952	-	18168	2576	-	11729
Marzo	14415	-	20065	3862	-	10582
Abril	13140	-	20410	3588	-	8619
Mayo	12880	-	20021	5494	-	10673
Junio	13980	-	18506	5088	-	10173
Julio	11434	-	19372	3559	-	9565
Agosto	11474	3680	19094	4838	618	9410
Septiembre	13921	3596	15623	5539	33	10415
Octubre	11051	4225	15264	2087	68	9045
Noviembre	2959	14442	19108	5474	227	8079
Diciembre	2716	15221	20256	4724	58	7529
TOTAL	133932	41164	224787	49330	1004	119225

- 1) Se aplicaron fórmulas y métodos de análisis vertical y horizontal, se utilizó Microsoft Excel para la tabulación y el análisis de los datos expuestos por las entidades públicas y privadas de los puertos objetos de estudio. Los datos se muestran a continuación en las Tabla 2 y Tabla 3.

Tabla 2*Contenedores con carga exportados por 3 puertos de Guayaquil en el periodo 2019-2022*

		2019	2020	2021	2022
Contenedores exportados con carga	Contecon	133.932	157.495	131.459	158.092
	DP World	41.164	51.515	96.833	49.427
	TPG	224.787	211.317	230.221	204.173

Tabla 3*Contenedores vacíos exportados por 3 puertos de Guayaquil en el periodo 2019-2022*

		2019	2020	2021	2022
Contenedores exportados vacíos	Contecon	49.330	46.239	34.887	56.953
	DP World	1.004	3.211	8.541	4.635
	TPG	119.225	80.771	96.747	94.171

- 2) Con el cumplimiento del proceso anterior se calculó la variación en exportaciones con el fin de proyectar los futuros movimientos y estimar el tiempo para recuperar la inversión en los equipos no intrusivos por puertos. SENAE (2022) define, en la Resolución Nro. SENAE-SENAE-2022-0086-RE, la tarifa máxima que se deberá cobrar en la revisión de contenedores exportados. Así mismo, SENAE (2022), en su informe técnico para estimación de tarifa por uso de equipos de inspección no intrusivos, establece la inversión total estimada a realizarse en todo el proyecto. Finalmente, se consideró lo establecido por SENAE (2022) en el Art. 4 capítulo III del documento normas generales para la operatividad de los equipos no intrusivos, que menciona la cantidad de TEUS que deben exportar los puertos para implementar esta tecnología. Todas estas condiciones se resumen en la Tabla 4.

Tabla 4*Condiciones, tarifa e inversión en la adquisición de equipos no intrusivos*

Condición	Tarifa	Inversión
Aplica para puertos que mueven más de 50 mil Teus durante el año	Aplica el 8% del Salario Básico Unificado por revisión del contenedor.	15 millones de dólares

Excepciones

DP World (2023), en su página oficial, establece la tarifa de 50 dólares por el escaneo de contenedores. Considerando que este servicio se brinda desde agosto del 2019, se calculó el retorno de la inversión sobre dicha tarifa y se realizó la proyección desde esa fecha. Por otro lado, a pesar que la inversión definida por el SENAE es de 15 millones de dólares, para TPG se consideró una inversión de 30 millones de dólares, según los movimientos mostrados en las Tabla 2 y Tabla 3.

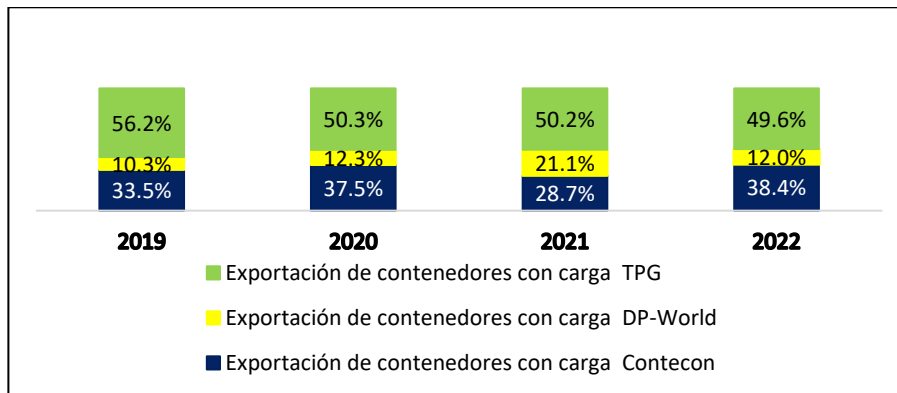
Resultados y Discusión**Distribución de participación entre los puertos por año**

A través del método vertical se analizaron las exportaciones de contenedores vacíos y con carga desde el año 2019 hasta el 2022 de los puertos de TPG, DP World y Contecon. Cada barra que se observa en la Figura 11 suma el 100%, sin embargo, se distribuye en diferentes

porcentajes de participación y varía a medida que pasan los años, según las exportaciones realizadas. Las Figura 11 y Figura 12 muestran las estadísticas en histogramas.

Figura 11

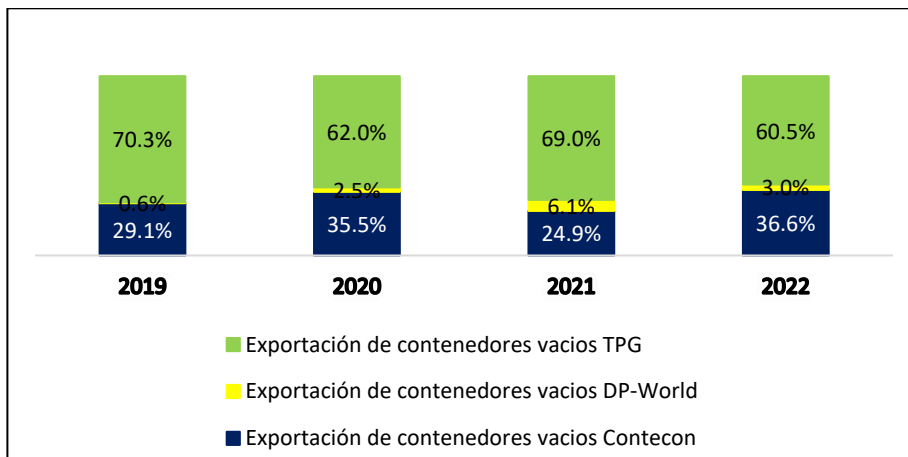
Comparación de exportaciones de contenedores con carga entre puertos



Análisis: En el año 2019 se observa que el 10,3% de exportaciones de contenedores con carga corresponde a DP World (color amarillo), seguido por el 33,5% para Contecon (color azul) y el 56,2% para TPG (color verde). Para el 2020, DP Word exportó el 12,3%, Contecon el 37,5% y TPG el 50,3%. Durante el 2021 se observa que DP World exportó el 21,1%, Contecon el 28,7% y TPG el 50,2%. El año 2022 cierra con DP World exportando el 12%, Contecon el 38,4% y TPG el 49,6%.

Figura 12

Comparación de exportaciones de contenedores vacíos entre puertos



Análisis: Para las exportaciones de contenedores vacíos del año 2019 se tiene el 0,6% realizadas por DP World, el 29,1% por Contecon y 70,3% por TPG. En el 2020 de DP World fue el 2,5%, Contecon el 35,5% y TPG el 62%. Durante el año 2021, las exportaciones de DP World fueron del 6,1%, Contecon exportó el 24,9% y TPG el 69%. Y, finalmente, para el año 2022 DP World exportó el 3%, el 36,6% Contecon y el 60,5% TPG.

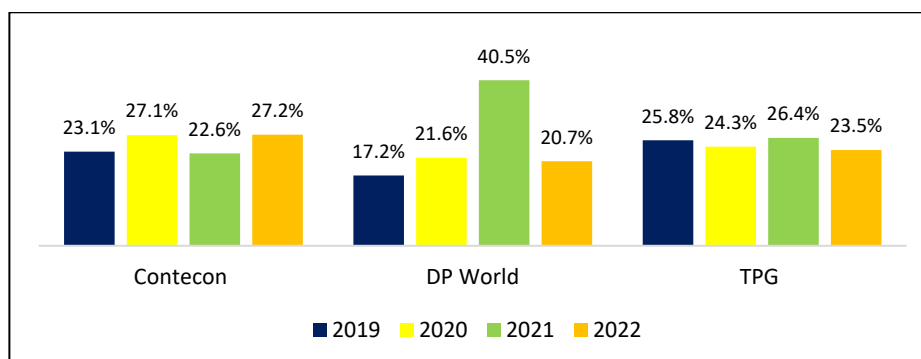
Variación Estadística a lo Largo del Tiempo Por Puerto

Mediante el método horizontal se observan las variaciones estadísticas, de manera que se logra analizar a través del tiempo el comportamiento de los puertos de TPG, DP World y Contecon, sobre las exportaciones de contenedores vacíos y con carga correspondientes desde

el año 2019 hasta el 2022. En las Figura 13 y Figura 14 se visualizan tres conjuntos, cada histograma suma el 100% y corresponden a los puertos que se están estudiando.

Figura 13

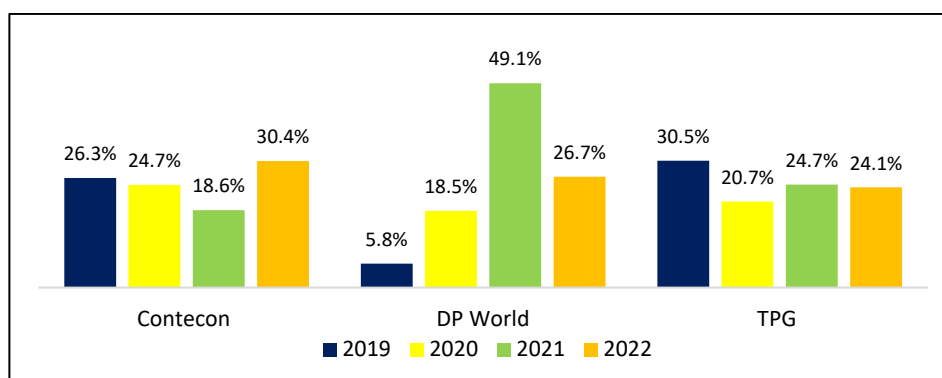
Evolución de las exportaciones de contenedores con carga por puerto



Análisis: El primer conjunto de barras pertenece a Contecon, donde el 23,1% corresponde a las exportaciones de contenedores con carga del año 2019; el 27,1% al año 2020; el 22,6% al año 2021 y el 27,2% al 2022. El segundo conjunto de barras pertenece a DP World donde el 17,2% corresponde al año 2019; el 21,6% al 2020; el 40,5% al 2021 y el 20,7% al 2022. El tercer y último conjunto de barras representa a TPG donde el 25,8% concierne al año 2019, el 24,3% al 2020, el 26,4% al 2021 y el 23,5% al 2022.

Figura 14

Evolución de las exportaciones de contenedores vacíos por puerto



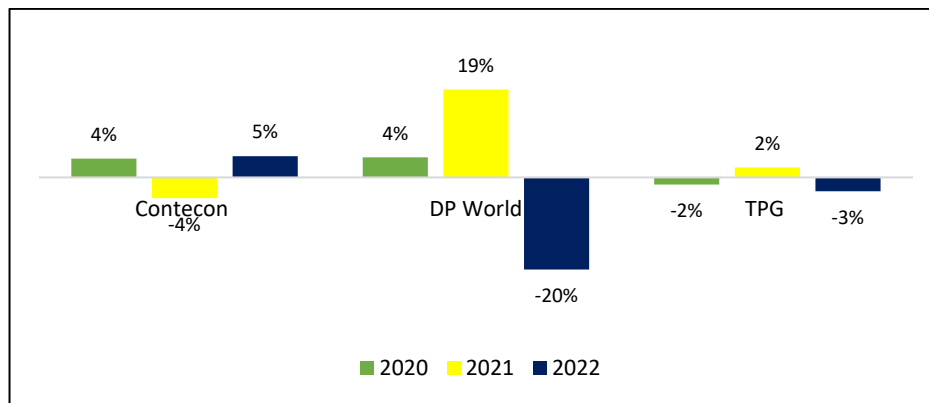
Análisis: Para las exportaciones de contenedores vacíos se observa que Contecon exportó el 26,3% en el año 2019, el 24,7% en el 2020, el 18,6% en el año 2021 y el 30,4% en el 2022. Para DP World, el 5,8% fue del año 2019, el 18,5% del 2020, el 49,1% corresponde al año 2021 y el 26,7% al 2022. Para TPG, el 30,5% corresponden al año 2019, el 20,7% fue del año 2020, el 24,7% al año 2021 y el 24,1% al 2022.

Variaciones Estadísticas en Exportaciones

Se obtuvieron las variaciones en exportaciones según los datos anteriormente analizados, de manera que se expone el porcentaje de aumento y disminución entre un año y otro por cada puerto de estudio. Las Figura 15 y Figura 16 corresponden a las variaciones estadísticas de las exportaciones de contenedores vacíos y con carga.

Figura 15

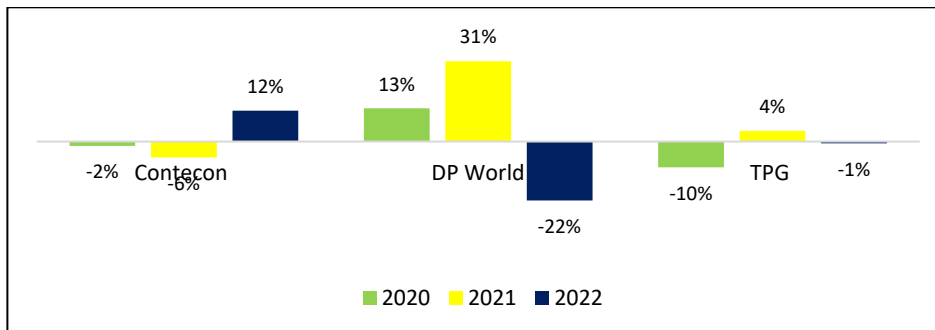
Aumento y disminución de exportaciones de contenedores con carga



Análisis: Para Contecon las exportaciones de contenedores con carga aumentaron en un 4% en el año 2020, según lo exportado durante el año 2019; sin embargo, en el 2021 se observa una disminución en las exportaciones en un 4% en comparación con el año anterior para finalmente en el 2022 tener un incremento del 5%. Por otro lado, DP World tuvo un incremento progresivo desde el año 2020 hasta el 2021 con el 4% y 19%, respectivamente; no obstante, en el año 2022 se observa una disminución del 20% en las exportaciones. Finalmente, las exportaciones de contenedores con carga de TPG durante el año 2020, en comparación del año 2019, tuvieron una disminución del 2%, en el año 2021 tuvo un aumento del 2% en las exportaciones y cierra en el año 2022 con una baja del 3%.

Figura 16

Aumento y disminución de exportaciones de contenedores vacíos



Análisis: Las exportaciones de contenedores vacíos del puerto de Contecon en el año 2020 presentaron una disminución del 2%, en comparación con las exportaciones del año 2019. En el año 2021 se observa una disminución del 6% en relación al año 2020 y en el 2022 se evidencia un aumento del 12%. Para DP World se detalla un aumento progresivo en las exportaciones de contenedores desde el año 2020 hasta el año 2021 del 13% y 31%, respectivamente; sin embargo, en el año 2022, se visualiza una disminución del 22%. Finalmente, las exportaciones de contenedores vacíos de TPG experimentaron una disminución del 10% en comparación del año 2019; durante el año 2021 se percibe un aumento del 4% en comparación del año 2020 y en el año 2022 se observa un descenso del 1%.

Retorno de la inversión en Equipos no Intrusivos

De acuerdo a las variaciones estadísticas obtenidas en el punto anterior, se elaboró la Tabla 5 donde se resume la proyección de aumento o disminución en porcentajes para contenedores con carga y vacíos que tendría cada puerto. Para cada puerto objeto de estudio se aplicó esta proyección en los contenedores exportados para los años subsiguientes y calculó el ingreso por concepto de escaneo hasta recuperar la inversión en equipos no intrusivos.

Tabla 5

Variación de movimiento de contenedores por puerto

	Con carga	Vacíos
Contecon	1,39%	1,36%
DP World	1,15%	6,96%
TPG	-0,79%	-2,14%

Caso Contecon

Tabla 6

Proyección de movimiento de contenedores con carga y vacíos. Caso Contecon

20XX	20XX	Total
Con carga		
160.283	162.505	
\$ 36,00	\$ 36,00	
\$5.770.203	\$5.850.188	\$11.620.391
Vacíos		
57.725	58.508	
\$ 36,00	\$ 36,00	
\$2.078.107	\$2.106.283	\$4.184.391
Total		\$15.804.782

Análisis: De acuerdo a la proyección de movimientos de contenedores de Contecon y la tarifa establecida por SENA de \$36 por escaneo, se estima que en dos años obtendría un ingreso de \$15.804.782 por este servicio, por lo que, en este tiempo, recuperaría la inversión realizada en equipos no intrusivos.

Caso DP World

Tabla 7

Proyección de movimiento de contenedores con carga y vacíos. Caso DP World

Proyección con exportaciones registradas desde el año de implementación de scanner				Total
2019	2020	2021	2022	
42168	54726	105374	54062	
\$ 50,00	\$ 50,00	\$ 50,00	\$ 50,00	
\$ 2.108.400,00	\$ 2.736.300,00	\$ 5.268.700,00	\$ 2.703.100,00	\$ 12.816.500,00
Con Carga				
20XX				
49997				
\$ 50,00				
\$ 2.499.838				\$ 2.499.838

Vacíos	
4958	
\$ 50,00	
\$ 247.879	\$ 247.879
Total	\$15.564.216,85

Análisis: Es importante recordar que DP World tiene el servicio de inspección no intrusiva disponible desde el 2019. De acuerdo a la proyección de movimientos de contenedores y según la tarifa de \$50 establecida por la empresa, se estima que, en un año adicional; es decir, en este 2023, este puerto obtendría un ingreso acumulado por concepto de escaneo de exportaciones de \$15'564.216,85, recuperando en sus 4 años y 5 meses de operaciones la inversión en la adquisición de equipos no intrusivos.

Caso TPG

Tabla 8

Proyección de movimiento de contenedores con carga y vacío. Caso TPG

20XX	20XX	20XX	TOTAL
Con carga			
202.561	200.962	199376	
\$ 36,00	\$ 36,00	\$ 36,00	
\$ 7.292.208	\$ 7.234.647	\$ 7.177.540	\$ 21.704.395
Vacíos			
92.159	90.190	88.264	
\$ 36,00	\$ 36,00	\$ 36,00	
\$ 3.317.730	\$ 3.246.851	\$ 3.177.487	\$ 9.742.068
Total			\$ 31.446.464

Análisis: De acuerdo a la proyección de movimientos de contenedores de TPG y la tarifa establecida por SENA E de \$36 por escaneo, se estima que en tres años obtendría un ingreso de \$31.446.464 por este servicio, pues en este tiempo recuperaría la inversión realizada en equipos no intrusivos. Se recalca que, por el volumen de carga que maneja, este puerto debería invertir en una cantidad doble de equipos de rayos x, puesto que su inversión se duplicaría.

Conclusiones

En la comparación estadística de contenedores vacíos y con carga se ha podido observar que el comportamiento por puerto es distinto. Con el método vertical se detectó que el puerto de TPG exporta un mayor número de contenedores por año y se mantiene constante en comparación con los otros puertos objetos del estudio. Además, con el método horizontal se detectó que TPG, con el paso de los años, ha sufrido disminuciones en el movimiento de contenedores. Por otro lado, DP World, a pesar de ser el puerto con el menor número de contenedores exportados, es el que más crecimiento ha tenido en el periodo de análisis, al igual que el puerto de Contecon que, durante el último año, ha tenido un aumento en los movimientos de contenedores en relación con los puertos anteriores mencionados.

En la proyección económica para el retorno de la inversión en los equipos no intrusivos se ha podido conocer el tiempo estimado en que cada puerto recuperará su inversión. El caso de TPG es el más exitoso, ya que, según la proyección económica, en tres años recuperará la

inversión de 30 millones de dólares. Esto a pesar de que las exportaciones de contenedores han venido disminuyendo a lo largo del tiempo.

Recomendaciones

Se recomienda realizar estudios para conocer la opinión de los clientes con respecto al uso de los equipos no intrusivos, dado que la iniciativa nace por parte del estado ecuatoriano para mejorar el control y evitar la contaminación de la carga en los puertos. Adicionalmente, conocer la opinión de los representantes legales de los puertos con respecto a la adquisición de los equipos no intrusivos y el motivo por el que no ha sido implementado antes.

El objetivo de esta investigación fue conocer el tiempo en que los puertos recuperarían la inversión realizada solamente en los equipos no intrusivos o escáneres de rayos X con base a los costos estimados por el SENA; sin embargo, la implementación y puesta en marcha de esta tecnología se traduce en todo un proyecto que debe considerar un mayor alcance, análisis y rubros adicionales, abriendo oportunidades para nuevas investigaciones.

Los equipos no intrusivos son activos fijos para la empresa y dependiendo del uso se desgasta con el paso del tiempo, de manera que se recomienda realizar estudios sobre el tiempo de depreciación para dar de baja a los equipos no intrusivos. Por otro lado, al ser un servicio donde se cobra una tarifa por la revisión de contenedores se genera un IVA a pagar, así que se recomienda realizar un análisis para estimar con base a la proyección económica la cantidad monetaria que va a ser recaudada por el Servicio de Rentas Internas.

Finalmente, sería interesante hacer un estudio sobre plazos de amortización de deudas y las facilidades que el SENA brinda a los puertos para cumplir con esta ley, considerando que se trata de una gran inversión.

Referencias

- Autoridad Portuaria de Guayaquil. (2019-2022). *Estadísticas Mensuales*. Obtenido de <http://www.puertodeguayaquil.gob.ec/la-institucion/estadisticas/>
- Baquero, G. (2020). *Efectos del uso de tecnología de inspección no intrusiva en la gestión logística portuaria de Cartagena conllevan a una mayor competitividad del país*. Bogotá: Politécnico Gran Colombiano. Obtenido de <https://alejandria.poligran.edu.co/handle/10823/6802>
- Decker, D., Luna, S., Cabanilla, E., & Sánchez, K. (2023). La contaminación con droga en contenedores detectados en puertos ecuatorianos. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 6(S2), 142-150.
- Diario El Mundo España. (17 de 12 de 2012). El guardián de los puertos. Obtenido de <https://www.elmundo.es/elmundo/2012/12/14/espana/1355478151.html>
- DP World Posorja. (07 de Septiembre de 2023). *Tarifario Comercial Exportación*. Obtenido de <https://www.dpworldposorja.com.ec/tarifas/>
- Flores, F., Proaño, G., & Fernández, L. (Mayo de 2023). Medios tecnológicos para la detección de sustancias sujetas a fiscalización en los puertos marítimos del Ecuador. Universidad Regional Autónoma de los Andes "UNIANDÉS". Obtenido de <https://dspace.uniandes.edu.ec/handle/123456789/16056>
- Gil, M. (04 de Diciembre de 2020). *Resultados de la implementación del Sistema de Inspección No Intrusiva en la Sociedad Portuaria de Santa Marta*. Santa Marta: Universidad Antonio Nariño. Obtenido de <http://repositorio.uan.edu.co/handle/123456789/3242>
- Madoors Co. Ltd. (2017). Why is X-Ray Truck Container Scanner? Obtenido de <https://www.madoors.com.tr/en/product/x-ray-truck-container-scanner>

- Ministerio de la Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca. (2022). *Rendición de Cuentas 2022*. Obtenido de <https://www.produccion.gob.ec/fase-1-elaboracion-del-informe-de-rendicion-de-cuentas-3/>
- Ministerio de Producción, Inversiones y Pesca. (2023). *Boletín de Cifras - Comercio Exterior*. Obtenido de <https://www.produccion.gob.ec/boletines-de-comercio-exterior-2023/>
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2019-2022). *Estadísticas Portuarias y de Transporte Marítimo*. Obtenido de <https://www.obraspublicas.gob.ec/>
- OMA. (2009). *Directrices relativas a la adquisición y puesta en funcionamiento de equipo de exploración/captación de imágenes*. Obtenido de <https://www.wcoomd.org/fr/topics/facilitation/instrument-and-tools/tools/~media/DA4C6BA0C9CA4B7D9E320942F2F49215.ashx>
- Pinto, A. (2008). Tecnología Disponible para la Inspección No Intrusiva de Contenedores. *Port Security International*. Obtenido de <https://docplayer.es/74113747-Tecnologia-disponible-para-la-inspeccion-no-intrusiva-de-contenedores.html>
- Presidencia de la República del Ecuador. (2021). *Decreto Ejecutivo No. 227*. Obtenido de https://minka.presidencia.gob.ec/portal/usuarios_externos.jsf
- Rivera, R., & Bravo, C. (2020). Crimen organizado y cadenas de valor: el ascenso estratégico del Ecuador en la economía del narcotráfico. *Revista Latinoamericana de Estudios de Seguridad*(28), 8-29. doi:doi.org/10.17141/urvio.28.2020.4410
- SENAE. (27 de Julio de 2022). *Estimación de tarifa por uso de equipos de inspección no-intrusivos (EINI) Marítimo*. Obtenido de https://www.aduana.gob.ec/gacnorm/data/2022/07/27/13/Informe_T%C3%A9cnico_Tarifas_Mar%C3%ADtimo.pdf
- SENAE. (2022). *Normas generales para la operatividad de los equipos no intrusivos (ENI)*. Obtenido de <https://ccq.ec/wp-content/uploads/2022/10/PR-00024-2022.pdf>
- SENAE. (1 de Noviembre de 2022). *Resolución Nro. SENAE-SENAE-2022-0086-RE*. Obtenido de <https://www.aduana.gob.ec/gacnorm/data/2022/11/02/15/SENAE-SENAE-2022-0086-RE.pdf>
- SENAE. (Septiembre de 2023). *Anexo de la Resolución Nro. SENAE-SENAE-2022-0027-RE sobre la determinación de los depósitos temporales, puertos, aeropuertos y pasos fronterizos que deben implementar los equipos de Inspección no intrusiva (EINI)*. Obtenido de https://www.aduana.gob.ec/gacnorm/data/2023/09/18/16/anexo_dt_eini_scanners_ACTUALIZACION_06-sep-23.pdf
- UNODC. (2023). *Global Report on Cocaine 2023 – Local dynamics, global challenges*. Vienna: United Nations publications.
- Vinueza, L., & Montúfar, C. (2023). Incremento de la violencia homicida en el Distrito Sur del Cantón Guayaquil, periodo 2019-2022. *Universidad Andina Simón Bolívar*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10644/9485>

Anexos

Anexo 1. Documento Excel

Documento Excel con notas aclaratorias, datos consolidados de movimientos de contenedores, documentos públicos utilizados para realizar las estadísticas que llevaron a estimar el tiempo para recuperar el retorno de inversión. (Dar clic sobre la imagen)



Efecto de la aplicación de Calcio y Boro sobre la calidad y rendimiento del fruto de Banano Cavendish “Valery” (AAA)

Effect of Calcium and Boron application on fruit quality and yield of Cavendish 'Valery' (AAA) banana

Simón Ezequiel Farah Asang¹ <https://orcid.org/0000-0003-3245-2936>, Edwin Stalin Hasang Moran¹ <https://orcid.org/0000-0001-6832-2047>, José Antonio Pérez Santos² <https://orcid.org/0000-0003-4150-1162>, Arturo Alvarado Barzallo¹ <https://orcid.org/0000-0002-9806-9684>, Pedro José Andrade Alvarado¹ <https://orcid.org/0000-0003-4379-9142>

¹Universidad Agraria del Ecuador, Guayaquil, Ecuador
sfarah@uagraria.edu.ec, ehasang@uagraria.edu.ec,
aealvarado@uagraria.edu.ec, pandrade@uagraria.edu.ec

²Independiente, Guayaquil, Ecuador
joseperezs1995@gmail.com



Esta obra está bajo una licencia internacional
Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0.

Enviado: 2022/09/10
Aceptado: 2023/12/14
Publicado: 2023/12/30

Resumen

La investigación se realizó en los predios de la Hacienda Francia, perteneciente a la compañía “Agrovictoria S.A”, ubicada en el km. 3,0 de la vía Baba-Salitre (Recinto Progreso). La zona presenta una temperatura media de 24 a 26°C, humedad relativa del 88%, precipitación anual media de 1262 mm y una altura de 8 msnm. El experimento se realizó en una plantación establecida de banano de la variedad Valery, en producción. Se pretendió establecer el efecto de la aplicación de calcio y boro, sobre parámetros de la calidad y el rendimiento y determinar la mejor forma de aplicación (hojas - racimo) de tres productos a base de calcio y boro en el cultivo de banano. Los tratamientos estuvieron constituidos por tres combinaciones a base de calcio y boro, aplicados de dos formas: vía foliar y al racimo. Se utilizó el Diseño de “Bloques Completos al Azar (BCA)”, con siete tratamientos y tres repeticiones. La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey al 95 % de probabilidad. Para el buen desarrollo del cultivo de banano se respetaron las normas de manejo del cultivo, tales como fertilización, control fitosanitario, Riego y Cosecha. El uso de Calcio 8% + Boro 1%, aplicado al racimo en dosis de 1,20 l/ha alcanzó mayor peso del racimo y del raquis; el tratamiento con mayor número de manos resultó el de Calcio 10% + Boro 0,3% en dosis de 1,00 l/ha vía foliar. Finalmente, el

Sumario: Introducción, Materiales y Métodos, Resultados y Discusión y Conclusiones.

Como citar: Farah, S., Hasang, E., Pérez, J. A., Alvarado, A. & Andrade, P. (2023). Efecto de la aplicación de Calcio y Boro sobre la calidad y rendimiento del fruto de Banano Cavendish “Valery” (AAA). *Revista Tecnológica - Espol*, 35(3), 33-45. <http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/973>

tratamiento en que se aplicó Calcio 8% + Boro 1% al racimo en dosis de 1,20 L/ha, obtuvo mayor rendimiento, calidad y beneficio neto rentable de \$ 12065,20/ha/año.

Palabras clave: Banano, calcio, boro, aplicación foliar.

Abstract

The investigation was carried out on the property Francia, belonging to the company "Agrovictoria S.A", located at km. 3.0 of the Baba-Salitre road (Progreso Campus). The area has an average temperature of 24 to 26°C, relative humidity of 88%, average annual rainfall of 1,262 mm, and a height of 8 meters above sea level. The experiment was developed in an established banana plantation of the Valery variety, in production. It was intended to establish the effect of the application of Calcium and Boron, on parameters of quality and yield and to determine the best form of application (Leaves - Bunch) of three products based on Calcium and Boron in banana cultivation. The treatments consisted of three combinations based on calcium and boron, applied in two ways: foliar and bunch. A "Randomized Complete Blocks" Design was used, with seven treatments and three repetitions. The comparison of means was carried out using the Tukey test at 95% probability. For the good development of the banana crop, regular management practices, such as fertilization, phytosanitary control, irrigation and harvest, were respected. The use of Calcium 8% + Boron 1%, applied to the bunch in doses of 1.20 l/ha, achieved greater weight of the bunch and of the rachis; the treatment with the highest number of hands was Calcium 10% + Boron 0.3% at a dose of 1.00 l/ha by foliar application. Finally, the treatment in which Calcium 8% + Boron 1% was applied to the bunch at a dose of 1.20 L/ha, obtained higher yield, quality and profitable net benefit of \$12,065.20/ha/year.

Keywords: Banana, calcium, boron, foliar application.

Introducción

El Ecuador es el principal exportador de banano a nivel mundial y el segundo productor de esta fruta en el mundo y es una de las frutas tropicales con alta demanda en países de Europa, Norte América y Canadá (Vargas et al. 2023), se hace imprescindible que constantemente se estén implementando nuevas tecnologías que promuevan mejores rendimientos, minimizando el daño al ecosistema.

El consumo de banano como fruta fresca, supera a todas las demás frutas por su alto contenido de potasio, calcio, magnesio, fósforo, hierro y en vitaminas. Uno de los grupos de mayor producción mundial es el Cavendish, principalmente los clones Gran Enano y Valery (Soto, 2011). Su producción constituye la actividad agrícola de mayor importancia económica, que genera empleo para más de un millón de familias.

La oferta mundial de banano ha venido siendo liderada en los últimos años principalmente por cinco países. Ecuador es el principal exportador con una participación del 25%, seguido por Costa Rica con 13%, Filipinas 12%, Guatemala 10%, Colombia 8%, Bélgica 5%, Países Bajos 4%, República Dominicana 3% y otros el 20%, que suplen el abasteciendo de la demanda mundial del mercado (Vargas et al. 2023). Esta fruta representa el 10% de las exportaciones totales y el segundo rubro de mayor exportación del país (CEI-RD, 2009).

La baja fertilidad del suelo es una de las principales restricciones para obtener un crecimiento y rendimiento óptimo del cultivo, esta puede ser manejada mediante fertilización edáfica y foliar, para prevenir posibles problemas de deficiencias nutricionales a fin de tomar decisiones correctas respecto al tipo de aplicación de los fertilizantes requeridos (Villaseñor et al. 2020).

El uso eficiente de fertilizantes garantiza los rendimientos y calidad, pero debe ser monitoreado debido al incremento en los costos de la nutrición y la continua preocupación por el impacto ambiental asociada con su indiscriminado uso (Ordóñez, Guerrero y Batista, 2021). Soto (2011) explica que el banano tiene una tasa de asimilación de fertilizantes hasta un 20% de su totalidad, con la consiguiente pérdida económica y contaminación del medio ambiente; es por ello que la actividad bananera, ha tomado como política reducir el consumo de agroquímicos para los próximos años, utilizando nuevas tecnologías que tienden mejorar la tasa de asimilación de los nutrientes, y evitan en parte las pérdidas por lixiviación.

Los nutrientes que se aplican frecuentemente para la producción de banano son el nitrógeno (N) y el potasio (K), pero las estrategias de manejo de estos nutrientes han cambiado a través de los años (Montúfar et al. 2023). La determinación exacta de la cantidad total de nutrientes requerida por el cultivo depende de la cantidad total de nutrientes absorbida por un rendimiento determinado y del suministro de nutrientes nativos del suelo (Espinoza y Mite, 2002).

La devaluación del peso del racimo y los cambios en el rumbo económico en nuestro país, originan una vuelta al consumo de productos nacionales. Actualmente la producción es más competitiva y los precios promedio reflejan la calidad del origen. Esto obliga a los productores locales a conseguir una calidad superior, adoptando prácticas más efectivas. (Figuerola y Lupi, 2004).

Entre los factores que más influyen en los rendimientos directamente son el peso del racimo y el número de plantas por hectárea. El tamaño del racimo está relacionado al número de manos, número de dedos y por el tamaño de cada fruta (Robinson y Galan, 2012).

El calcio es un elemento estructural en la planta, ayuda a mantener la firmeza de tallos y pecíolos en las plantas y a regular la absorción de nutrimentos a través de la membrana celular ya que constituye la lámina media, las paredes y membranas de la célula, además, participa en la división y extensión celulares, influye en otra serie de actividades de la célula, activando enzimas etc. (Moreira, 2008). Por tratarse de un elemento inmóvil, las deficiencias se ven en hojas nuevas. La mayor parte del calcio se usa antes de la floración. Aunque menos del 10% del Ca se encuentra en el fruto, el Ca prolonga la vida postcosecha del fruto (Piedrahíta, 2009).

Los frutos jóvenes en su etapa de división celular rápida tienen una absorción de calcio normal. Cuando comienza el crecimiento rápido la circulación de fotosintatos y nutrientes a través del floema aumenta rápidamente, mientras que la absorción de calcio cae a niveles muy bajos (Aznar, 2001).

La concentración de calcio en la fruta tiende a aumentar rápidamente durante la etapa principal de división celular, la absorción de calcio y distribución en la planta es de particular importancia en el manejo de la fruta en postcosecha. Los exportadores utilizan la concentración de calcio en el fruto como una herramienta de determinación de la calidad (Rodríguez, 2012). Se encuentra una relación lineal entre el contenido de calcio en fruto y su peso. Sin embargo, la concentración de calcio disminuye exponencialmente con el aumento de tamaño del fruto (Aznar, 2001).

El boro es esencial para el crecimiento normal de las plantas, desarrollo de las flores, para la fijación de los frutos, la traslocación de los azúcares, absorción y movimiento del calcio (Obando, Segura y Sandoval, 2019). Las deficiencias de calcio pueden ser reducidas en forma significativa mediante la aplicación de boro. Además, un rol similar al del calcio en la

nutrición de la planta, lo que lo hace esencial para lograr factores de calidad tales como fortaleza de la piel, firmeza del fruto y almacenamiento. (CIA/UCR, 2002).

El boro desempeña una función primordial en la formación de las anteras y en la germinación del tubo polínico. También acelera la fertilización de los óvulos y reduce la caída prematura de flores y frutos. Una manifestación típica de la carencia de boro es la rotura de las paredes de las células parenquimáticas, con formación de áreas necróticas, nódulos suberosos, debilitamiento del tallo, pecíolos y hojas (QuimiNet, 2008).

La deficiencia de Boro produce paralización del crecimiento de los ápices radiculares, afecta la calidad de los frutos, reducción en el peso y el tamaño del racimo causa aparición de manchas corchosas debido a la muerte de células, y al continuar el crecimiento del fruto se producen rajaduras, llenado incorrecto de frutos individuales (dedos), caída anticipada de los mismos (Haifa, 2014).

La aplicación foliar de los nutrientes correctos en concentraciones relativamente bajas en etapas críticas para el desarrollo de cultivos contribuye en forma significativa a aumentar los rendimientos y a mejorar la calidad (Haifa, 2014). La fertilización foliar en cultivos que producen frutos es de gran importancia para asegurar altos rendimientos y calidad. El interés por la fertilización foliar en banano se ha incrementado en los últimos años, y se ha convertido en una práctica agrícola común en muchas fincas bananeras para complementar la intensa fertilización al suelo que normalmente se realiza. También se ha promovido las aplicaciones foliares de potasio con el objeto de mejorar las características de calidad de la fruta, peso y tamaño del racimo (CIA/UCR, 2002).

Su principal utilidad consiste en complementar los requerimientos de un cultivo que no se pueden abastecer mediante la fertilización edáfica, o para fines específicos que requieren la aplicación tardía de los elementos e incrementar su concentración en el fruto (Trinidad y Aguilar, 1999). Fisiológicamente todos los nutrientes pueden ser absorbidos vía foliar, Una planta bien nutrida retrasa los períodos de senescencia natural (Trinidad y Aguilar, 1999).

La absorción de los nutrimentos a través de las hojas no es la forma normal. La hoja tiene una función específica de ser la fábrica de los carbohidratos, pero por sus características anatómicas presenta condiciones ventajosas para una incorporación inmediata de los nutrimentos a los fotosintatos y la translocación de éstos a los lugares de la planta de mayor demanda (Rodríguez, 1982).

La calidad de los frutos se puede definir como la característica genética que se debe mantener mediante los métodos de cultivos generalmente aceptados, en tanto la presentación y la conservación de esa calidad producida mediante prácticas adecuadas para que no se deteriore la fruta, en consecuencia para la interpretación más estrecha, calidad significa característica intrínseca, y en su interpretación más amplia, calidad significa: calidad de trabajo, calidad de procesamiento, calidad del sistema, calidad de empresa, calidad de objetivos propuesto (Fabre, 2015).

La calidad del banano depende de aspectos tales como la integridad de la fruta; consistencia firme; sanidad del producto; limpieza; sin magulladuras ni daños por plagas o presencia de estas. Así mismo, los dedos deben estar exentos de malformaciones y los pedúnculos deben estar intactos y libres de daños por hongos. Las manos deben incluir una porción suficiente de la corona; la que debe estar sana y presentar un corte limpio, sin pedúnculos fragmentados (Fao, 2000).

El cultivo tradicional del banano utiliza altas dosis de fertilizantes químicos, especialmente Nitrógeno y Potasio, lo que propicia buscar alternativas nutricionales y manejar las plantaciones en una forma más sostenible (Fonseca et al. 2019). Por tanto, es importante relacionar diferentes fuentes y tipos de nutrientes para suplir las necesidades nutricionales en las plantaciones de banano para optimizar los rendimientos y garantizar una producción eficiente.

Materiales y Métodos

La investigación se realizó en los predios de la Hacienda Francia, perteneciente a la compañía "Agrovictoria S.A", ubicada en el km. 3,0 de la vía Baba-Salitre. La zona presenta una temperatura media de 24 a 26°C, humedad relativa 88 %, precipitación anual de 1262 mm y una altura de 8 msnm. El trabajo experimental se realizó en una plantación establecida de banano de la variedad Valery, que actualmente se encuentra en producción.

Los tratamientos estuvieron constituidos por tres productos a base de calcio y boro, con aplicaciones al racimo y aplicaciones foliares, cada una de ellas con intervalos entre aplicaciones de siete días, lo que totalizan 6 tratamientos y un testigo absoluto sin aplicación, que constituyeron las variables independientes (Tabla 1).

Tabla 1

Tratamientos estudiados sobre: el efecto de la aplicación de Calcio y Boro, sobre la calidad y rendimiento del fruto de Banano (Musa spp) en el cantón Baba, Provincia de Los Ríos

Tratamientos					
Nº	Productos	Lugar de Aplicación	Ingredientes Activos	Concentración (%)	Dosis (ha)
T1	Calcio 10% + Boro 0,3%	Foliar	Calcio + Boro	10,00 + 0,30	1,00 L
T2	Calcio 30% + Boro 1%	Foliar	Calcio + Boro	30,00 + 1,00	0,30 kg
T3	Calcio 8% + Boro 1%	Foliar	Calcio + Boro	8,00 + 1,00	1,20 L
T4	Calcio 10% + Boro 0,3%	Racimo	Calcio + Boro	10,00 + 0,30	1,00 L
T5	Calcio 30% + Boro 1%	Racimo	Calcio + Boro	30,00+ 1,00	0,30 kg
T6	Calcio 8% + Boro 1%	Racimo	Calcio + Boro	8,00 + 1,00	1,20 L
T7	Testigo (sin aplicación)	-	-	-	-

Se utilizó el Diseño de "Bloques Completos al Azar", con siete tratamientos (tabla 1) y tres repeticiones. Se realizó análisis de varianza (ANOVA), para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey al 95% de probabilidad. Se utilizó 21 parcelas con 10 plantas cada una, con una separación de 5 m entre parcelas y 10 m entre bloques., (210 plantas en 50 000 m²).

Se respetaron las normas de manejo del cultivo, efectuando las prácticas y labores rutinarias, que caracterizan a la empresa, para el proceso producción. La cosecha se realizó a las 12 semanas de edad, cuando el racimo presenta la calibración adecuada.

Las variables dependientes evaluadas fueron:

Número de hojas a la cosecha

Se determinó el número de hojas finales por cada tratamiento, tomando en cuenta inicialmente la lectura de hojas iniciales al enfunde.

Peso del Racimo

Se tomaron cinco racimos al azar por cada tratamiento y por bloque con una balanza electrónica, obteniendo así el peso promedio en kilogramos.

Número de manos por racimo (manos/racimo)

En los cinco racimos que se tomaron al azar por cada tratamiento se realizó el conteo del número de manos.

El Ratio (cajas/racimo)

Cantidad de cajas que se obtuvieron por cada tratamiento dividiendo la cantidad de cajas elaboradas, para la cantidad de racimos que se cortaron cuyo valor se expresara en cajas / racimo (Ratio conversión).

Rendimiento

Se tomó el peso del racimo, se restó el peso del raquis y el peso de la fruta que no califica para exportación, por cada tratamiento y se expresó en kilogramos.

Calidad del fruto

Se evaluó una caja ya empacada por cada tratamiento, observando detalladamente el número de defectos que se encontraron presentes disminuyendo la calidad, los resultados se obtuvieron en porcentaje, utilizando fórmula, que aplica la empresa exportadora BRUNDICORPI S.A. $Calidad = (\# \text{ Defectos} / \# \text{ Clusters}) - 1 * 100$

Análisis económico

El análisis económico se obtuvo a base del rendimiento en cajas/Racimo (Ratio), y costo obtenido por cada tratamiento (costo/beneficio).

Características de los productos utilizados en el estudio

Calcio 10% + Boro 0,3% (Carbotecnia, 2011)

- Nombre comercial: Tecnocalcio B- Mg.
- Composición %.: Calcio (CaO) soluble en agua 10%, Boro (B) soluble en agua 0,3%.
- Características: Líquido soluble de CARBOTECNIA S.L. formulado con Calcio, Magnesio y Boro de alta eficacia y asimilación. Muy indicado para garantizar la correcta formación de todas aquellas estructuras de la pared celular y piel de frutos, es un regulador de Calcio (Ca), magnesio (Mg) y boro (B) indicado para prevención de deficiencias y fisiopatías asociadas a este elemento, como mala calidad de la piel de los frutos.

CALCIO 30% + BORO 1% (Green Has Italia, 2013)

- Nombre comercial: Calboron.
- Composición %: Oxido de Calcio (CaO) soluble en agua 30%, Boro (B) soluble en agua 1%.
- Características: Es un fertilizante en polvo de elevada solubilidad, que no contiene nitratos, cloruros y sulfatos, en la que el Ca acomplexado con ácidos carboxílicos y el boro se encuentran en forma prontamente asimilable, aplicándolo vía foliar. Es un producto indicado para prevenir y de Ca y fisiopatías relacionadas como el acorchado, quebradura de los frutos y podredumbres apicales.

CALCIO 8% + BORO 1% (Stoller, 2016)

- Nombre comercial: Sett.

- Composición %: Calcio (Ca) 8%, Boro (B) %.
- Características: Líquido soluble, suministra Calcio y Boro de fácil absorción para la planta a fin de prevenir la caída de flores y frutos contrarrestando la producción localizada de etileno y minimizando su efecto principalmente durante la etapa reproductiva, se lo aplica vía foliar.

Resultados y Discusión

En la Tabla 2, se observan los resultados promedios de la cantidad de hojas al enfunde y a la cosecha. En análisis de varianza no detectó diferencias significativas en ambas variables, el promedio general fue 12,08 y 9,84 hojas y los coeficientes de variación 5,91 y 6,34 %.

Aunque no existieron diferencias significativas la aplicación de Calcio 10% + Boro 0,3% al racimo en dosis de 1,00 l/ha obtuvo el mayor promedio con 12,47 hojas y el menor valor fue para el tratamiento testigo sin aplicación de productos con 11,97 hojas.

La aplicación de Calcio 30% + Boro 1% vía foliar, en dosis de 0,30 kg/ha influyó para que exista mayor número de hojas a la cosecha (10,40), mientras que el Testigo absoluto, sin aplicación de productos reportó menor el número de hojas (9,56).

El banano puede emitir a través de su ciclo vegetativo alrededor de 38 hojas, sin embargo, es importante tener en cuenta que este número se comporta inversamente proporcional al desarrollo del cormo observándose que el peso del cormo disminuye con la producción de un mayor número de hojas y viceversa (Belalcázar et al., 1991).

Barzola (2013) encontró como respuesta a la nutrición a base de Ca, B número de hojas promedio de 13,6 hojas durante el ciclo vs. 11,4 hojas sin la aplicación de los mismos.

Tabla 2

Número de hojas al enfunde y a la cosecha con la aplicación de Calcio y Boro vía foliar y al racimo en el cultivo de Banano (Musa spp)

N°	Tratamientos			Número de hojas	
	Ingredientes Activos	Aplicación	Dosis/ha	Al enfunde	A la cosecha
T1	Calcio 10% + Boro 0,3%	Foliar	1,00 L	11,86	9,67
T2	Calcio 30% + Boro 1%	Foliar	0,30 kg	12,07	10,40
T3	Calcio 8% + Boro 1%	Foliar	1,20 L	11,67	9,80
T4	Calcio 10% + Boro 0,3%	Racimo	1,00L	12,47	9,78
T5	Calcio 30% + Boro 1%	Racimo	0,30 kg	12,10	9,67
T6	Calcio 8% + Boro 1%	Racimo	1,20 L	12,40	10,00
T7	Testigo (sin aplicación)	-	-	11,97	9,56
Promedio general				12,08	9,84
Significancia estadística				ns	ns
Coeficiente de variación (%)				5,91	6,34

ns = no significativo

En la variable peso del racimo, el análisis de varianza (tabla 3) reportó diferencias significativas, con promedio general de 38,64 kg y el coeficiente de variación de 7,22 % (Tabla 3). Los mejores resultados se mostraron en el T6 (Calcio 8% + Boro 1%, aplicación al racimo) con 43,43 kg en el peso del racimo, siendo que, estadísticamente solo llegó a tener diferencias

significativas con el tratamiento T4 (Calcio 10% + Boro 0,3%, aplicación al racimo) el cual obtuvo el resultado más bajo en el peso del racimo con 33,87 kg. En lo referente al peso del raquis, no se obtuvieron diferencias significativas según el análisis de varianza, el promedio general fue 3,25 kg y el coeficiente de variación 11,38%, según se observa en el mismo (Tabla 3). En lo referente al peso del raquis, no se obtuvieron diferencias significativas según el análisis de varianza, el promedio general fue 3,25 kg y el coeficiente de variación 11,38%, según se observa en el mismo (Tabla 3).

Tabla 3

Peso del racimo y del raquis con la aplicación de Calcio y Boro vía foliar y al racimo en el cultivo de Banano (Musa spp)

Tratamientos	Peso (kg)	
	Racimo	Raquis
T1 Calcio 10% + Boro 0,3%	38,58 ab	3,41
T2 Calcio 30% + Boro 1%	39,16 ab	3,31
T3 Calcio 8% + Boro 1%	38,57 ab	3,35
T4 Calcio 10% + Boro 0,3%	33,87 b	2,90
T5 Calcio 30% + Boro 1%	37,64 ab	3,12
T6 Calcio 8% + Boro 1%	43,43 a	3,42
T7 Testigo (sin aplicación)	39,24 ab	3,26
Promedio general	38,64	3,25
Significancia estadística	*	ns
Coefficiente de variación (%)	7,22	11,38

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la Prueba de Tukey.

ns = no significativo

*= significativo

**= altamente significativo

Mientras que en la presente investigación el peso del racimo en el mejor tratamiento a base de calcio al 8% y boro al 1%, resultó de 43.43 kg y solo de 33.87 kg para el tratamiento con valores más bajos, a base de calcio 10% y boro al 0,3%, Navarro (2020) encontró valores de 32,7 kg para peso en el mejor tratamiento y 28,13 kg de rendimiento en peso por caja de banano, en donde utilizan una molécula a base de calcio 10% y boro 0,3%.

En la Tabla 4, se presentan los resultados del conteo de número de manos promedio por racimo. Según el análisis de varianza no se observaron diferencias significativas, el promedio general fue 10,32 manos y el coeficiente de variación 6,42 %.

No obstante, se observa que el tratamiento con mayor número de manos fue cuando se utilizó Calcio 10% + Boro 0,3% en dosis de 1,00 l/ha vía foliar con 10,89 manos, en tanto que Calcio 30% + Boro 1%, aplicado al racimo en dosis de 0,30 kg alcanzó 9,44 manos, por debajo del propio testigo.

Los resultados contrastan con lo expuesto por Urgilés, (2021) que en un estudio realizado en el cantón Milagro, menciona que el número de manos por racimo con la aplicación de productos compuestos por calcio y boro presentó un promedio de 7 manos efectivas sin mostrar tampoco diferencias significativas entre tratamientos. La superioridad mostrada en el presente trabajo (10,32 manos efectivas por racimo) sugiere la importancia del suelo y clima para un buen desarrollo del cultivo de banano.

Tabla 4

Número de manos por racimo con la aplicación de Calcio y Boro vía foliar y al racimo en el cultivo de Banano (Musa spp)

No	Tratamientos		Dosis	No de manos
	Tratamiento	Aplicación		
T1	Calcio 10% + Boro 0,3%	Foliar	1,00 l/ha	10,89
T2	Calcio 30% + Boro 1%	Foliar	0,30 kg/ha	10,67
T3	Calcio 8% + Boro 1%	Foliar	1,20 l/ha	10,67
T4	Calcio 10% + Boro 0,3%	Racimo	1,00 l/ha	10,11
T5	Calcio 30% + Boro 1%	Racimo	0,30 kg /ha	9,44
T6	Calcio 8% + Boro 1%	Racimo	1,20 l/ha	10,22
T7	Testigo (sin aplicación)			10,22
Media			10,32	
Significación estadística			ns	
Coeficiente de variación			6,42	

ns = no significativo

En la Tabla 5, se presenta la variable de ratio, el análisis de varianzas alcanzó diferencias altamente significativas, el promedio general fue 1,62 cajas/racimo y el coeficiente de variación 9,18 %.

El tratamiento de Calcio 8% + Boro 1% al racimo en dosis de 1,20 l/ha mostró 1,97 cajas/racimo, estadísticamente igual a las aplicaciones de Calcio 30% + Boro 1% 0,30 kg/ha; Calcio 8% + Boro 1% 1,20 l/ha aplicados vía foliar; Calcio 30% + Boro 1% 0,30 kg/ha aplicado al racimo y testigo sin aplicación de productos y todos ellos superiores estadísticamente al tratamiento de Calcio 10% + Boro 0,3%, foliar o al racimo en dosis de 1,00 l/ha.

Tabla 5

Merma y ratio con la aplicación de Calcio y Boro vía foliar y al racimo en el cultivo de Banano (Musa spp)

Tratamientos				Merma (%)	Ratio (cajas/racimo)
N°	Ingredientes Activos	Aplicación	Dosis/ha		
T1	Calcio 10% + Boro 0,3%	Foliar	1,00 L	28,00 a	1,48 b
T2	Calcio 30% + Boro 1%	Foliar	0,30 kg	24,00 ab	1,58 ab
T3	Calcio 8% + Boro 1%	Foliar	1,20 L	23,67 ab	1,57 ab
T4	Calcio 10% + Boro 0,3%	Racimo	1,00L	25,33 ab	1,35 b
T5	Calcio 30% + Boro 1%	Racimo	0,30 kg	16,00 b	1,67 ab
T6	Calcio 8% + Boro 1%	Racimo	1,20 L	14,67 b	1,97 a
T7	Testigo (sin aplicación)	-	-	18,67 ab	1,69 ab
Promedio general				21,48	1,62
Significancia estadística				*	**
Coeficiente de variación (%)				19,04	9,18

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la Prueba de Tukey.

ns = no significativo

*= significativo

**= altamente significativo

En la Tabla 6, se observa la variable rendimiento, el análisis de varianza demostró diferencias altamente significativas, el promedio general fue 30,42 kg/parcela y el coeficiente de variación 9,22 %.

El tratamiento en que se aplicó Calcio 8% + Boro 1% al racimo en dosis de 1,20 l/ha obtuvo mayor rendimiento con 37,00 kg/parcela, estadísticamente igual a las aplicaciones de Calcio 30% + Boro 1% 0,30 kg/ha; Calcio 8% + Boro 1% 1,20 L/ha aplicados vía foliar; Calcio 30% + Boro 1% 0,30 kg/ha aplicado al racimo, testigo sin aplicación de productos y superiores estadísticamente a la aplicación de Calcio 10% + Boro 0,3%, al racimo o foliar en dosis de 1,00 l/ha.

En lo referente a calidad, los tratamientos en que se aplicó Calcio 30% + Boro 1% 0,30 kg/ha vía foliar; Calcio 10% + Boro 0,3% 1,00 l/ha, Calcio 8% + Boro 1% 1,20 l/ha aplicados al racimo sobresalieron con 100 %, mientras que Calcio 30% + Boro 1% 0,30 kg/ha aplicado al racimo presentó 89 %. El análisis de varianza no alcanzó diferencias significativas, el promedio general fue 96 % y el coeficiente de variación 2,52 % (Tabla 6).

Tabla 6

Rendimiento y calidad con la aplicación de Calcio y Boro vía foliar y al racimo en el cultivo de Banano (Musa spp)

Tratamientos				Rendimiento (kg)	Calidad (%)
N°	Ingredientes Activos	Aplicación	Dosis/ha		
T1	Calcio 10% + Boro 0,3%	Foliar	1,00 L	27,86 b	94
T2	Calcio 30% + Boro 1%	Foliar	0,30 kg	29,82 ab	100
T3	Calcio 8% + Boro 1%	Foliar	1,20 L	29,48 ab	94
T4	Calcio 10% + Boro 0,3%	Racimo	1,00L	25,37 b	100
T5	Calcio 30% + Boro 1%	Racimo	0,30 kg	31,52 ab	89
T6	Calcio 8% + Boro 1%	Racimo	1,20 L	37,00 a	100
T7	Testigo (sin aplicación)	-	-	31,86 ab	94
Promedio general				30,42	96
Significancia estadística				**	ns
Coeficiente de variación (%)				9,22	2,52

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la Prueba de Tukey.

ns = no significativo

*= significativo

**= altamente significativo

El análisis económico reflejó que todos los tratamientos fueron rentables, pero el único tratamiento que en beneficio neto superó al testigo sin aplicación resultó la aplicación de Calcio 8% + Boro 1% al racimo, en dosis de 1,20 l/ha con beneficio neto de \$ 12065,20 (Tabla 7).

Tabla 7

Análisis económico por hectárea anual en el estudio desarrollado con aplicaciones de Calcio y Boro vía foliar y al racimo en el cultivo de Banano (Musa spp)

Tratamientos			Ratio/ parcela	Ratio/ ha/año	Valor de producción (USD)	Costo de producción (USD)			Beneficio neto (USD)	
N°	Productos y Aplicación	Dosis				Fijos	Variables Costo de productos	Total		
T1	Ca10% + B 0,3%	Foliar	1,00 l	1,48	2926,20	18288,50	12127,91	779,94	12907,85	5380,62
T2	Ca30% + B 1%	Foliar	0,30 kg	1,58	3131,30	19570,60	12127,91	411,81	12539,72	7030,92
T3	Ca 8% + B 1%	Foliar	1,20 l	1,57	3096,10	19350,80	12127,91	935,93	13063,84	6287,00

N°	Tratamientos			Ratio/ parcela	Ratio/ ha/año	Valor de producción (USD)	Costo de producción (USD)			Beneficio neto (USD)
	Productos y Aplicación	Dosis					Fijos	Variables Costo de productos	Total	
T4	Ca 10% + B 0,3%	Racimo	1,00 l	1,35	2664,40	16652,30	12127,91	72,79	12200,70	4451,56
T5	Ca 30% + B 1%	Racimo	0,30 kg	1,67	3309,60	20685,10	12127,91	38,44	12166,35	8518,72
T6	Ca 8% + B1%	Racimo	1,20 l	1,97	3884,90	24280,50	12127,91	87,35	12215,26	12065,20
T7	Testigo	-	-	1,69	3345,60	20909,90	12127,91	-	12127,91	8781,99

Calcio 10% + Boro 0,3% costo/l = \$ 15,00

Calcio 30% + Boro 1% costo/kg = \$ 24,00

Calcio 8% + Boro 1% costo/l = \$ 15,00

Costo caja = \$ 6,25

Conclusiones

- El uso de Calcio 8% + Boro 1% aplicado al racimo en dosis de 1,20 L/ha alcanzó mayor peso del racimo y del raquis.
- Utilizando Calcio 8% + Boro 1% en dosis de 1,20 L/ha vía foliar se obtuvo mayor longitud y aplicado al racimo mayor calibración del dedo central de la segunda mano.
- El uso de Calcio 8% + Boro 1% aplicado al racimo en dosis de 1,20 l/ha logró mayor peso del racimo y del raquis.
- El tratamiento que se aplicó Calcio 8% + Boro 1% con aminoácidos al racimo en dosis de 1,20 L/ha obtuvo mayor rendimiento, calidad y beneficio neto rentable de \$12065,20/ha/año.

Reconocimiento

El presente trabajo es realizado a partir del proyecto de investigación realizado previa a la obtención del grado de Ingeniero Agrónomo por el Sr. José Antonio Pérez Santos ex estudiante de la Universidad Técnica de Babahoyo. Los datos y demás contenido mostrados en el presente trabajo fueron obtenidos de Pérez (2017) con la debida autorización del autor.

Referencias

- Aznar, Y. (17 de 10 de 2001). *Caracterización fisiológica del bitter pit, aspectos nutricionales, fisiológicos y su diagnóstico*. Obtenido de <http://digital.csic.es/bitstream/10261/2852/1/2001-Tesis%20Y.Aznar.pdf>
- Belalcázar, S., y J. Valencia. 1998. *Comportamiento de variedades de plátano*. En: M. Giraldo et al., editores, Seminario Internacional sobre Producción de Plátano. Corpoica, Armenia, Colombia. p. 21-25.
- Barzola, I. (2013). Estudio comparativo de un componente de nutrición en el cultivo de banano (*Musa paradisíaca* L.) variedad Cavendish. Milagro.
- Carbotecnia. (05 de 09 de 2011). *Ficha técnica tecnocalcio*. Obtenido de <https://www.carbotecnia.com/abonos-fertilizantes>
- CEI-RD. (2009). *Perfil económico del banano*. Obtenido de http://www.cei-rd.gov.do/estudios_economicos/estudios_productos/perfiles/BANANO.pdf
- CIA/UCR. (01 de 02 de 2002). *Laboratorio de suelos y foliares*. Obtenido de <http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/Memorias/Memoria%20Curso%20Fertilizaci%C3%B3n%20Foliar.pdf>

- Espinoza, J., & Mite, F. (2002). *Búsqueda de la eficiencia en el uso de nutrientes en banano*. Recuperado el 06 de 04 de 2017, de [nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/02788fd8caea69705257a370058dad2/\\$FILE/Eficiencianutrientes.pdf](http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/02788fd8caea69705257a370058dad2/$FILE/Eficiencianutrientes.pdf)
- Fabre, N. (2015). *Causas de pérdidas que se producen en la postcosecha de banano en la zona de Quevedo*. Obtenido de repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/75/1/T-UTEQ-0012.pdf
- Fao. (01 de 2000). *Manual de manejo postcosecha de frutas tropicales*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-ac304s.pdf>
- Figueroa, M. M., & Lupi, A. M. (2004). *Características y Fertilización del Cultivo de Banano*. Obtenido de <http://www.fertilizando.com/articulos/Caracteristicas%20y%20Fertilizacion%20Cultivo%20Banano.asp>
- Fonseca, E. L. V., Batista, R. M. G., Herrera, A. M., & Castro, A. R. S. (2019). Alternativas nutricionales eficientes en banano orgánico en la provincia El Oro, Ecuador. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 2(1), 151-159.
- Green Has Italia. (2013). *Catálogo de productos, nutrición vegetal*. *Revistas Italianas*, 58.
- Guerrero. (2004). *El diagnóstico cuantitativo de la fertilidad del suelo*. Colombia: Monómeros.
- Haifa. (2014). *Recomendaciones nutricionales para banano*. Obtenido de www.haifa-group.com/spanish/files/Spanish_website/.../Banana_Spanish.pdf
- Moreira. (2008). *Requerimientos nutricionales del cultivo de banano*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/94126514/Requerimientos-Nutricionales-de-Banano-Calcio>
- Montúfar, G. H. V., Ortiz, J. L. L., Coronel, A. L. E., & Remache, R. A. R. (2023). Nutrientes primarios y su efecto en el desarrollo de plántulas de banano (*Musa acuminata* AAA) de la variedad Williams. *Revista Multidisciplinaria de Desarrollo Agropecuario, Tecnológico, Empresarial y Humanista.*, 5(2), 7-7.
- Moreira. (2008). *Requerimientos nutricionales del cultivo de banano*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/94126514/Requerimientos-Nutricionales-de-Banano-Calcio>
- Navarro, F. (2020). Efecto de la nutrición translamina en las características del racimo de banano (*Musa* AAA Var. Williams) en el cantón Valencia. Quevedo.
- Obando, V., Segura, R., y Sandoval, J. (2019). Comparación de dos disoluciones extractoras de boro y determinación de su contenido en el suelo y en la planta de banano. *Agronomía Costarricense*, 43(1), 35-45.
- Ordóñez, K. G. M., Guerrero, J. N. Q., y Batista, R. M. G. (2021). Efectos de la fertilización inyectada en plantas de banano (*Musa* × *paradisiaca* l) cultivar Williams en diferentes estados fenológicos. *Revista Científica Agroecosistemas*, 9(3), 130-140.
- Pérez, J. A. (2017). Efecto de la aplicación de Calcio y Boro, sobre la calidad y rendimiento del fruto de Banano (*Musa* spp) en el cantón Baba, Provincia de Los Ríos (Bachelor's thesis, Babahoyo: UTB, 2017).
- Piedrahíta, O. (2009). *El Magnesio en el Banano*. Obtenido de http://www.nuprec.com/Nuprec_Sp_archivos/Literatura/Magnesio/Mg%20en%20Banano.pdf
- QuimiNet. (01 de 02 de 2008). *Quiminet corporación*. Obtenido de <http://www.quiminet.com/articulos/funciones-del-boro-en-las-plantas-26668.htm>
- Robinson, J., & Galan, V. (2012). *Plátanos y Bananas*. Mundi-Prensa S.A.
- Rodríguez. (1982). *Manual de Fertilización para Cultivos de Alto Rendimiento*. México: Continental.
- Rodríguez, F. (2012). *Factores de Precosecha que Afectan la Postcosecha de la Palta*. Obtenido de

<http://www.avocadosource.com/books/FerreyraRaul2012.pdf>

Soto, M. (2011). Situación y avances tecnológicos en la producción bananera mundial. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33, 13-28.

Stoller. (07 de 01 de 2016). *Ficha tecnica del Calcio 8% + Boro 1% Calcio*. Obtenido de [http://ficha%stoller%20tecnica%20de%20productos/3..%20FT-051-Calcio 8%+Boro 1%208%25.pdf](http://ficha%stoller%20tecnica%20de%20productos/3..%20FT-051-Calcio%208%+Boro%201%208%25.pdf)

Trinidad, & Aguilar. (1999). *Fertilizacion foliar, respaldo importante en el rendimiento de cultivos*. Terra.

Urgiles, B. (2021). Efecto de quelatos en macro y micro nutrientes de forma foliar en el cultivo de banano (*Musa spp.*). Milagro.

Vargas, O. G., Quiroz, P. H. C., Castro, C. E. M., y Cadena, C. A. F. (2023). Análisis de las proyecciones del banano en Ecuador usando modelo de regresión y correlación de Pearson en los periodos 2014-2018. *Revista Científica FIPCAEC*, 8(2), 610-632.

Villaseñor, D., Noblecilla, Y., Luna, E., Molero, R., Barrezueta, S., Huarquilla, W., y Garzón, J. (2020). Respuesta óptima económica de la fertilización potásica sobre variables productivas del banano (*Musa spp.*). *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, 36(2), 161-170

Desarrollo de un modelo predictivo utilizando técnicas de aprendizaje supervisado para detectar la moniliasis en plantas de cacao de la Provincia de Orellana

Development of a predictive model using supervised learning techniques to detect moniliasis in cocoa plants in the Province of Orellana

Danny Jesiel Castillo Lapo¹ <https://orcid.org/0000-0002-0330-1947>,
Mariuxi Noemí Ramírez Cambo¹ <https://orcid.org/0000-0001-6971-5109>, Wilson Gustavo Chango
Sailema¹ <https://orcid.org/0000-0003-3231-0153>, Autor 4¹ <https://orcid.org/0009-0005-1664-2280>

¹Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Espoch Sede Orellana, Ecuador
jesiel.castillo@esepoch.edu.ec, mariuxi.ramirez@esepoch.edu.ec,
wilson.chango@esepoch.edu.ec, pedro.aguilar@esepoch.edu.ec



Esta obra está bajo una licencia internacional
Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0.

Enviado: 2023/09/05

Aceptado: 2023/12/14

Publicado: 2023/12/30

Resumen

La respuesta al enigma de la moniliasis se encuentra en la ciencia y la tecnología con el proyecto desarrollado en la Provincia de Orellana, en donde la moniliasis es una enfermedad fúngica que causa efectos devastadores incluyen do la pudrición de las flores, vainas y frutos de cacao, lo que conlleva pérdidas significativas a los agricultores. La moniliasis afecta gravemente a los cultivos de cacao y resulta difícil detectar su presencia tempranamente. Para lograr la detección de esta enfermedad, se recopilaron datos obtenidos de sensores y registros manuales para entrenar y validar un modelo predictivo mediante aprendizaje supervisado, en donde se analizó las condiciones ambientales y los síntomas de la enfermedad. Se aplicó la metodología de la ciencia del diseño basada en tres ciclos: el ciclo de relevancia, rigor y diseño. En el ciclo de relevancia se definió el problema y la necesidad del modelo, en el ciclo de rigor se realizó una investigación preliminar para determinar la viabilidad del objetivo y, por último, en el ciclo de diseño se modelaron los datos con algoritmos de aprendizaje automático y se implementó el modelo de predicción, probándolo para verificar su correcto funcionamiento.

Sumario: Introducción, Metodología, Resultados, Discusión y Conclusiones.

Como citar: Castillo, D., Ramírez, M., Chango, S. & Aguilar, P. (2023). Desarrollo de un modelo predictivo utilizando técnicas de aprendizaje supervisado para detectar la moniliasis en plantas de cacao de la Provincia de Orellana. *Revista Tecnológica - Espol*, 35(3), 46-67.
<http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/1069>

El modelo se compartió con las familias cacaoteras de Orellana, demostrando su eficacia. Esto permitirá a los agricultores tomar medidas de control adecuadas y oportunas para prevenir la propagación de la enfermedad y, por lo tanto, aumentar la producción y la calidad del cacao.

Palabras clave: Scikit-Learn, PWA, MongoDB, React.js, Python.

Abstract

The answer to the moniliasis enigma lies in science and technology with the project developed in Orellana Province, where moniliasis is a fungal disease that causes significant losses to farmers. Moniliasis severely affects cocoa crops, and it is difficult to detect its presence early. Data from sensors and manual records were collected to train and validate a predictive model using supervised learning, where environmental conditions and disease symptoms were analysed. Design science methodology was applied based on three cycles: the relevance, rigour and design cycle. In the relevance cycle the problem and the need for the model were defined, in the rigour cycle a preliminary investigation was carried out to determine the feasibility of the objective and finally in the design cycle the data was modelled with machine learning algorithms and the prediction model was implemented and tested to verify its correct functioning.

The model was shared with cocoa farming families in Orellana, demonstrating its effectiveness. This will allow farmers to take appropriate and timely control measures to prevent the spread of the disease and thus increase cocoa production and quality.

Keywords: Scikit-Learn, PWA, MongoDB, React.js, Python.

Introducción

El cacao es un cultivo de importancia a escala mundial, pero su rendimiento está severamente limitado por enfermedades como la monilophthora Pod Rot (MPR) causada por el hongo *Moniliophthora roreri*. Varios estudios demuestran que esta enfermedad es uno de los principales factores limitantes de la producción de cacao en América Latina (Leandro-Muñoz et al., 2017).

Caicedo (2019) destaca que el hongo *moniliophthora roreri* es considerado el mayor problema en Ecuador, generando pérdidas significativas a los agricultores y afectando la rentabilidad. Por otro lado, Jha et al. (2019) argumentan que la agricultura enfrenta desafíos todos los días, los que van desde la siembra hasta la cosecha de cultivos, la inteligencia artificial y el aprendizaje automático desempeñan un papel importante en la calidad de la cosecha de cultivos. Además, se menciona que la detección temprana de la moniliasis una enfermedad fúngica que afecta a varios tipos de plantas y frutas, en particular al cacao causando la pudrición de las vainas, lo que a su vez daña las semillas es crucial identificar rápidamente la presencia de esta enfermedad y tomar medidas preventivas o de control antes de que la infección se propague y cause daños significativos. Al identificar la moniliasis en sus etapas iniciales, se pueden implementar tratamientos adecuados y prácticas de gestión para minimizar el impacto en los cultivos y, en última instancia, proteger la producción agrícola.

El problema de investigación planteado es la detección de la moniliasis en plantas de cacao de la Provincia de Orellana. El objetivo principal es desarrollar un modelo predictivo utilizando técnicas de aprendizaje supervisado para detectar esta enfermedad.

Para cumplir con esta finalidad, se utilizó la metodología Ciencia del Diseño, un enfoque basado en la investigación científica, proporcionando un marco estructurado para abordar problemas complejos basándose en tres ciclos. Esta investigación es de suma importancia porque se puede detectar la presencia de la moniliasis a través de variables microclimáticas y cuantitativas: lluvia, temperatura, reacción de hipersensibilidad, punto de rocío, velocidad del viento, dirección y ráfagas, cantidad de plantas, frutos, incidencia y el porcentaje severidad de datos históricos recopilados manualmente y mediante el uso de un pluviómetro S-RGF-M002.

Para lograr que el modelo sea accesible de manera sencilla para los agricultores, se diseñó una Aplicación Web Progresiva (PWA). De acuerdo con la definición de Bernardi et al. (2018), una PW representa una innovadora metodología de desarrollo de software. A través de esta aplicación, los usuarios tienen la posibilidad de introducir datos relacionados con sus plantas de cacao y, como resultado, obtendrán el porcentaje de precisión de tener o no la enfermedad.

Por otro lado, el modelo se entrenó utilizando técnicas de aprendizaje supervisado el cual “está compuesto por algoritmos que intentan encontrar relaciones y dependencias entre un elemento objetivo” (Ovalle, 2022). Asimismo, para su entrenamiento se utilizó la librería scikit-learn. El backend del modelo está desarrollado en Python, “un lenguaje de programación de alto nivel debido a su facilidad y código abierto” (Susilo et al., 2021).

Para el frontend se utilizó React.js, una librería de JavaScript. Boersma y Lungu (2021) argumentan que es ampliamente utilizada, ya que permite a los desarrolladores crear interfaces de usuario para la web. La base de datos utilizada fue MongoDB.

Se espera que el modelo predictivo desarrollado pueda detectar la presencia de moniliasis con un alto porcentaje de precisión, utilizando los datos históricos recopilados manualmente mediante el uso de un pluviómetro. Además, se espera que este modelo pueda ayudar a los agricultores a prevenir la aparición de la enfermedad y reducir las pérdidas en la cosecha del cacao.

El esquema para el desarrollo del presente proyecto es el siguiente: en el apartado 2 se describe la metodología utilizada para la implementación del modelo, en el apartado 3 se presentan los resultados obtenidos y discusión, y en la sección 4 se muestran las conclusiones del proyecto.

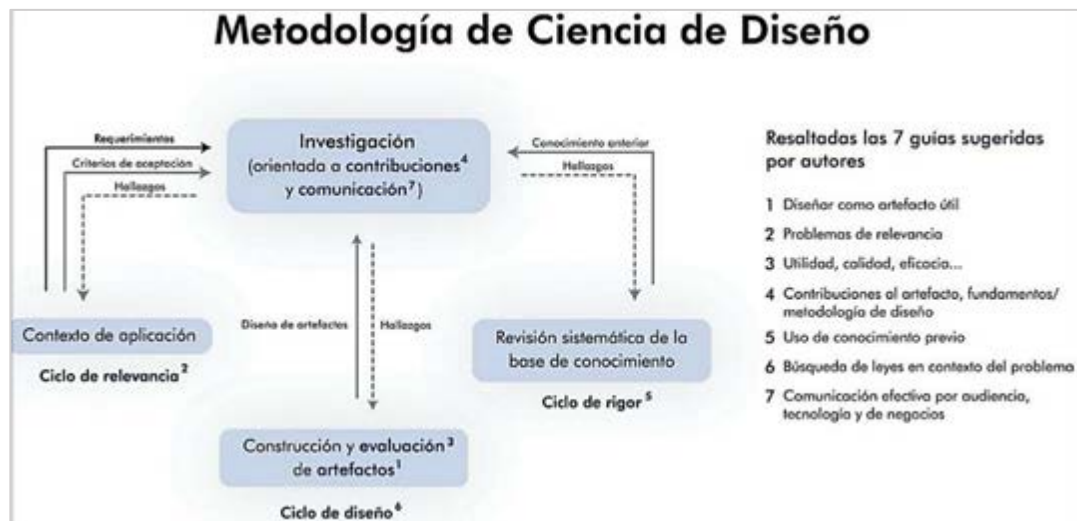
Metodología

Este proyecto se realizó en la Provincia de Orellana, cantón Francisco de Orellana. Se tomó una muestra de 20 familias cacaoteras para realizar el entrenamiento del modelo. Para implementar el modelo predictivo se utilizó la metodología Ciencia del Diseño (Horst Rittel, 1960). Esta metodología se basa en tres ciclos: relevancia, rigor y diseño. “La herramienta principal para estos ciclos es la investigación y búsqueda de información útil para la construcción de un artefacto dentro de un contexto” (Robles et al., 2019).

El ciclo de relevancia implica examinar los requisitos del mercado y el entorno en el que se utilizará el producto. El ciclo de rigor se basa en la búsqueda de información pertinente, como soluciones previas y los conocimientos técnicos necesarios. Finalmente, en el ciclo de diseño se evalúan varias respuestas al problema utilizando una variedad de herramientas para confirmar su eficacia. Estos tres ciclos se representan esquemáticamente en la Figura 1.

Figura 1

Metodología de Ciencia de Diseño aplicada al modelo predictivo



Nota: Esquema de Ciencia de Diseño tomada de (Robles et al., 2019).

Ciclo de relevancia

Definición del problema

Este estudio, se propuso abordar el problema de la moniliasis en plantas de cacao en la Provincia de Orellana. “La moniliasis es una enfermedad fúngica que ataca el cultivo de cacao, causada por el basidiomycete *Moniliophthora roreri*” (Correa et al., 2014). Esta enfermedad genera pérdidas significativas en las cosechas de cacao, y para definir claramente este problema, se realizó una revisión de la literatura para entender cómo afecta al cultivo de cacao. También se entrevistó a expertos en el campo, como agrónomos y agricultores, de esta manera se obtuvo información de primera mano sobre el impacto de la enfermedad en la región. A partir de estos datos, se definió el problema como “La necesidad de predecir la aparición de la moniliasis en plantas de cacao en la provincia de Orellana para ayudar a los agricultores a prevenir la enfermedad y reducir las pérdidas en la cosecha”.

Ciclo de rigor

Investigación preliminar

De acuerdo con sus investigaciones, Carrera et al. (2014) han demostrado que el cacao es de gran importancia económica y social en Ecuador, pues aproximadamente el 13% de la población económicamente activa agrícola de este país se relaciona de algún modo con dicho cultivo. De igual manera, Ricardez et al. (2016) mencionan que la moniliasis ocasiona daños en los frutos de cacao como deformaciones y manchas color café (“chocolate”) en cualquier etapa de desarrollo, lo que tiene un alto impacto económico que ocasiona el abandono del cultivo, o su reemplazo.

La Provincia de Orellana está situada en la parte nororiental de la región amazónica donde habitan familias indígenas cacaoteras que cultivan orgánicamente este cultivo.

El cultivo de cacao y su impacto económico y social en Ecuador, particularmente en este sector, es de gran relevancia. Sin embargo, es importante destacar que, además de estos aspectos agrícolas y sociales, se presentan las diferentes herramientas y tecnologías que se utilizarán para llevar a cabo este proyecto.

El Aprendizaje Supervisado es una técnica de aprendizaje automático que construye un modelo predictivo utilizando datos de entrenamiento a partir de datos no etiquetados, “este algoritmo busca crear un modelo que pueda realizar predicciones acerca de los valores de respuesta para un nuevo conjunto de datos” (Gramajo et al., 2020).

Python es un lenguaje de programación de alto nivel interpretado, orientado a objetos, con semántica dinámica y administración automática de memoria (Fernández et al., 2018).

Scikit-Learn es una librería de código abierto en Python que se puede utilizar para el procesamiento de datos, reducción de la dimensionalidad, clasificación, regresión, agrupamiento y selección de modelos. Los resultados de la evaluación pueden ser en forma de tiempo de ejecución, precisión, matriz de confusión, tasa de falsos positivos, tasa de falsos negativos, precisión, recordar, y otros (Susanto et al., 2020).

Mongo DB es una base de datos con un entorno de código abierto que se fundamenta en el almacenamiento masivo de datos a través de archivos distribuidos con eficiencia de acceso.

React.js es una librería JavaScript de código abierto utilizada para construir interfaces de usuario interactivas y creativas que se emplea ampliamente en el desarrollo de aplicaciones web de una sola página (Single-Page Applications) y aplicaciones móviles. Fortunato & Bernardino (2018) afirman que la PWA es una nueva tecnología que permite que una aplicación esté disponible en cualquier dispositivo con acceso a un navegador web, sin necesidad de desarrollar la aplicación de forma nativa, específicamente, para un dispositivo o sistema operativo determinado.

Docker es un proyecto de código abierto, independiente de lenguajes y bases de datos, ejecutándolos dentro de contenedores. Un contenedor es una agrupación de aplicaciones junto con sus dependencias, que comparten el kernel del sistema operativo (Oliveira et al., 2022).

Ciclo de diseño

Se definieron las siguientes variables para el entrenamiento del conjunto de datos: lluvia, temperatura, HR, punto de rocío, velocidad del viento, dirección y ráfagas, cantidad de plantas, frutos, incidencia y el porcentaje de severidad. Se realizaron pruebas para identificar valores atípicos y se evaluó el rendimiento de diferentes algoritmos para elegir el que obtenga mejor resultado de precisión.

Después de recolectar los datos de la muestra, se realizaron pruebas con diferentes algoritmos para identificar el mejor resultado. Se emplearon técnicas de análisis estadístico para evaluar la eficiencia, capacidad de almacenamiento, tiempo de respuesta y otras métricas pertinentes.

Para el modelado de datos se utilizaron las siguientes tecnologías: herramienta GitHub para el control de versiones del proyecto, lenguaje de programación Python para el backend, React.js para el frontend. Se eligió la base de datos mongodb y Docker para el despliegue de la aplicación.

Se implementaron medidas adecuadas para garantizar la privacidad y confidencialidad de los datos de acuerdo con la ley vigente, lo que implica garantizar que los datos sean almacenados y utilizados de manera segura, y que solo sean accesibles para las personas autorizadas involucradas en el proyecto.

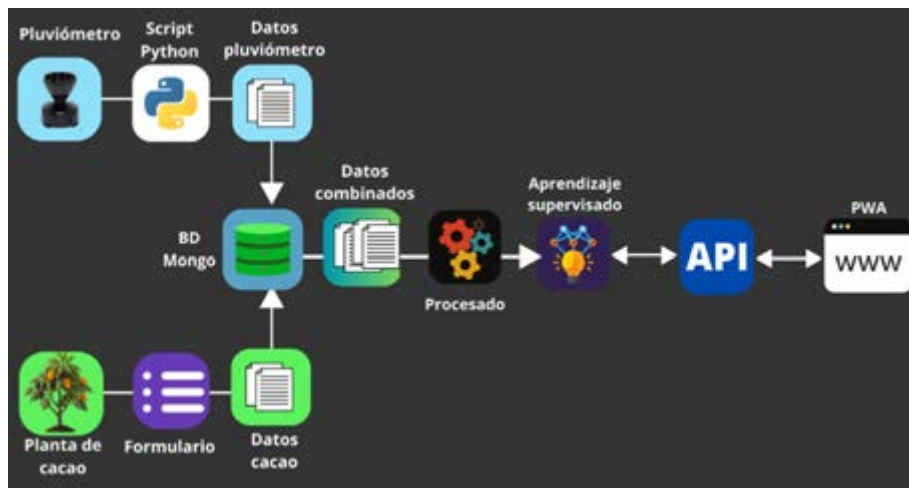
Obtener una muestra representativa de la población de plantas de cacao puede ser un desafío logístico y requerir un muestreo cuidadoso al igual que la variabilidad de las condiciones ambientales puede dificultar la creación de un modelo efectivo en diferentes escenarios y ubicaciones. Otra limitación es la evolución y cambios en la moniliasis que pueden afectar la eficacia del modelo predictivo a medida que se enfrenta a nuevas cepas o cambios en la enfermedad.

Se anticipa que los hallazgos y la estructura del estudio son presentados de manera exhaustiva y comprensible para facilitar la reproducción de la investigación por parte de otros investigadores. Es esencial proporcionar una descripción precisa de los procedimientos y enfoques utilizados, asegurándose de que se presenten sin ambigüedades. Además, es necesario definir minuciosamente las variables y medidas involucradas en el estudio, brindando detalles específicos que permitan una comprensión completa de su significado y aplicabilidad.

Diseño conceptual

Figura 2

Arquitectura del Modelo de Predicción



Implementación y evaluación

Para evaluar el rendimiento de diferentes algoritmos en la predicción de la moniliasis en plantas de cacao, se utilizó un conjunto de datos que contenía información del sensor y de la planta. El conjunto de datos incluía 10 variables características: Rain, Temperature, RH (Relative Humidity), DewPoint, WindSpeed, GustSpeed, WindDirection, planta, fruto y severidad (%), y una variable objetivo para la predicción, que fue incidencia.

Así también, con el objetivo de comparar los resultados entre los datos originales, los datos normalizados y los datos discretizados, se aplicaron las técnicas de normalización y discretización a las variables características. La normalización se utilizó para ajustar los valores de las variables dentro de un rango específico y eliminar diferencias de escala, mientras que la discretización se empleó para convertir las variables continuas en categorías o intervalos discretos.

Al obtener los conjuntos de datos normalizados y discretizados, se procedió a evaluar los diferentes algoritmos utilizando estos conjuntos junto con los datos originales. De esta manera, se pudo analizar la influencia de la normalización y la discretización en el rendimiento de los algoritmos y determinar cuál de ellos producía las mejores predicciones. Esta comparación permitió examinar la efectividad de los procesos de normalización y

discretización en la mejora de los resultados de predicción, así como comprender cómo estos procesos afectan la capacidad de los algoritmos para detectar patrones y relaciones en los datos.

Algoritmos para reducir la dimensionalidad

En la primera prueba se comparó el rendimiento de algoritmos KPC con tres kernels. Para cada algoritmo, se midió su precisión utilizando la métrica de precisión (accuracy score).

KPCA (Kernel PCA)

El método KPCA (Kernel PCA) es una extensión del PCA que permite realizar la reducción de dimensionalidad, empleando funciones de kernel no lineales. Se probaron tres kernels diferentes en KPCA:

Kernel: Linear

Se aplicó KPCA con un kernel lineal, lo que significa que se utilizó una función de kernel lineal para la reducción de dimensionalidad.

Kernel: Polynomial

En este caso, se utilizó un kernel polinomial en KPCA, lo que implica que se usó una función de kernel polinomial para la disminución de dimensionalidad.

Kernel: RBF (Radial Basis Function)

Se implementó un kernel RBF en KPCA, lo que significa que se empleó una función de kernel de base radial para la reducción de dimensionalidad.

Los resultados de las pruebas usando los datos originales, normalizar y discretizar, se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1

Rendimiento de algoritmos KPC

ALGORITMO KPCA	KERNEL	VALOR OBTENIDO
Datos originales	Linear	1.0
	Polynomial	0.9865
	RBF	0.9373
Datos normalizados	Linear	0.8611
	Polynomial	0.8194
	RBF	0.8835
Datos discretizados	Linear	0.9373
	Polynomial	0.9492
	RBF	0.7731

El análisis de los resultados indica claramente que el kernel lineal obtuvo el mejor rendimiento en comparación con los kernels polinómico y RBF. Este kernel logró un puntaje más alto en todas las métricas evaluadas: el puntaje original, el puntaje normalizado y el puntaje discretizado. Estos resultados sugieren que la proyección de los datos en un espacio de menor dimensión, utilizando el kernel lineal, conservó mejor la estructura de los datos originales en comparación con los otros kernels. Por lo tanto, si se busca obtener el mejor rendimiento posible con el algoritmo KPCA, el kernel lineal sería la elección preferida con base a estos resultados.

En cuanto a las pruebas realizadas con los algoritmos PCA e IPCA, arrojaron los siguientes resultados.

Tabla 2
Rendimiento de los algoritmos PCA e IPCA

TIPO DE DATOS	ALGORITMOS	VALOR OBTENIDO
Datos originales	PCA	1.0
	IPCA	1.0
Datos Normalizados	PCA	0.8373
	IPCA	0.8179
Datos discretizados	PCA	0.9373
	IPCA	0.9552

Los resultados de las pruebas muestran que, al trabajar con los datos originales, es decir sin normalizar y discretizar, se logró un resultado perfecto. Entonces, comparando los algoritmos PCA, IPCA y KPCA con el conjunto de datos originales, se obtuvo que los puntajes son los mismos. Los resultados se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3
Rendimiento de algoritmos PCA, IPCA y KPCA

MÉTODO	KERNEL	VALOR OBTENIDO
PCA	-	1.0
IPCA	-	1.0
KPCA	Lineal	1.0

El algoritmo de PCA demostró un rendimiento excelente al obtener un valor de 1.0 en la métrica evaluada. Esto indica que PCA fue capaz de capturar eficientemente la varianza en los datos y proporcionar una representación compacta y significativa de las características originales. Además, PCA es ampliamente utilizado y reconocido en la comunidad científica, lo que brinda confianza en su aplicabilidad y resultados.

Una de las principales razones para elegir PCA es su capacidad de interpretación y comprensión de los datos. Al extraer los componentes principales, se puede identificar las características más relevantes y entender mejor las relaciones entre las variables originales. Esta interpretación es crucial para este proyecto, ya que se busca obtener conocimientos significativos y explicables.

Otra consideración importante es que no se requiere explícitamente la capacidad de no linealidad en el análisis. Dado que el kernel lineal en KPCA obtuvo el mismo rendimiento que PCA, no hay una ventaja clara en utilizar la extensión no lineal en este caso. Al elegir PCA, este estudio se puede beneficiar de su simplicidad y eficiencia computacional en comparación con KPCA.

Algoritmos para abordar valores atípicos

Para realizar experimentos y mejorar la precisión del modelo de predicción, se implementaron tres modelos de Scikit-learn: SVR, RANSACRegressor y HuberRegressor. El objetivo de esta investigación fue abordar el desafío de los valores atípicos en el conjunto de datos. Para ello, se ejecutó cada modelo utilizando tres enfoques diferentes en los datos: los datos originales, los datos normalizados y los datos discretizados. Para cada enfoque y modelo,

se ajustó el modelo a los datos de entrenamiento y se realizó predicciones en los datos de prueba. Se calculó el Error Cuadrático Medio (MSE) para evaluar el desempeño de cada modelo y enfoque.

Tabla 4

Rendimiento de los algoritmos SVR, HUBER Y RANSAC

TIPOS DE DATOS	ALGORITMOS	MSE
Datos originales	SVR	0.0185
	HUBER	0.0477
	RANSAC	0.0526
Datos normalizados	SVR	0.0198
	HUBER	0.0395
	RANSAC	0.3417
Datos discretizados	SVR	0.0216
	HUBER	0.0399
	RANSAC	24.4857

Después de realizar estos experimentos, se evidenció que el modelo SVR con los datos originales mostró el MSE más bajo, lo que sugiere una mejor capacidad de predicción y una mayor eficacia en la detección y manejo de valores atípicos.

Técnicas de Regularización

Para abordar el problema de la multicolinealidad y la selección de características en el conjunto de datos, se manejaron técnicas de regularización aplicadas a modelos de regresión lineal, los resultados se los puede ver en la Tabla 5.

Tabla 5

Resultados aplicando técnicas de regularización

TIPO DE DATOS	ALGORITMOS	RESULTADOS
Datos originales	Lineal	0.8317
	Lasso	0.8023
	Ridge	0.8282
	ElasticNet	0.8016
Datos normalizados	Lineal	0.8317
	Lasso	0.6223
	Ridge	0.8313
	ElasticNet	-6.4228
Datos discretizados	Lineal	0.8114
	Lasso	0.7032
	Ridge D	0.8113
	ElasticNet	0.2845

Después de realizar estos experimentos, se encontró que el modelo lineal es el mejor candidato para abordar el problema de la multicolinealidad. Este modelo obtuvo puntajes altos en todas las versiones de los datos. Esto indica que este modelo tiene un buen rendimiento en diferentes contextos.

El modelo lineal demostró un buen desempeño en términos de predicción, superando a los modelos Ridge, Lasso y ElasticNet en la mayoría de las métricas evaluadas. Sus puntajes fueron consistentemente altos, lo que indica que es capaz de capturar las relaciones entre las variables y hacer predicciones precisas. Los coeficientes del modelo lineal indican la contribución relativa de cada característica para predecir la variable objetivo (Incidencia). Observando los coeficientes del modelo lineal, se notó que, en el caso de los datos originales, la característica "Rain" tiene el coeficiente más alto, lo que sugiere que puede ser la característica más importante para el modelo en cuestión. En el segundo y tercer caso de normalización y discretización, la característica "Severidad (%)" tiene el mayor peso, lo que sugiere que puede ser la más importante para esos modelos. Estos coeficientes indican que un aumento en estas características tiende a estar asociado con un aumento en la variable objetivo (Incidencia).

Basado en esto, se puede decir que la característica "Rain" tiene el mayor peso en el modelo y es el factor más importante para predecir la variable objetivo (Incidencia) según el modelo lineal.

VARIABLES QUE TIENEN MAYOR PESO O INFLUENCIA EN LA PREDICCIÓN

Tabla 6

Variable con mayor peso en Datos originales

VARIABLES QUE TIENEN MAYOR PESO EN LA PREDICCIÓN CON DATOS ORIGINALES	
ALGORITMO	COEFICIENTE
Linear	1.22095824e+00
Lasso	1.11271847e-02
Ridge	9.30460714e-01
ElasticNet	0.0109246

Linear

En el modelo de regresión lineal se encontró que la variable más influyente fue "Rain", con un coeficiente de 1.22095824e+00. Este coeficiente indicó que un aumento unitario en la cantidad de precipitación medida en un período de tiempo específico resulta en un incremento de aproximadamente 1.22 unidades en la variable objetivo.

Lasso

El modelo Lasso utiliza la técnica de regularización L1, que penaliza los coeficientes de las variables menos importantes, haciendo que algunos de ellos sean exactamente cero.

En el modelo de regularización Lasso se identificó que la variable más significativa fue "Severidad", con un valor de 1.11271847e-02. Esta variable representó la gravedad del daño causado por la moniliasis en las plantas de cacao.

Ridge

El modelo Ridge utiliza la técnica de regularización L2, que penaliza los coeficientes de las variables menos importantes, haciéndolos cercanos a cero, pero no exactamente cero.

En la técnica de regularización Ridge, nuevamente, se encontró que la variable más importante fue "Rain", al igual que en el modelo lineal con un coeficiente de 9.30460714e-01. Esto significa que la regularización ha disminuido la magnitud del impacto de "Rain" en la variable objetivo en comparación con el modelo lineal, lo que puede ayudar a evitar el sobreajuste.

ElasticNet

ElasticNet combina tanto Lasso como Ridge mediante una combinación lineal de las regularizaciones L1 y L2. En este caso, la variable "Severidad" también se identificó como la más relevante, al igual que en Lasso. El coeficiente asociado a "Severidad" en ElasticNet fue de 0.0109246, lo que indica que tiene un efecto similar al modelo Lasso, pero también se vio afectada por la regularización Ridge.

Con base en los resultados obtenidos con los datos originales, el algoritmo Linear con la variable 'Rain' (precipitación) obtuvo el mayor impacto en la predicción, ya que tuvo el coeficiente más alto de 1.22095824e+00. Esto evidenció que la cantidad de precipitación tuvo una influencia significativa en la variable incidencia.

Tabla 7

Variable con mayor peso en Datos Normalizados

VARIABLES QUE TIENEN MAYOR PESO EN LA PREDICCIÓN CON DATOS NORMALIZADOS	
ALGORITMO	COEFICIENTE
Linear	0.4140
Lasso	0.2219
Ridge	0.4137
ElasticNet	0

Linear

La variable con mayor peso fue "Severidad", que indicó el porcentaje de la moniliasis en la planta de cacao. Su coeficiente fue 0.4140.

Lasso

Al igual que en el modelo "Linear", la variable con mayor influencia fue "Severidad", pero su coeficiente fue 0.2219 siendo menor al coeficiente Linear.

Ridge

Al igual que en los modelos "Linear" y "Lasso", la variable "Severidad" también obtuvo el mayor peso. Sin embargo, su coeficiente fue 0.4137, el cual fue menor al modelo Linear y mayor a Lasso.

ElasticNet

En este caso, todas las variables obtuvieron un valor de coeficiente de 0, lo que significó que ninguna variable tuvo un impacto relevante en la predicción con la técnica de regularización "ElasticNet".

En general, para estos datos normalizados, el modelo "Linear" alcanzó la variable "Severidad" con el mayor peso, seguido por el modelo "Ridge". El modelo "Lasso" tuvo un coeficiente menor para la misma variable, mientras que "ElasticNet" no capturó ninguna influencia significativa de ninguna variable.

Tabla 8

Variable con mayor peso en Datos Discretizados

VARIABLES QUE TIENEN MAYOR PESO EN LA PREDICCIÓN CON DATOS DISCRETIZADOS	
ALGORITMO	COEFICIENTE
Linear	0.2517

VARIABLES QUE TIENEN MAYOR PESO EN LA PREDICCIÓN CON DATOS DISCRETIZADOS	
ALGORITMO	COEFICIENTE
Lasso	0.1794
Ridge	0.2517
ElasticNet	0.0529

Linear

La variable más influyente en el modelo Linear fue "Severidad" con un coeficiente de 0.2517. Esto significa que el porcentaje de moniliasis en la planta de cacao tuvo un impacto representativo en la predicción de la enfermedad.

Lasso

Al igual que en el modelo Linear, la variable más importante en el modelo Lasso también fue "Severidad" con un coeficiente ligeramente menor de 0.1794. Aunque su peso fue menor que en el modelo Linear, sigue siendo una característica crucial para la predicción.

Ridge

Una vez más, la variable "Severidad" destacó como la más influyente en el modelo Ridge con un coeficiente similar al del modelo Linear, es decir, 0.2517. Esto sugiere que la severidad de la moniliasis sigue siendo un factor clave en la detección de la enfermedad, incluso con la regularización de Ridge.

ElasticNet

En el modelo ElasticNet, la variable "Severidad" también fue la más importante, pero con el coeficiente más bajo de 0.0529 entre todos los algoritmos. Aunque su influencia fue menor en este modelo, sigue siendo un componente relevante en la predicción de la moniliasis.

La "Severidad" es un factor crítico en la detección y predicción de la moniliasis en plantas de cacao utilizando técnicas de regularización con datos discretizados, en este caso, el algoritmo Ridge y Linear tuvieron la variable y resultado con mayor peso.

Tabla 9

Comparación de variables con mayor peso

DATOS	ALGORITMO	VARIABLE	COEFICIENTE
Originales	Linear	Rain	1.22095824e+00
Normalizados	Linear	Severidad	0.4140
Discretizados	Ridge y Linear	Severidad	0.2517

En los datos originales, la variable cantidad de lluvia ("Rain") tuvo el mayor peso en el modelo Linear, pero al normalizar los datos, la variable "Severidad" se convirtió en la más influyente. En los datos discretizados, la variable "Severidad" mantuvo su importancia en los algoritmos Ridge y Linear, con un coeficiente similar en ambos casos. En conclusión, la variable con mayor peso fue "Rain" con el modelo Linear, utilizando datos originales. Esto indica que la cantidad de lluvia fue un factor significativo en la predicción de la variable objetivo.

Modelos ensamblados basados en bagging y boosting

Para elegir el modelo que permita mejorar el rendimiento y la precisión de la predicción, se realizó pruebas con modelos ensamblados basados en bagging y boosting, los

que combinaron técnicas de aprendizaje supervisado con datos sin normalizar y normalizados para determinar la diferencia. Los resultados se pueden visualizar en la Tabla 10 y Tabla 11.

Bagging

Tabla 10

Resultados de modelos ensamblados basados en bagging

TIPOS DE DATOS	MODELO	RESULTADOS
Datos originales	LogisticRegression	1.0
	SVC	0.9846
	LinearSVC	1.0
	SGD	1.0
	KNN	0.9936
	DecisionTreeClf	1.0
	RandomTreeFores	1.0
Datos normalizados	LogisticRegression	0.9820
	SVC	0.9808
	LinearSVC	0.9923
	SGD	0.9923
	KNN	0.9603
	DecisionTreeClf	1.0
	RandomTreeFores	1.0
Datos discretizados	LogisticRegression	0.9923
	SVC	0.9782
	LinearSVC	0.9923
	SGD	0.9884
	KNN	0.9641
	DecisionTreeClf	0.9872
	RandomTreeFores	0.9923

En términos generales, todos los modelos mostraron un rendimiento bastante sólido en los tres escenarios. Algunos modelos destacaron en ciertos aspectos, pero es importante considerar que la elección del mejor modelo depende de las características y requisitos específicos del problema en cuestión.

El modelo LogisticRegression obtuvo una puntuación perfecta de precisión (1.0) en el escenario de datos originales, lo que indica que pudo clasificar correctamente todas las muestras de prueba. Sin embargo, también consiguió un rendimiento muy bueno en los otros dos escenarios, con puntuaciones de precisión superiores al 0.98. Esto sugiere que LogisticRegression es un modelo sólido y confiable en general.

Otros modelos, como SVC, LinearSVC, SGD y RandomTreeForest, también obtuvieron puntuaciones muy altas en los tres escenarios, aunque ligeramente inferiores a las del modelo LogisticRegression. Estos modelos demuestran una capacidad consistente para clasificar correctamente las muestras.

El modelo KNN mostró un rendimiento ligeramente inferior en comparación con los anteriores. Aunque obtuvo puntuaciones de precisión superiores al 0.96 en los tres escenarios, es importante tener en cuenta que KNN se basa en la cercanía de los vecinos, lo que puede resultar en un rendimiento variable dependiendo de los datos y la distribución de las muestras.

Por último, los modelos DecisionTreeClf y RandomForest también mostraron un rendimiento sólido en los datos originales y normalizados, con puntuaciones de precisión perfectas (1.0). Sin embargo, el rendimiento en el escenario de datos discretizados fue ligeramente inferior, lo que indicó que estos modelos pueden no ser tan eficientes al tratar con datos discretizados.

Considerando los resultados obtenidos, el modelo LogisticRegression parece ser el más adecuado en términos de rendimiento general en los tres escenarios evaluados.

Boosting

Tabla 11

Resultados del modelo ensamblado basado en boosting

TIPO DE DATOS	PRECISIÓN	NÚMERO DE ESTIMADORES
Originales	1.0	4
Normalizados	1.0	4
Discretizados	0.9885	4

Los resultados obtenidos revelaron que, en todos los casos, el algoritmo de boosting logró una alta precisión en la clasificación. Tanto los datos originales como los datos normalizados alcanzaron una precisión perfecta del 100% con un número de estimadores igual a 4. Esto indica que el modelo fue capaz de aprender eficientemente y realizar una clasificación precisa utilizando cualquiera de los dos conjuntos de datos.

Por otro lado, los datos discretizados también ofrecieron un rendimiento muy sólido, con una precisión cercana al 98.85%. Aunque ligeramente inferior a los otros dos conjuntos de datos, sigue siendo un resultado muy satisfactorio. Estos resultados sugirieron que el algoritmo de boosting utilizado fue robusto y capaz de manejar diferentes tipos de datos. Tanto los datos originales como los datos normalizados demostraron ser igualmente efectivos, mientras que la discretización de los datos introdujo una leve disminución en el rendimiento, pero aún ofreció una precisión destacable.

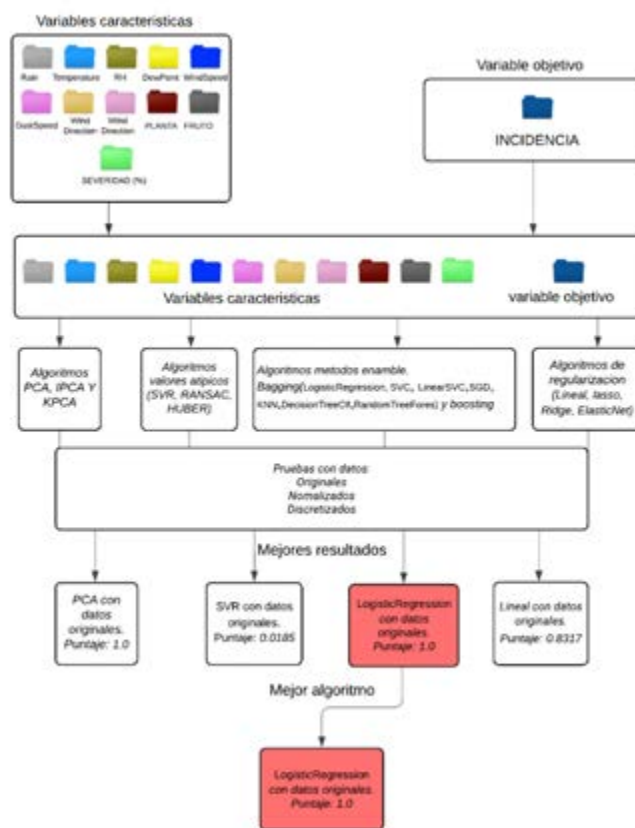
Con base en los hallazgos presentados, se puede concluir que tanto los datos originales como los datos normalizados alcanzaron un rendimiento excelente con una precisión del 100%. Dado que no hubo una diferencia significativa entre estos dos conjuntos de datos en términos de rendimiento, se puede elegir cualquiera de ellos para entrenar el modelo de boosting.

Resultados

Después de revisar los resultados y considerar los puntajes obtenidos por diferentes algoritmos, he llegado a la conclusión de que LogisticRegression es el mejor algoritmo en comparación de los demás algoritmos de aprendizaje supervisado, ya que con los datos de prueba obtuvo el mejor resultado. Este modelo ha demostrado un desempeño sobresaliente al obtener un puntaje perfecto de 1.0 en los datos originales utilizados, lo que indica que LogisticRegression ha logrado un ajuste óptimo a los datos originales y puede realizar predicciones precisas en ese conjunto de datos específico. Esto sugiere que el modelo ha capturado de manera efectiva los patrones y las relaciones presentes en los datos originales.

Figura 3

Esquema de elección del algoritmo de aprendizaje supervisado que obtuvo el mejor resultado



Validación de modelos

Se ha validado el modelo entrenado para predecir la moniliasis utilizando tres enfoques diferentes de validación cruzada: k-folds, LOOCV y Hold-Out, así también, se corroboró el modelo con un conjunto de datos diferente que no fue utilizado para entrenar el modelo y las predicciones fueron igualmente precisas. Los resultados se muestran a continuación.

K-Fold Cross-Validation

La Validación Cruzada K-Fold (K-Fold Cross-Validation) es una técnica de evaluación de modelos de aprendizaje automático ampliamente utilizada para medir la capacidad de generalización de un modelo en un conjunto de datos. Su objetivo principal es obtener una estimación más precisa del rendimiento del modelo al usar los datos de manera más eficiente.

El procedimiento de K-Fold Cross-Validation consiste en dividir el conjunto de datos en "k" partes o subconjuntos (folds), aproximadamente, iguales. Luego, el modelo se entrena y evalúa "k" veces, donde en cada iteración se utiliza una partición diferente como conjunto de prueba, y las restantes se emplean como conjunto de entrenamiento. Esto asegura que cada instancia del conjunto de datos sea utilizada tanto para entrenar como para evaluar el modelo.

En cada iteración, se registran las métricas de rendimiento, como el Error Cuadrático Medio (MSE), precisión, recall, entre otras, para evaluar el rendimiento del modelo en cada conjunto de prueba.

Por último, se calcula el promedio de las métricas de rendimiento obtenidas en las "k" iteraciones para obtener una estimación general del rendimiento del modelo.

Análisis del Resultado de K-Fold Cross-Validation

Se aplicó K-Fold Cross-Validation con "k=3" particiones para evaluar el modelo de regresión previamente entrenado. Los resultados muestran tres valores de MSE para cada iteración de K-Fold, y se obtuvo un MSE promedio de 0.0.

El MSE promedio de 0.0 indicó una coincidencia perfecta entre las predicciones del modelo y los valores reales en todos los conjuntos de prueba utilizados en la validación cruzada.

Leave-One-Out Cross-Validation

LOOCV (Leave-One-Out Cross-Validation) es una técnica de validación cruzada que se utiliza para evaluar el rendimiento de un modelo estadístico o de aprendizaje automático. Su objetivo es estimar cómo se comportará el modelo en datos no vistos y comprobar su capacidad para generalizar a nuevos datos.

El funcionamiento de LOOCV es relativamente sencillo. En primer lugar, se toma el conjunto de datos original y se divide en dos partes: un punto de datos individual (una muestra) se separa para ser utilizado como conjunto de validación, mientras que el resto de los datos forman el conjunto de entrenamiento. El modelo se entrena usando el conjunto de entrenamiento y luego se evalúa su rendimiento manejando el punto de datos de validación único que se dejó fuera previamente.

Este proceso de entrenamiento y evaluación se repite para cada punto de datos en el conjunto original, dejando uno diferente fuera en cada iteración. Por lo tanto, si el conjunto de datos original tiene N puntos, se realizarán N iteraciones en total. Al finalizar, se promedian los resultados de evaluación obtenidos en cada iteración para obtener una medida de rendimiento general del modelo.

Análisis del Resultado de Leave-One-Out Cross-Validation

Se aplicó LOOCV para evaluar el modelo de regresión previamente entrenado. Los valores de MSE resultantes fueron todos cero. Esto significa que el error cuadrático medio (MSE) obtenido, utilizando la técnica de validación cruzada LOOCV, fue cero para todos los datos de prueba, esto indicó que el modelo pudo ajustarse perfectamente a los datos de entrenamiento y pudo hacerse predicciones precisas para los datos de prueba.

Tras aplicar el método de validación Hold-Out al modelo aquí propuesto, se obtuvo un error cuadrático medio (MSE) de cero. Esto mostró que las predicciones del modelo son perfectamente precisas y no hay diferencia entre los valores reales y los valores predichos. Además, se validó con un conjunto de datos diferente que no fue empleado para entrenar el modelo y las predicciones fueron igualmente precisas. Esto sugiere que el modelo planteado ha capturado bien las relaciones subyacentes en los datos y puede generalizar bien si se aplica a nuevos datos.

Hold-Out Validation

La validación Hold-Out es una técnica de evaluación de modelos de aprendizaje supervisado que consiste en dividir el conjunto de datos en dos subconjuntos disjuntos: un conjunto de entrenamiento y un conjunto de prueba. El de entrenamiento se utiliza para entrenar el modelo, mientras que el conjunto de prueba se reserva exclusivamente para evaluar su

rendimiento de manera independiente. Es decir, el modelo no ha visto los datos del conjunto de prueba durante su proceso de entrenamiento, lo que permite obtener una estimación más objetiva de su capacidad para generalizar a datos no vistos previamente.

El funcionamiento de la validación Hold-Out consiste en dividir el conjunto de datos en dos partes mutuamente excluyentes: el conjunto de entrenamiento y el conjunto de prueba. El conjunto de entrenamiento se utiliza para entrenar el modelo, ajustando sus parámetros y aprendiendo patrones en los datos. Posteriormente, el modelo se evalúa con el conjunto de prueba, que contiene datos no vistos durante el entrenamiento, para medir su capacidad de generalización y su rendimiento en nuevas instancias. Esta técnica proporciona una estimación inicial del desempeño del modelo y permite detectar problemas como el ajuste excesivo (overfitting). Aunque la validación Hold-Out es sencilla y rápida, su representatividad puede depender del tamaño del conjunto de prueba y, por tanto, es aconsejable combinarla con otras técnicas, como la validación cruzada, para obtener una evaluación más robusta del modelo.

Análisis del Resultado de Hold-Out Validation

Tras aplicar el método de validación Hold-Out al modelo, se obtuvo un error cuadrático medio (MSE) de cero. Esto indica que las predicciones del modelo fueron precisas y no hay diferencia entre los valores reales y los predichos.

Comparativa entre métodos de validación

Según los resultados, todos los métodos de validación utilizados (k-folds, LOOCV y Hold-Out) dieron un MSE promedio de 0.0, como se ve en la Tabla 12. Esto indica que las predicciones del modelo son precisas y no hay diferencia entre los valores reales y los valores predichos en ninguno de los métodos de validación utilizados.

Tabla 12

Resultados de métodos de Validación

MÉTODO DE VALIDACIÓN	MSE PROMEDIO
k-folds	0.0
LOOCV	0.0
Hold-Out	0.0

El modelo muestra un alto nivel de precisión en la tarea de predicción, independientemente del método de validación utilizado. Esto sugiere que el modelo ha capturado bien las relaciones subyacentes en los datos y puede generalizar cuando se aplica a nuevos datos.

Optimización paramétrica

Se ha realizado una optimización paramétrica del modelo propuesto utilizando tres enfoques diferentes: manual, grilla y búsqueda aleatoria. Estos son métodos comunes para ajustar los parámetros de un modelo y mejorar su rendimiento.

Los resultados se muestran a continuación.

Optimización manual

Este enfoque implica ajustar manualmente los parámetros del modelo y evaluar su rendimiento. Este proceso se repite hasta encontrar una combinación de parámetros que proporcione el mejor rendimiento.

Tras aplicar una optimización manual de los parámetros del modelo de regresión de bosques aleatorios, se encontró que la mejor combinación de parámetros fue `n_estimators=4`, `criterion= 'squared_error'` y `max_depth=2`, como se muestra en la Tabla 13.

Tabla 13

Resultados de la optimización manual

PARÁMETRO	MEJOR VALOR
<code>n_estimators</code>	4
<code>criterion</code>	<code>squared_error</code>
<code>max_depth</code>	2

Esto significa que el mejor modelo encontrado tiene 4 árboles, emplea el error cuadrático como criterio para medir la calidad de las divisiones y tiene una profundidad máxima de 2.

Optimización por grilla

Este enfoque implica definir un conjunto de valores posibles para cada parámetro y evaluar el rendimiento del modelo para todas las combinaciones posibles de parámetros. La combinación de parámetros que proporcione el mejor rendimiento se selecciona como la mejor.

Tras aplicar una búsqueda en grilla para optimizar los parámetros del modelo de regresión de bosques aleatorios, se detectó que la mejor combinación de parámetros fue `n_estimators=4`, `criterion= 'squared_error'` y `max_depth=2` como se evidencia en la Tabla 14.

Tabla 14

Resultados de la optimización por grilla

PARÁMETRO	MEJOR VALOR
<code>n_estimators</code>	4
<code>criterion</code>	<code>squared_error</code>
<code>max_depth</code>	2

Esto significa que el mejor modelo encontrado tuvo 4 árboles, utiliza el error cuadrático como criterio para medir la calidad de las divisiones y tuvo una profundidad máxima de 2.

Optimización por Búsqueda aleatoria

Este enfoque implica muestrear aleatoriamente combinaciones de parámetros y evaluar el rendimiento del modelo para cada combinación. La combinación de parámetros que proporcione el mejor rendimiento se selecciona como la mejor.

Tras aplicar una búsqueda aleatoria para optimizar los parámetros del modelo de regresión de bosques aleatorios, encontramos que la mejor combinación de parámetros fue `n_estimators=13`, `criterion= 'absolute_error'` y `max_depth=9` como se observa en la Tabla 15.

Tabla 15

Resultados de optimización por Búsqueda aleatoria

PARÁMETRO	MEJOR VALOR
<code>n_estimators</code>	13
<code>criterion</code>	<code>absolute_error</code>
<code>max_depth</code>	9

Esto significa que el mejor modelo encontrado tuvo 13 árboles, utiliza el error absoluto como criterio para medir la calidad de las divisiones y tuvo una profundidad máxima de 9.

Comparativa entre métodos de optimización

Se ha aplicado diferentes métodos de optimización de parámetros para el modelo de regresión de bosques aleatorios propuesto y se encontró diferentes combinaciones óptimas de parámetros dependiendo del método utilizado. Después de aplicar una optimización manual y una búsqueda en grilla, la mejor combinación de parámetros encontrada fue $n_estimators=4$, $criterion= 'squared_error'$ y $max_depth=2$. Por otro lado, después de aplicar una búsqueda aleatoria, la mejor combinación de parámetros encontrada fue $n_estimators=13$, $criterion= 'absolute_error'$ y $max_depth=9$ (Tabla 16).

Tabla 16

Comparativa entre métodos de optimización

MÉTODO DE OPTIMIZACIÓN	N_ESTIMATORS	CRITERION	MAX_DEPTH
Manual	4	squared_error	2
Grilla	4	squared_error	2
Búsqueda aleatoria	13	absolute_error	9

Estos resultados muestran que diferentes métodos de optimización pueden llevar a diferentes combinaciones óptimas de parámetros para este modelo.

Implementación del modelo predictivo en la PWA

Una vez que se validó y se comprobó que el modelo predictivo da buenos resultados, se implementó el modelo en la PWA, el cual, quedó de la siguiente manera:

En la pantalla de inicio, los elementos que se encuentran son: una barra de navegación en la parte superior, en el lado izquierdo, se destaca una imagen de un árbol de cacao. Justo del lado derecho, se muestra un título grande que dice "Moniliasis" y un subtítulo que indica "Enfermedad del cacao", y más abajo, un párrafo que ofrece información importante sobre la moniliasis y su impacto en el cultivo de cacao. En la parte de abajo del contenido principal, hay dos botones, uno que ofrecen la posibilidad de acceder a ver la información sobre los datos de los sensores, y otro que dirige a la página para que el usuario pueda predecir la moniliasis en su planta de cacao.

Figura 4

Pantalla de inicio de la PWA



En la página para ver lo datos de los sensores, los datos que se muestran son extraídos de la base de datos de MongoDB mediante una API.

El contenido principal está dividido en dos columnas, en la columna izquierda, hay un recuadro rectangular que muestra la temperatura, en la columna derecha, hay varios recuadros, cada uno con un título descriptivo, un ícono correspondiente y un campo que muestra datos de la lluvia, humedad relativa, punto de rocío, velocidad y dirección del viento, así como velocidad de ráfaga. Además, se almacenan localmente los datos obtenidos para acceder a ellos cuando el dispositivo esté fuera de línea. Si el dispositivo cambia de estado de fuera de línea a en línea, se vuelven a cargar los datos desde la API.

Figura 5

Página de la PWA que muestra los datos de los sensores



En la página para predecir la moniliasis, el usuario podrá ingresar datos de una planta, como el identificador de la planta, los fruto y la severidad. El contenido se divide en dos columnas. En la columna izquierda hay un rectángulo que muestra un título "Ingrese los datos de la planta" seguido de un formulario con tres campos de entrada para los datos mencionados anteriormente. El usuario puede completar estos campos con la información deseada. Luego, hay un botón "Enviar" que, cuando se hace clic, realiza una solicitud POST al servidor para procesar los datos ingresados y mostrar la predicción echa en la columna derecha. En la columna derecha se muestra la predicción como tal.

Figura 6

Página para predecir la moniliasis



Discusión

La presente investigación se centró en el desarrollo de un modelo predictivo para detectar la moniliasis en plantas de cacao en la Provincia de Orellana. Los resultados obtenidos destacan la importancia del uso de técnicas de aprendizaje supervisado en la detección de esta enfermedad fúngica, con el objetivo de reducir las pérdidas en los cultivos de cacao.

En primer lugar, los resultados de esta investigación demuestran que el modelo desarrollado presenta una precisión significativa en la predicción de la presencia de moniliasis en las plantas de cacao. Esta capacidad predictiva resulta fundamental para los agricultores, ya que les permite tomar medidas preventivas y aplicar tratamientos específicos en etapas tempranas, contribuyendo así a reducir la propagación de la enfermedad y minimizar las pérdidas.

Asimismo, la recopilación de datos detallados sobre las características de las plantas de cacao y las condiciones ambientales, tanto a través de sensores como de registros manuales, resultó de vital importancia para entrenar el modelo presentado de manera efectiva. Estos hallazgos enfatizan la necesidad de obtener información precisa y completa, a fin de mejorar la precisión de los modelos predictivos en el ámbito agrícola.

No obstante, es importante reconocer ciertas limitaciones del estudio. Por ejemplo, la disponibilidad de datos históricos sobre la moniliasis fue limitada, lo que pudo haber afectado la capacidad del modelo para capturar toda la variabilidad de la enfermedad. Además, es importante destacar que la investigación se enfocó específicamente en la Provincia de Orellana, por lo que, los resultados podrían no ser generalizables a otras regiones con diferentes condiciones climáticas y de cultivo.

Conclusiones

Este estudio ha demostrado la eficacia de un modelo predictivo basado en aprendizaje supervisado para detectar la moniliasis en plantas de cacao en la Provincia de Orellana. Los resultados obtenidos resaltan la importancia de utilizar herramientas de análisis de datos en el campo agrícola, especialmente en la detección temprana de enfermedades que pueden afectar la producción y calidad de los cultivos.

Se identificó la importancia de recopilar datos detallados sobre las características de las plantas de cacao y las condiciones ambientales para mejorar la precisión del modelo predictivo. Esto resalta la necesidad de contar con información precisa y completa, obtenida a través de sensores y registros manuales, para desarrollar modelos más efectivos en el futuro.

Es importante tener en cuenta algunas limitaciones de este estudio. La disponibilidad de datos históricos sobre la moniliasis fue escasa, lo que podría haber afectado la capacidad del modelo para capturar toda la variabilidad de la enfermedad. Además, los resultados se limitan a la Provincia de Orellana y pueden no ser generalizables a otras regiones con diferentes condiciones climáticas y de cultivo.

Reconocimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, de igual manera a nuestros docentes, el distinguido Wilson Gustavo Chango Sailema, Ph.D. y al Ing. Pedro Stalyn Aguilar Encarnación. Gracias por su colaboración en este estudio.

Referencias

- Bernardi, L., Branco da Motta, & Bernardi Lucioana, C. (2018). Development of an app as a tool to support research and the prevention of osteoporosis. *Original Articles*. <https://doi.org/10.1590/1981-22562018021.170189>
- Boersma, S., & Iungu, Mircea. (2021). React-bratus: visualización de jerarquías de componentes de React. *IEEE*.
- Caicedo, C. (2019). *Primer Simposio Internacional Innovaciones Tecnológicas para Fortalecer la Cadena de Cacao en la*.
- Carrera, K., Mosquera, L., & Leiva, M. (2014). Protocolo para el aislamiento de *Moniliophthora roreri* (Cif y Par) Evans et al. en frutos de cacao cv. 'Nacional' de la Amazonía ecuatoriana. *Bioteología Vegetal*, 14.
- Correa, J., Castro, S., & Coy, J. (2014). Estado de la moniliasis del cacao causada por *Moniliophthora roreri* en Colombia. *Sistema de Información Científica Redalyc*.
- Fernández, T., Fernández Leonardo, Ricciardi, T., Ugarte, L., & Almeida, M. (2018). Lenguaje de programación Python para el análisis de sistemas de potencia Educación e investigación. *IEEE*.
- Fortunato, D., & Bernardino, Jorge. (2018). Aplicaciones web progresivas: una alternativa a las aplicaciones móviles nativas. *IEEE*.
- Gramajo, M. G., Ballejos, L., & Ale, M. (2020). Seizing Requirements Engineering Issues through Supervised Learning Techniques. *IEEE Latin America Transactions*, 18(7), 1164–1184. <https://doi.org/10.1109/TLA.2020.9099757>
- Jha, K., Doshi, A., Patel, P., & Shah, M. (2019). A comprehensive review on automation in agriculture using artificial intelligence. In *Artificial Intelligence in Agriculture* (Vol. 2, pp. 1–12). KeAi Communications Co. <https://doi.org/10.1016/j.aiaa.2019.05.004>
- Leandro-Muñoz, M. E., Tixier, P., Germon, A., Rakotobe, V., Phillips-Mora, W., Maximova, S., & Avelino, J. (2017). Effects of microclimatic variables on the symptoms and signs onset of *Moniliophthora roreri*, causal agent of *Moniliophthora* pod rot in cacao. *PLoS ONE*, 12(10). <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0184638>
- Oliveira, D., Barbosa, U., CRO Bergland, A., & Resende, O. (2022). G-SOJA - SITIO WEB CON PREDICCIÓN DE LA CLASIFICACIÓN DE LA SOJA UTILIZANDO MACHINE LEARNING. *IEEE*.
- Ovalle, C. (2022). Modelo predictivo basado en Machine Learning para la Cadena de Suministro y su influencia en la gestión logística de una empresa de venta de autos. *Journal of the ACM ER*.
- Ricardez, D. la C., Espinoza, L., García, O., & Pérez, P. (2016). ACTIVIDAD ANTIFÚNGICA in vitro DEL EXTRACTO ACUOSO Y ALCALOIDEO DE *Lupinus* spp. SOBRE *Moniliophthora roreri*. *Agroproductividad*.
- Robles, S., Vásquez, H., & Naranjo, L. (2019). *Vista de Adaptación de la metodología de ciencia de diseño en el desarrollo de luminarias | Tecnología Vital*. <https://revistas.ulatina.ac.cr/index.php/tecnologiavital/article/view/252/265>
- Susanto, Stiawan, D., Arifin, M. A. S., Idris, M. Y., & Budiarto, R. (2020). Iot botnet malware classification using weka tool and scikit-learn machine learning. *International Conference on Electrical Engineering, Computer Science and Informatics (EECSI), 2020-October*, 15–20. <https://doi.org/10.23919/EECSI50503.2020.9251304>
- Susilo, A., Karna, N., & Mayasari, R. (2021). Decision Tree-Based Bok Choy Growth Prediction Model for Smart Farm. *2021 4th International Conference on Information and Communications Technology (ICOIACT)*, 169–174. <https://doi.org/10.1109/ICOIACT53268.2021.9563914>

Comparación del rendimiento en la transferencia de tráfico en servidores HTTP/2 y QUIC

Comparison of traffic transfer performance on HTTP/2 and QUIC servers

Jairo Valle¹ <https://orcid.org/0009-0003-6808-0131>, Rommel Torres¹ <https://orcid.org/0000-0003-2313-0118>,
Liliana Enciso¹ <https://orcid.org/0000-0002-2918-9033>, Patricia Ludeña¹ <https://orcid.org/0000-0002-8909-4837>

¹Universidad Técnica Particular de Loja, Loja, Ecuador
jvalle1@utpl.edu.ec, rovitor@utpl.edu.ec,
lenciso@utpl.edu.ec, pjludena@utpl.edu.ec



Esta obra está bajo una licencia internacional
Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0.

Enviado: 2023/07/16

Aceptado: 2023/09/19

Publicado: 2023/12/30

Resumen

Desde el surgimiento de la World Wide Web en los 90's, el protocolo HTTP (Hypertext Transfer Protocol) ha permitido el intercambio de datos entre cliente y servidor, ante el constante incremento de las comunicaciones de red donde la transferencia de datos es cada vez más rápida, segura y fiable; este protocolo ha ido evolucionando en diferentes versiones hasta implementar al día de hoy la versión denominada QUIC (Quick UDP Internet Connections).

En el presente trabajo se evaluó mediante el uso de los servidores web dedicados OpenLiteSpeed y Nginx, así como el servidor comercial Hostinger, el rendimiento en la transferencia de tráfico normal y multimedia mediante el protocolo HTTP en sus versiones HTTP/2 y QUIC.

Para esto se configuró un entorno web que permitiera establecer la comunicación y transferencia de archivos bajo la arquitectura cliente-servidor. En los servidores utilizados, se implementó una página web desarrollada en WordPress que posee la capacidad de cargar archivos de diversos formatos hacia el servidor.

Finalmente se establecieron 4 escenarios de pruebas para comparar de forma práctica el proceso de comunicación y transferencia entre cliente y servidor, apoyados de la herramienta Wireshark, la cual nos permitió monitorear y gestionar el tráfico de red.

Palabras clave: protocolo, transferencia, versiones, escenarios, tráfico, monitorear.

Sumario: Introducción, Materiales y Métodos, Resultados y Discusión y Conclusiones.

Como citar: Valle, J., Torres, R., Enciso, L. & Ludeña, P. (2023). Comparación del rendimiento en la transferencia de tráfico en servidores HTTP/2 y QUIC. *Revista Tecnológica - Espol*, 35(3), 68-82. <http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/1063>

Abstract

Since the emergence of the World Wide Web in the 90s, The HTTP (Hypertext Transfer Protocol) has enabled data exchange between customers and servers. Considering the constant increase in network communications where data transfer is becoming faster, safer, and more reliable, this protocol has evolved through different versions, culminating in the current implementation known as QUIC (Quick UDP Internet Connections).

In this study, we evaluated through the use of the dedicated web servers Open LiteSpeed and Nginx, as well as the commercial server Hostinger, the performance in normal traffic transfer and multimedia through the HTTP protocol in its versions: HTTP/2 and QUIC.

This was achieved by configuring a web environment to establish communication and file transfer under the customer-server architecture. On the employed servers, a web page developed in WordPress was deployed, which possessed the capability to upload files of various formats to the server.

Finally, four test scenarios were established to compare, in a practical way, the communication and transfer process between the customer and server. The monitoring and management of network traffic were facilitated by the Wireshark tool.

Keywords: protocol, transfer, versions, scenarios, traffic, monitor.

Introducción

El protocolo HTTP (Hypertext Transfer Protocol) se usa en los navegadores y servidores desde 1991 y ha sido uno de los protocolos de comunicación más utilizados en Internet (Kyaw, 2019). El protocolo HTTP utiliza un esquema de transacciones basado en solicitud/respuesta (Murthy et al., 2023). La conexión se establece cuando un cliente envía una petición mediante un mensaje hacia el servidor y este responde con un mensaje de igual característica, detallando la operación y su resultado. Todas las operaciones pueden adjuntar un objeto o recurso sobre el que actúan, cada objeto web es conocido por su URL (Henríquez, 2017). Desde su implementación la mayoría del tráfico que circula en Internet es enviado mediante el uso de este protocolo, además, en los últimos años ha aumentado el número de aplicaciones web que lo utilizan en diferentes recursos como son imágenes, CSS, JavaScript, etc., así como el aumento considerable de conexiones seguras dentro de la red (Vega, 2014).

El protocolo HTTP es considerado el protocolo más utilizado a nivel de la capa de aplicación, siendo el protocolo fundamental para el acceso de los datos en Internet (Oliveira, 2020).

Desde la aparición de la World Wide Web, desde 1991, el protocolo HTTP en su primera versión denominada HTTP/0.9 permitía el intercambio de datos por la web sin procesar su información, con la aparición de HTTP/1.0 en 1996 (Tomás, 2021) se mejoró el protocolo incorporando metainformación sobre los datos y una semántica de solicitud-respuesta, sin embargo, esta versión no toma en cuenta el diferenciar una jerarquía de proxys, almacenamiento de caché o conexiones persistentes (Fielding et al., 1999), es por ello que surge en 1997 HTTP/1.1 el cual se mantiene hasta 2015 donde surge HTTP/2 (Tomás, 2021) como solución a la petición múltiple de conexiones al servidor que la versión HTTP/1.0 solicitaba para la comunicación con el cliente para reducir la latencia, es por ello, que HTTP/2 adiciona el protocolo de seguridad TLS (Transport Layer Security). Google Chrome es uno de los navegadores más utilizados por los usuarios en Internet, en 2022 se calculó que este navegador es utilizado por los usuarios de Internet en un 68.56% (NetApplications.com, 2017), por lo que se puede destacar el liderazgo de la empresa Google en el servicio de navegadores web y por ende una incidencia significativa del protocolo QUIC entre sus clientes y servidores (Espinosa, 2019).

TLS se define como un protocolo orientado a la seguridad en la capa de transporte de manera criptográfica, proporciona encriptación y autenticación de todas las partes en la comunicación de la red. Publicado en 1999 por la RFC2246 (Rueda, 2019), se constituye en el sucesor del protocolo SSL (Secure Sockets Layer) y hasta la actualidad se ha publicado 4 versiones de este, siendo la versión TLS 1.3 publicado en 2018 su último borrador con el que se cuenta (Priego, 2018). Publicado en agosto de 2018 en la RFC8446, TLS 1.3 proporcionó una serie de actualizaciones de parámetros de seguridad y mejorar el rendimiento en la comunicación (Romero, 2020), tiene como objetivo principal el ofrecer una canal fiable y seguro para la comunicación entre pares de la red bajo un canal seguro y ordenado, para tal efecto debe poseer características de seguridad como criptografía asimétrica en la autenticación, confidencialidad de la información dado que sólo los puntos finales de la comunicación tienen capacidad de visualizar el contenido e integridad de los datos de forma que no pueden ser modificados (Rescorla, 2018).

QUIC (Quick UDP Internet Connections) es un protocolo que nace de la necesidad de reducir la latencia que genera TCP al momento de establecer conexión (Albasrawi, 2020), además de implementar nuevas características y mejoras en cuanto a la seguridad en la transmisión (Fernández et al., 2021).

QUIC es un protocolo situado en la capa de transporte que funciona bajo el User Datagram Protocol (UDP), y desarrollado por Google desde 2012, actualmente se encuentra en discusión por el equipo de desarrollo de Google y el Internet Engineering Task Force (IETF) por lo que se cuenta con 2 variaciones del mismo, QUIC de Google (GQUIC) y IETF QUIC (IQUIC) (Thomas et al., 2019).

Las principales diferencias entre QUIC y TCP se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1
Comparación entre QUIC Y TCP

CRITERIO	TCP	QUIC
Conexión	Para establecer conexión TCP utiliza un protocolo de enlace de 3 vías.	Para la conexión QUIC utiliza un paquete de inicio.
Seguridad	Utiliza TLS que consiste en cifrado de datos.	Utiliza encriptado y autenticación de extremo a extremo.
Paquetes	TCP se encarga de enviar y recibir paquetes del servidor.	QUIC sólo envía paquetes al servidor lo que mejora la latencia.

Para establecer la conexión en QUIC el cliente primeramente usa un mensaje de un paquete para obtener información del servidor denominado como Handshake inicial y así completar el protocolo de enlace. El cliente envía un mensaje Inchoate CHLO al servidor, este es un Client Hello incompleto y el servidor le responde con un mensaje Reject, el cual contiene el token de dirección de origen, una firma digital, una clave privada y los certificados del servidor que van a ayudar al cliente a continuar con la comunicación con el cliente (Espinosa, 2019).

Existen diversos trabajos orientados a la comparación de las diferentes versiones del protocolo HTTP y QUIC entre los que podemos destacar: “Análisis de velocidad de acceso a sitios web comparando protocolo TCP tradicional con SSL vs protocolo QUIC” (Iglesias & Guaman, 2021), en dónde se mide los tiempos de carga a sitios en la web de manera especial los ofrecidos por Google que soportan tanto el protocolo QUIC y TCP; así mismo en

“Evaluación del uso del protocolo QUIC en Internet” (Espinosa, 2019), se hace uso de los servidores Apache y Cloudflare para la navegación en sitios web que permiten QUIC de la versión IETF. Luego del análisis realizado a diferentes trabajos en los que se utiliza las versiones HTTP y QUIC, se puede destacar que el presente trabajo se orienta a establecer diferentes escenarios de pruebas rigurosos hacia los servidores propuestos, con el fin de generar pruebas más exhaustivas y equitativas de condiciones, mediante la carga de archivos en diferentes formatos (TXT, JPG y MP4) y así poder establecer comparaciones a nivel de protocolos, servidores, limitaciones de red y formatos utilizados.

El objetivo de la presente investigación se centra en analizar el rendimiento en la transferencia de tráfico normal y multimedia mediante la implementación de servidores que trabajen con los protocolos HTTP y QUIC con el fin de establecer sus diferencias y particularidades mediante el establecimiento de diversos escenarios de prueba.

El presente trabajo está organizado de la siguiente manera:

En la sección de Materiales y Métodos se establece la arquitectura a utilizar, así como las herramientas de software y los servidores seleccionados, así como también los sitios web utilizados en cada servidor con sus respectivos dominios; luego se procede a establecer diferentes escenarios de pruebas con sus características principales.

La sección de Resultados y Discusión se evidencia los resultados obtenidos en el desarrollo de cada escenario de prueba propuesto, y se genera el detalle y análisis en la comparación de características relevantes encontradas en cada uno de ellos, así como la inclusión de gráficas estadísticas que aportan a la discusión y comparación de forma gráfica.

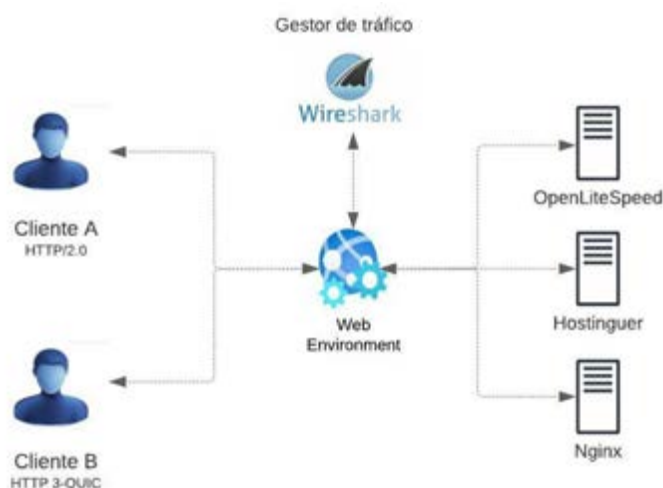
Finalmente, en la sección de conclusiones se genera a partir del estudio y discusión de los resultados obtenidos, las principales características encontradas en la comparación de los protocolos HTTP y QUIC.

Materiales y Métodos

Una vez analizados los fundamentos y características más relevantes de las versiones a través del tiempo sobre el protocolo HTTP, se procede a la planeación para configurar un entorno web que permita establecer 4 escenarios de prueba sobre 3 servidores web.

Figura 1

Arquitectura del entorno web



En la Figura 1, se muestra el entorno web establecido con la presencia de 2 host o clientes con capacidades de comunicación mediante protocolo HTTP/2 y QUIC, así mismo se establece un total de 3 servidores web; 2 servidores web dedicados (OpenLiteSpeed y Nginx) y 1 servidor comercial (Hostinger).

Finalmente, la presencia de un gestor de tráfico (Wireshark) que se trata de una herramienta de captura de paquetes del tráfico de red, con la finalidad de realizar un análisis y medición del uso de los diferentes protocolos en la transferencia de archivos multimedia y de texto.

Componentes de software

Los componentes de software a utilizar para la realización del entorno web y comunicación cliente – servidor se describen a continuación en la Tabla 2, donde se identifica la herramienta a utilizar y una breve descripción de la misma.

Tabla 2

Componentes a utilizar para la generación del entorno web

Componente	Descripción
Digital Ocean	Servicio de alojamiento cloud privado, dónde se permite la creación de droplets, el cual permite configurar un servidor remoto en un sistema operativo específico (Morocho Troya, 2022).
Droplet	Consiste en una máquina virtual que opera como un servidor virtual privado (VPS) y con capacidad de ser multipropósito (Rodríguez, 2020).
Namecheap	Servicio de selección y registro de dominios web a bajos costos, es el segundo registrador de dominios más usado en el mundo, los usuarios pueden adquirir y vender sus dominios, así como posee una gran facilidad en las configuraciones DNS (<i>Domain Name System</i>) del dominio (Ke et al., 2023).
Wordpress	Es un sistema de gestión de contenidos (CMS) enfocado en la creación y gestión de aplicaciones y páginas web dinámicas (Calle-González, 2020).
Wireshark	Herramienta sniffer o analizador de red de código abierto, el cual nos permite capturar los paquetes de datos del tráfico que se genera en una red para su análisis, posee una interfaz gráfica, generación de reportes y aplicación de filtros que nos permite identificar protocolos, puertos, direcciones ip y más (Bock, 2022) .
Power Bi	Es una herramienta de análisis de datos con la capacidad de filtrar y generar reportes gráficos interactivos a través de los datos obtenidos (Bermeo-Pérez & Campoverde-Molina, 2020).

Servidores

Para el desarrollo del entorno web que permite la carga de archivos, monitoreo de la transferencia cliente – servidor y posteriormente la comparación de resultados, se opta por el uso y configuración de dos servidores dedicados y uno comercial, los cuales tienen la capacidad de comunicación y transferencia mediante protocolo HTTP/2 y QUIC.

Servidor OpenLiteSpeed

Este servidor web es la versión gratuita de LiteSpeed Technologies, entre sus

principales características se puede destacar su notable velocidad en comparación al servidor web Apache, así como su alto rendimiento, estabilidad y eficiencia (Sandra, 2022). Para el desarrollo de este trabajo, se configura OpenLiteSpeed en el sistema operativo Ubuntu 22.04 mediante un ambiente cloud con Digital Ocean, como punto de partida se debe generar un nuevo droplet en la plataforma bajo la virtualización del sistema operativo Ubuntu 22.04, una vez instalado el droplet obtendremos una IP pública la cuál podremos configurar en el DNS del dominio que previamente hemos obtenido en Namecheap. En este servidor el dominio a configurar será: www.pruebaquic.online.

Servidor Hostinger

Hostinger es un proveedor de alojamiento y dominios web privado, entre sus características podemos destacar que es una plataforma ágil y fácil de configurar en la creación de un nuevo dominio y página web, por lo cual se obtiene un plan de hosting y se configura el dominio www.pruebaquic2.online, luego de esto se crea un sitio web mediante la gestión de contenidos en Wordpress.

Servidor Nginx

El servidor Nginx sale a la luz en 2004 y su creador es Igor Sysoev, utilizado por grandes sitios web como WordPress, Hulu y MochiMedia, se caracteriza por su estabilidad, seguridad y su fácil configuración demostrando una gran eficiencia (Reese, 2008). Para el presente trabajo, este servidor se configura mediante la virtualización de un servidor LEMP (Linux, Nginx, MySQL, PHP) en la plataforma de Digital Ocean, una vez instalado el droplet obtendremos una Ip pública la cuál podremos configurar en el DNS del dominio www.pruebaquic1.online mediante Namecheap, se puede verificar que el servidor se ha instalado correctamente si al ingresar al dominio se presenta el mensaje de bienvenida.

Interfaz de usuario

Una vez realizada la configuración de cada uno de los servidores a utilizar, se realiza la instalación y configuración de WordPress, así como el diseño de una página sencilla que posee un formulario para la carga de los archivos. Esta página se replica en los 3 servidores para así poseer características similares en cada uno de los escenarios de prueba.

La interfaz de nuestra página realizada en WordPress posee un formulario de rápido acceso para realizar la operación de selección y carga de un archivo, proceso por el cual se da la capacidad al cliente de poder elegir un archivo almacenado en su equipo y hacer la carga de este hacia el servidor previamente configurado.

Como se ha mencionado, esta interfaz se encuentra disponible en los 3 servidores configurados mediante los siguientes dominios públicos detallados en la Tabla 3.

Tabla 3

Ip pública y dominio utilizado en cada servidor

SERVIDOR	IP PÚBLICA	DOMINIO
OpenLiteSpeed	159.223.128.63	pruebaquic.online
Hostinger	89.117.139.207	pruebaquic2.online
Nginx	142.93.253.6	pruebaquic1.online

Escenarios de prueba

Una vez establecido el entorno web se plantean los escenarios de prueba para evaluar la transferencia de tráfico normal y multimedia mediante los protocolos HTTP/2 y QUIC. Por tanto, se describen a continuación los escenarios a realizar.

Escenario 1

En este escenario se limita el ancho de banda de la red en 500Kbps, y se realiza en los servidores OpenLiteSpeed, Hostinger y Nginx la carga de los archivos que se detallan en la Tabla 4, primero mediante el protocolo HTTP/2 y luego mediante QUIC.

Tabla 4

Archivos a utilizar en Escenario 1

TIPO DE ARCHIVO	TAMAÑO (Kb)
JPG	3030322
MP4	3040771
TXT	3031970

Escenario 2

En este escenario se limita el ancho de banda de la red en 1000 Kbps, así como la generación de latencia en la transferencia configurado en 10ms, se realiza en los servidores OpenLiteSpeed, Hostinger y Nginx la carga de los archivos que se detallan en la Tabla 5, primero mediante el protocolo HTTP/2 y luego mediante QUIC.

Tabla 5

Archivos a utilizar en Escenario 2

TIPO DE ARCHIVO	TAMAÑO (Kb)
JPG	5025883
MP4	5038033
TXT	5030716

Escenario 3

En este escenario se limita el ancho de banda de la red en 4000 Kbps, así como la generación de latencia en la transferencia configurado en 15ms y por último la pérdida de paquetes en un 4%, se realiza esta prueba en los servidores OpenLiteSpeed y Hostinger la carga de los archivos que se detallan en la Tabla 6, primero mediante el protocolo HTTP/2 y luego mediante QUIC.

Tabla 6

Archivos a utilizar en Escenario 3

TIPO DE ARCHIVO	TAMAÑO (Kb)
JPG	8028577
MP4	8042005
TXT	8025669

Resultados y Discusión

En este apartado se muestran los resultados obtenidos a partir de los escenarios de prueba descritos anteriormente.

Resultado Escenario 1

En el escenario 1 con los parámetros establecidos en la sección anterior, mediante la Tabla 7 se especifica el servidor utilizado, así como el ancho de banda correspondiente a este escenario definido en 500Kbps, bajo que protocolo se realiza la prueba, el tipo de archivo y el resultado de las métricas de evaluación obtenidas desde la herramienta Wireshark en cada sesión de prueba.

Tabla 7

Resultados obtenidos Escenario 1

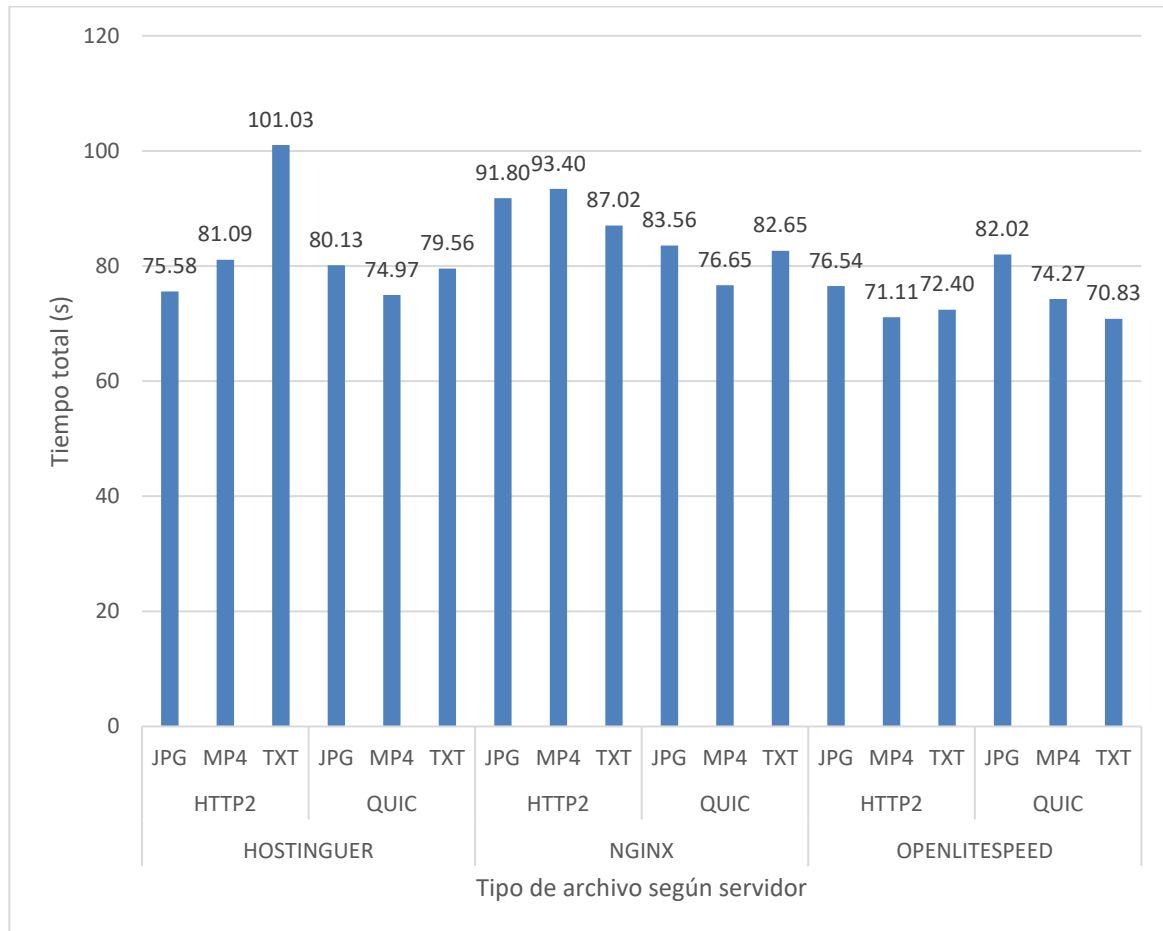
SERVIDOR	ANCHO DE BANDA (kbps)	PROTOCOLO	ARCHIVO	TAMAÑO (Mb)	RTT (ms)	PAQUETES CAPTURADOS	TIEMPO (s)	PESO (Kb)
OPEN LITE SPEED	500	QUIC	JPG	3	0.0055	5385	82.01	4833
OPEN LITE SPEED	500	QUIC	MP4	3	0.0054	5510	74.27	4988
OPEN LITE SPEED	500	QUIC	TXT	3	0.0041	5177	70.82	4640
HOSTINGUER	500	QUIC	JPG	3	0.0005	5494	80.12	4873
HOSTINGUER	500	QUIC	MP4	3	0.0097	5716	74.97	5121
HOSTINGUER	500	QUIC	TXT	3	0.0006	5458	79.55	4793
NGINX	500	QUIC	JPG	3	0.0042	6152	83.56	4901
NGINX	500	QUIC	MP4	3	0.0025	6586	76.65	5255
NGINX	500	QUIC	TXT	3	0.0036	6103	82.65	4896
OPEN LITE SPEED	500	HTTP2	JPG	3	0.06	4580	76.53	4324
OPEN LITE SPEED	500	HTTP2	MP4	3	0.08	4848	71.10	4331
OPEN LITE SPEED	500	HTTP2	TXT	3	0.0793	4941	72.40	4444
HOSTINGUER	500	HTTP2	JPG	3	0.1066	5188	75.58	4428
HOSTINGUER	500	HTTP2	MP4	3	0.1151	4961	81.08	4317
HOSTINGUER	500	HTTP2	TXT	3	0.1129	6677	101.02	6018
NGINX	500	HTTP2	JPG	3	0.0873	6808	91.80	5672
NGINX	500	HTTP2	MP4	3	0.0849	6941	93.40	5731
NGINX	500	HTTP2	TXT	3	0.0798	6266	87.02	5107

En la Figura 2 se aprecia una comparación del tiempo total de carga entre los protocolos HTTP/2 y QUIC, se puede concluir que, en un ancho de banda de 500 Kbps, los servidores Hostinguer y Nginx bajo el protocolo QUIC obtuvo menor tiempo de carga en comparación a HTTP/2, en cambio en el servidor OpenLiteSpeed la diferencia entre los dos protocolos es mínima provocando que HTTP/2 obtenga un menor tiempo de carga de 7 segundos menos que QUIC. Lo que nos indica que el protocolo QUIC obtiene menor tiempo de carga en 2 de los 3

servidores puestos a prueba.

Figura 2

Tiempo total de carga según protocolos HTTP/2 y QUIC en Escenario 1



Resultado Escenario 2

Los resultados obtenidos en el escenario 2 se detallan en la Tabla 8, dónde se especifica el servidor utilizado, así como el ancho de banda correspondiente a este escenario definido en 1 Mbps, bajo que protocolo se realiza la prueba, el tipo de archivo y el resultado de las métricas de evaluación obtenidas desde la herramienta Wireshark en cada sesión de prueba.

Tabla 8

Resultados obtenidos Escenario 2

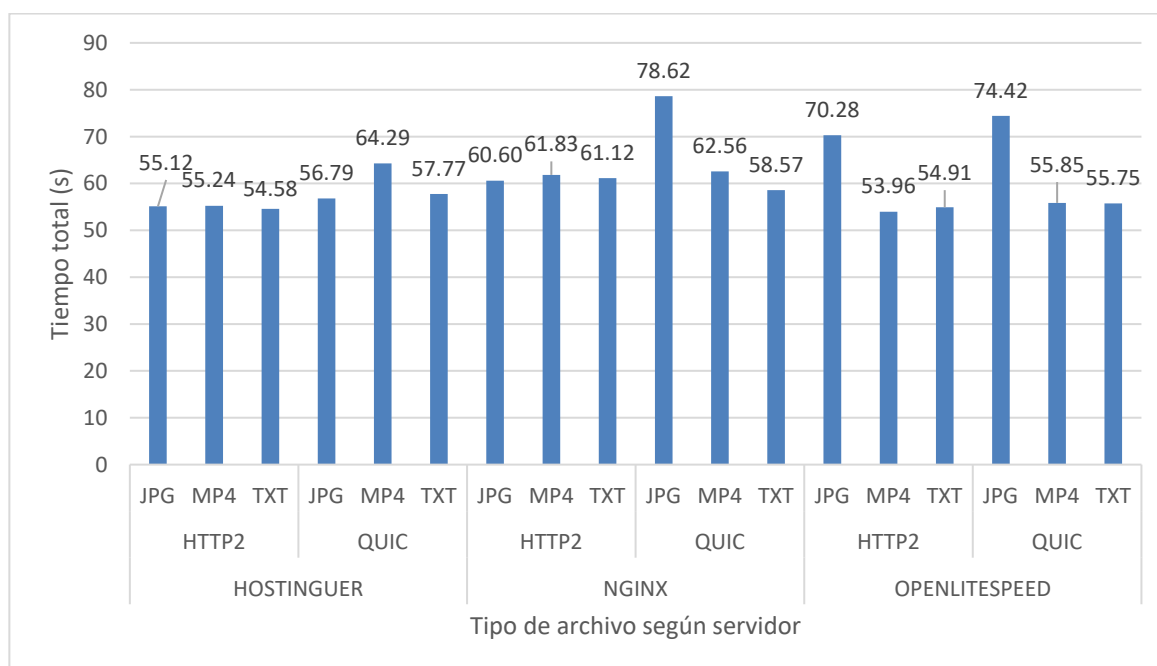
SERVIDOR	ANCHO DE BANDA (Mbps)	PROTOCOLO	ARCHIVO	TAMAÑO (Mb)	RTT (ms)	PAQUETES CAPTURADOS	TIEMPO (s)	PESO (kb)
OPEN LITE SPEED	1	QUIC	JPG	5	0.0134	7656	74.41	6981
OPEN LITE SPEED	1	QUIC	MP4	5	0.0001	7770	55.85	7083
OPEN LITE SPEED	1	QUIC	TXT	5	0.0003	8063	55.74	7394
HOSTINGUER	1	QUIC	JPG	5	0.0001	7662	56.78	6938
HOSTINGUER	1	QUIC	MP4	5	0.0055	7777	64.28	7059

SERVIDOR	ANCHO DE BANDA (Mbps)	PROTOCOLO	ARCHIVO	TAMAÑO (Mb)	RTT (ms)	PAQUETES CAPTURADOS	TIEMPO (s)	PESO (kb)
HOSTINGUER	1	QUIC	TXT	5	0.0021	7876	57.77	7154
NGINX	1	QUIC	JPG	5	0.0145	7675	78.62	6992
NGINX	1	QUIC	MP4	5	0.0042	7798	62.56	7156
NGINX	1	QUIC	TXT	5	0.0005	7956	58.56	7056
OPEN LITE SPEED	1	HTTP2	JPG	5	0.0916	6835	70.27	6286
OPEN LITE SPEED	1	HTTP2	MP4	5	0.0903	6998	53.95	6444
OPEN LITE SPEED	1	HTTP2	TXT	5	0.0948	6947	54.90	6467
HOSTINGUER	1	HTTP2	JPG	5	0.1083	7327	55.12	6758
HOSTINGUER	1	HTTP2	MP4	5	0.1074	7020	55.24	6491
HOSTINGUER	1	HTTP2	TXT	5	0.1028	7860	54.57	6927
NGINX	1	HTTP2	JPG	5	0.0828	8215	60.60	7228
NGINX	1	HTTP2	MP4	5	0.0957	8053	61.82	7189
NGINX	1	HTTP2	TXT	5	0.0365	7841	61.12	7246

En la Figura 3, se muestra una comparación de tiempo y paquetes capturados según el formato de archivo en cada uno de los servidores puestos a prueba, en donde podemos destacar que en el servidor OpenLiteSpeed, el número de paquetes capturados bajo el protocolo HTTP/2 es significativamente más bajo que QUIC y la transferencia se realiza en menor tiempo, es así que podemos considerar que en este servidor tanto HTTP/2 como QUIC la transferencia del archivo de formato JPG es quien más tardó a diferencia de los demás archivos.

Figura 3

Tiempo total de transferencia según formato de archivo en Escenario 2



En el servidor Hostinger sucede lo mismo, el número de paquetes capturados es más bajo en el protocolo HTTP/2 que en el protocolo QUIC. En el servidor Nginx el tiempo de transferencia es menor en HTTP/2 que en el protocolo QUIC, pero el número de paquetes es mayor en el protocolo HTTP/2 que en el protocolo QUIC; lo que nos indica que el protocolo HTTP/2 obtiene mejores resultados en un ambiente donde el ancho de banda es de 1 Mbps, con una latencia de 10 m.s y con archivos de tamaño de 5Mb.

Resultado Escenario 3

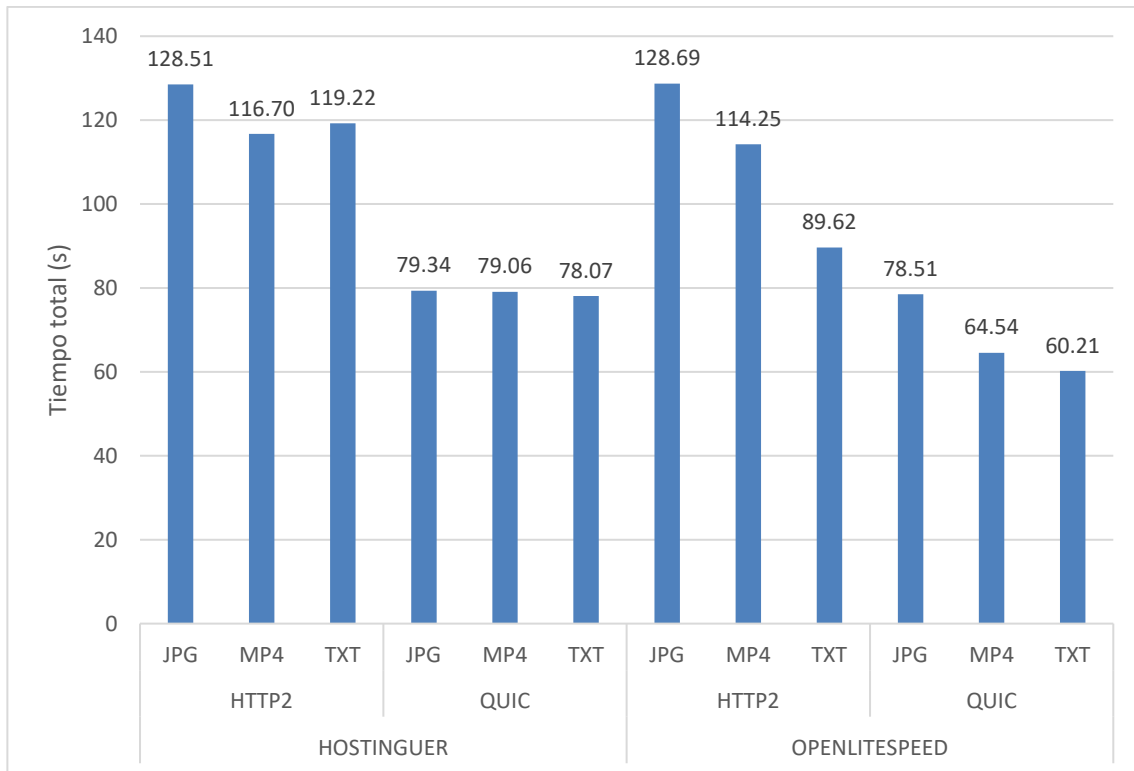
Los resultados obtenidos en el escenario 3 se detallan en la Tabla 9, donde se especifica el servidor utilizado, así como el ancho de banda correspondiente a este escenario definido en 4 Mbps, bajo que protocolo se realizó la prueba, el tipo de archivo y el resultado de las métricas de evaluación obtenidas desde la herramienta Wireshark en cada sesión de prueba.

Tabla 9

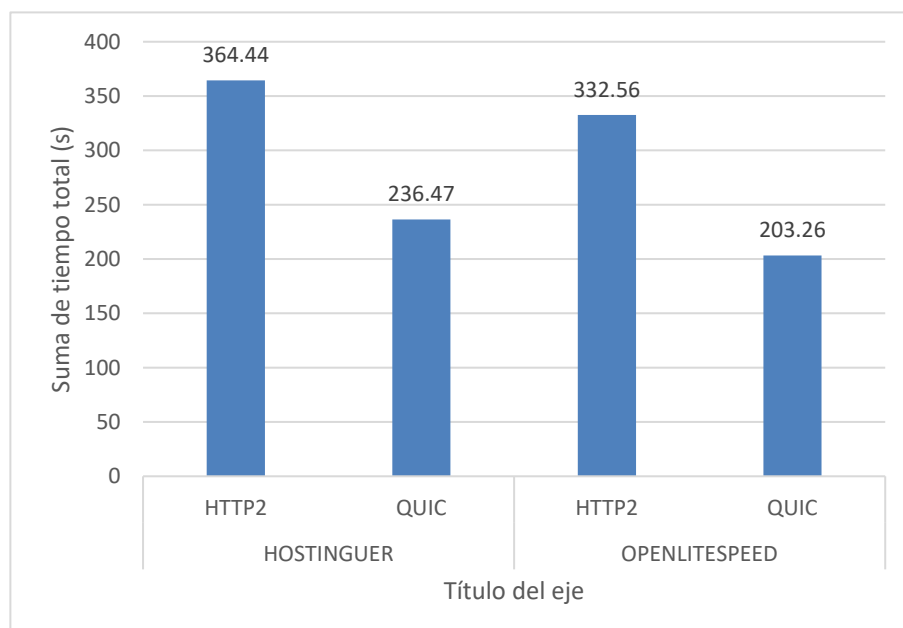
Resultados obtenidos Escenario 3

SERVIDOR	ANCHO DE BANDA (Mbps)	PROTOCOLO	ARCHIVO	TAMAÑO (Mb)	RTT (ms)	PAQUETES CAPTURADOS	TIEMPO (s)	PESO (kb)
OPEN LITE SPEED	4	QUIC	JPG	5	0	10449	78.50	9273
OPEN LITE SPEED	4	QUIC	MP4	5	0	10397	64.54	9278
OPEN LITE SPEED	4	QUIC	TXT	5	0	10339	60.21	9253
HOSTINGUER	4	QUIC	JPG	5	0.0039	10638	79.34	9299
HOSTINGUER	4	QUIC	MP4	5	0	10675	79.05	9311
HOSTINGUER	4	QUIC	TXT	5	0	10688	78.06	9338
OPEN LITE SPEED	4	HTTP2	JPG	5	0.0016	9361	128.69	9130
OPEN LITE SPEED	4	HTTP2	MP4	5	0.0012	9409	114.25	9154
OPEN LITE SPEED	4	HTTP2	TXT	5	0.0016	9254	89.62	9129
HOSTINGUER	4	HTTP2	JPG	5	0.0045	9162	128.50	9140
HOSTINGUER	4	HTTP2	MP4	5	0.0665	10990	212.85	10
HOSTINGUER	4	HTTP2	TXT	5	0.0881	10958	228.78	10

En este escenario cabe destacar que se realizó una serie de pruebas de carga a los servidores mediante el protocolo HTTP/2 con diferentes porcentajes en la pérdida de paquetes, al ser un escenario crítico con la presencia de latencia, pérdida de paquetes y con un ancho de banda limitado a 4Mbps se pudo evidenciar que no se completaba el proceso de transferencia con configuraciones superiores al 4% de pérdida de paquetes. Es por esto que se realizó las pruebas con los 2 servidores que presentan mejores resultados en los escenarios anteriores que son OpenLiteSpeed y Hostinger.

Figura 4*Tiempo total de transferencia según formato de archivo en Escenario 3*

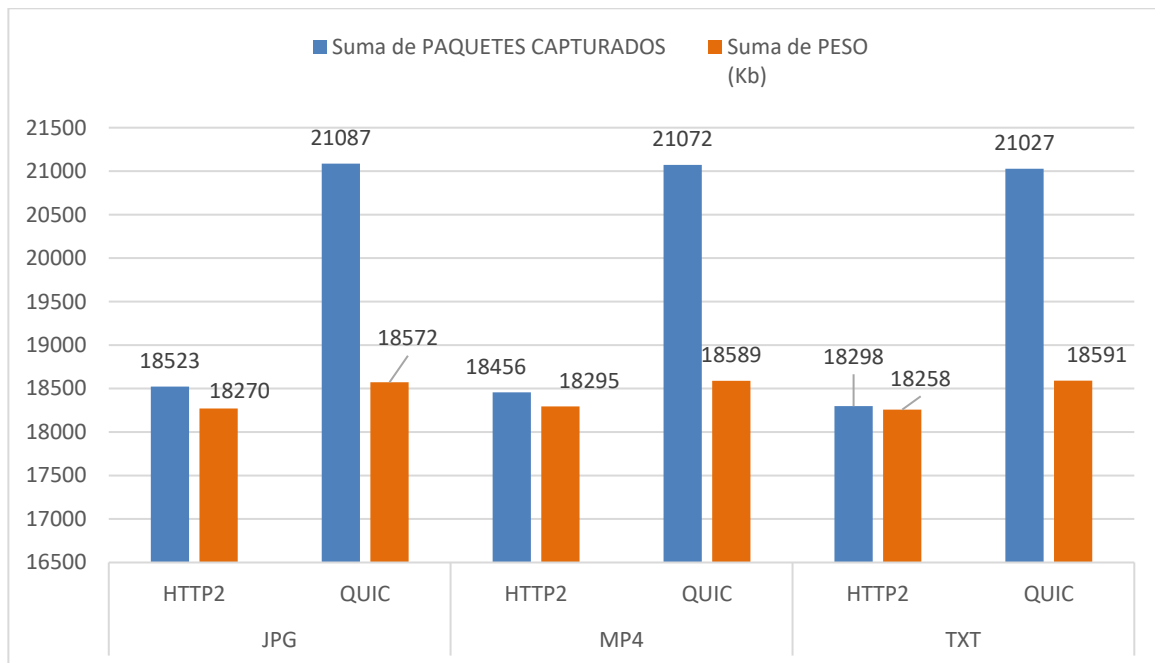
Como se puede apreciar en la Figura 4, en este escenario el protocolo QUIC obtiene menor tiempo total en la transferencia de archivos desde cliente hacia el servidor en cada uno de los formatos utilizados, siendo más notoria la diferencia existente en el formato de archivo TXT. El servidor OpenLiteSpeed es quien obtiene los mejores tiempos de transferencia en comparación a Hostinger lo cual podemos apreciar a mayor detalle en la Figura 5.

Figura 5*Tiempo total de transferencia según protocolo de cada servidor en Escenario 3*

Por último, se realiza una comparación respecto al número de paquetes capturados y el peso total de la transferencia realizada con cada uno de los formatos de archivo utilizados en este escenario. Ver Figura 6.

Figura 6

Comparación de total de paquetes capturados y peso total según formato de archivo en Escenario 3



QUIC genera una mayor cantidad de paquetes con respecto a HTTP/2 y esto implica que el peso total de transferencia será mayor, se puede atribuir este resultado a que QUIC dado que su transmisión se basa en UDP genera datagramas de menor longitud, por ende, será mayor el número de paquetes generados y más peso ya que se debe tomar en cuenta los bytes extras que se generan de las cabeceras de cada datagrama.

Conclusiones

El trabajo realizado para comparar el rendimiento en servidores web tiene la intención de poder evidenciar las diferencias existentes en cuanto a la transferencia de tráfico normal y multimedia que se tiene presente en la navegación por Internet hoy en día. La versión emergente del protocolo HTTP denominado QUIC presenta, bajo los escenarios desarrollados en este trabajo, características importantes referente a su desempeño como son:

En el escenario 1 donde se limita el ancho de banda a 500 Kbps, la sumatoria del tiempo total de carga de todos los servidores utilizados bajo el protocolo HTTP/2 es de 749.97 segundos, mientras que mediante el protocolo QUIC es de 704.64 segundos, dando una diferencia de 45.33 segundos, lo que define al protocolo QUIC como el más óptimo en la transferencia de los archivos en estas condiciones de prueba dado que genera menos tiempo de transmisión.

En el escenario 2 configurado con un ancho de banda de 1 Mbps y latencia de 10 m.s, el archivo con formato JPG mediante el protocolo de transferencia QUIC presenta una diferencia considerable en relación a los otros 2 formatos utilizados (TXT, MP4), dando un

tiempo total excedente de 10 segundos, aun cuando generó 100 paquetes de captura menos que los otros formatos, mientras que haciendo la comparación frente al protocolo HTTP/2 se puede notar una diferencia de 40 segundos más de tiempo y un generación de 1295 paquetes capturados de diferencia, se puede concluir que bajo estas condiciones de prueba el formato JPG en el protocolo QUIC demuestra que tiende a demorar de manera significativa frente a los otros formatos y más aún frente al protocolo HTTP/2.

En el escenario 3 donde se limita el ancho de banda a 4 Mbps, latencia de 15 m.s y pérdida de paquetes al 4%, la sumatoria de los servidores bajo el protocolo QUIC obtuvo un tiempo total de 439.72 segundos, mientras que HTTP/2 obtuvo un tiempo total de 696.99 segundo, generando una diferencia de 257.27 segundos, es así que podemos concluir que el protocolo QUIC es más eficiente en la transferencia de archivos con entornos de red con un ancho de red limitado, con presencia de latencia y pérdida de paquetes, ya que realiza la transferencia en un tiempo menor que HTTP/2

En un entorno de red donde se simula pérdida de paquetes mayor a 6% y con latencia mayor a 15 m.s, podemos destacar que el protocolo HTTP/2 en los diferentes servidores utilizados, obtuvo una capacidad de respuesta muy deficiente, no completando la fase de subida de los archivos en 2 servidores (Nginx y Hostinger) y generando un error en la transferencia, no obstante, al hacer uso del protocolo QUIC bajo los mismos parámetros de simulación; generó una respuesta positiva al primer intento en 2 servidores (OpenLiteSpeed y Hostinger), completando de manera exitosa el proceso de subida y transferencia de los archivos, por ende podemos concluir que el protocolo QUIC responde de mejor manera a entornos de red limitados y críticos por la presencia de latencia y pérdida de paquetes.

Referencias

- Albasrawi, S. T. (2020). Performance analysis of Google's Quick UDP Internet Connection Protocol under Software Simulator. *Journal of Physics: Conference Series*, 1591(1), 012026.
- Bermeo-Pérez, S. K., & Campoverde-Molina, M. A. (2020). Implementación de inteligencia de negocios, en el inventario de la Cooperativa GranSol, con la herramienta Power BI. *Revista Científica FIPCAEC* (Fomento de La Investigación y Publicación Científico-Técnica Multidisciplinaria). ISSN: 2588-090X. Polo de Capacitación, Investigación y Publicación (POCAIP), 5(16), 240–266.
- Bock, L. (2022). Learn Wireshark: A Definitive Guide to Expertly Analyzing Protocols and Troubleshooting Networks Using Wireshark. *Packt Publishing*, Limited.
https://books.google.com.ec/books?id=U_X9zgEACAAJ
- Calle-González, J. L. (2020). *Metodología para creación de contenido accesible en WordPress para productores de contenido*.
- Espinosa, S. (2019). *Evaluación del uso del protocolo QUIC en internet*.
<https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/29744>
- Fernández, F. M., Zverev, M., Garrido Ortiz, P., Juárez Rodríguez, J. R., Bilbao Ugalde, J., & Agüero Calvo, R. (2021). *Evolución del Stack IoT: MQTT sobre QUIC*.
- Fielding, R., Gettys, J., Mogul, J., Frystyk, H., Masinter, L., Leach, P., & Berners-Lee, T. (1999). RFC2616: Hypertext Transfer Protocol – HTTP/1.1. *RFC Editor*.
- Henríquez, R. A. (2017). *Descripción del protocolo HTTP y análisis de sus transferencias mediante metalenguajes*.
- Iglesias, C., & Guaman, N. (2021). *Análisis de velocidad de acceso a sitios web comparando protocolo TCP tradicional con SSL vs protocolo QUIC*.
- Ke, P. F., Lau, Y. M., & Hanley, D. V. (2023). Is Web3 Better Than Web2 for Investors? Evidence from

Domain Name Auctions.

- Kyaw, N. N. (2019). Analysis and simulation of hypertext transfer protocol at the application layer of the internet. *International Journal of Scientific and Research Publications (IJSRP)*, 9(1), 10–29322.
- Morocho Troya, E. O. (2022). *Desarrollo de los módulos e-learning y evaluaciones como componentes del entorno virtual de aprendizaje integrado (EVAI) para la empresa IEREC*.
- Murthy, A. A., John, P. M., & Kasturi Nagappasetty, R. M. B. (2023). Hypertext transfer protocol performance analysis in traditional and software defined networks during Slowloris attack. *International Journal of Electrical & Computer Engineering (2088-8708)*, 13(4).
- NetApplications.com. (2017). *Market Share Statistics for Internet Technologies*. <https://n9.cl/1fjc5>
- Oliveira, A. T. de. (2020). *Uma análise experimental de desempenho do protocolo QUIC*. <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/37646>
- Priego, L. (2018). *Estudio del protocolo TLS (Transport Layer Security)*. <http://hdl.handle.net/10609/81045>
- Reese, W. (2008). Nginx: the high-performance web server and reverse proxy. *Linux Journal*, 2008(173), 2.
- Rescorla, E. (2018). The Transport Layer Security (TLS) Protocol Version 1.3 (Issue 8446). *RFC Editor*. <https://doi.org/10.17487/RFC8446>
- Rodríguez, R. (2020). *Desarrollo de nuevos modelos de interacción usuario-e-commerce: integración de e-commerce en chatbot vía API REST*.
- Romero, J. C. (2020). *TLS 1.3*. <http://hdl.handle.net/10609/126747>
- Rueda, E. E. (2019). *Cifrado con el protocolo ssl/tls y el rendimiento de sitios web. caso: empresa web-out, 2018–2019*.
- Sandra, H. (2022). Performance Analysis of Openlitespeed and Apache Web Servers in Serving Client Requests. *Knowbase: International Journal of Knowledge in Database*, 2(2), 114–129. <https://ejournal.iainbukittinggi.ac.id/index.php/ijokid/article/view/5306>
- Thomas, L., Dubois, E., Kuhn, N., & Lochin, E. (2019). Google QUIC performance over a public SATCOM access. *International Journal of Satellite Communications and Networking*, 37(6), 601–611.
- Tomás, E. (2021). *Estudio comparativo de las versiones más recientes de HTTP*. <https://riunet.upv.es:443/handle/10251/172835>
- Vega, D. (2014). *Estudio de prestaciones del protocolo HTTP versión 2*. <https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/27301>

Enfoque multicriterio para la selección óptima de variables explicativas para modelos de pronóstico de la energía eléctrica de plantas solares fotovoltaicas

Multicriteria approach for the optimal selection of explanatory variables for forecast models of electrical energy from photovoltaic solar plants

César A. Yajure-Ramírez¹ <https://orcid.org/0000-0002-3813-7606>

¹Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela
cyajure@gmail.com



Esta obra está bajo una licencia internacional
Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0.

Enviado: 2023/07/09

Aceptado: 2023/09/19

Publicado: 2023/12/30

Resumen

Cuando se aborda un problema de pronóstico a través de modelos de regresión, se espera contar con el número óptimo de variables explicativas, y de no ser así, aplicar alguna técnica para reducir la dimensionalidad del problema. Actualmente, existe una variedad de métodos para seleccionar las características o variables explicativas, que a su vez caen dentro de distintas categorías, haciendo complejo sólo seleccionar el método idóneo para una aplicación específica. Entonces, el objetivo de esta investigación es presentar una metodología multicriterio para la selección óptima de las variables explicativas de un modelo de regresión, utilizando los métodos de selección de características como los criterios de decisión, y las variables explicativas como las alternativas. La metodología se ilustra a través del conjunto de datos de una planta solar fotovoltaica del Instituto Nacional de Estándar y Tecnología (NIST por sus siglas en inglés), de los Estados Unidos, tomando como variable objetivo a la energía eléctrica AC generada por la planta, y como variables explicativas a la irradiancia solar, la temperatura de los paneles solares, la temperatura ambiente, y la velocidad del viento. Se consideran métodos del tipo “filtro”, del tipo “envoltura”, y del tipo “incrustado”. Utilizando la técnica multicriterio TOPSIS, se logró seleccionar la mejor variable para representar a la irradiancia solar con una ponderación de 1,00, a la temperatura de los paneles solares con 0,182, a la temperatura ambiente con 0,204, y a la velocidad del viento con 0,129.

Sumario: Introducción, Materiales y Métodos, Resultados y Discusión y Conclusiones.

Como citar: Yajure-Ramírez, C. (2023). Enfoque multicriterio para la selección óptima de variables explicativas para modelos de pronóstico de la energía eléctrica de plantas solares fotovoltaicas. *Revista Tecnológica - Espol*, 35(3), 83-98. <http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/1045>

Palabras clave: Correlación, componentes principales, LASSO, pesos, selección de características, TOPSIS.

Abstract

When a forecast problem is approached through regression models, it is expected to have the optimal number of explanatory variables and, if not, to be able to apply some technique to reduce the problem's dimensionality. Currently, there is a variety of methods to select the features or explanatory variables, which in turn fall into different categories, making it complex to select only the ideal method for a specific application. Therefore, this research aims to present a multicriteria methodology for the optimal selection of the explanatory variables of a regression model, using the feature selection methods as the decision criteria and the explanatory variables as the alternatives. The methodology is illustrated through the data set of a photovoltaic solar plant from the National Institute of Standards and Technology (NIST) of the United States, taking the AC electricity generated by the plant as the objective variable and the temperature of the solar panels, the ambient temperature, and the wind speed as explanatory variables to solar irradiance. Methods of the "filter" type, the "wrapper" type, and the "embedded" type are considered. Using the TOPSIS multicriteria technique, it was possible to select the best variable to represent solar irradiance with a weighting of 1.00, the temperature of the solar panels of 0.182, the ambient temperature of 0.204, and the wind speed of 0.129.

Keywords: Correlation, principal components, LASSO, weights, feature selection, TOPSIS.

Introducción

Los métodos de selección de variables explicativas (*feature selection*) se han utilizado usualmente para la reducción de dimensionalidad, ya sea por una alta dimensionalidad del conjunto de datos y/o un bajo número de registros, o para cumplir con los requisitos específicos de cada algoritmo de aprendizaje automático, por ejemplo, el de no colinealidad de las variables explicativas. Asimismo, de acuerdo con Jović (2015), un alto número de características (variables explicativas) en contraste a un bajo número de registros podría llevar a un sobre ajuste del modelo que se esté creando, por lo que, se justifica obtener un subconjunto de características más pequeño, a partir del conjunto original. Por otra parte, en ciertas aplicaciones podrían aparecer particularidades que pudieran ser redundantes, y el analista debe decidir a priori cuáles de ellas utilizar y cuáles descartar.

Ahora bien, para llevar a cabo la selección de características, existe una variedad de métodos, que según Explorium (2023) los más populares son los del tipo "filtro" y los del tipo "envoltura" (*wrapper methods*). Los de tipo filtro utilizan métricas para desechar características irrelevantes, haciendo uso de pruebas estadísticas univariadas independientemente del modelo, por tanto, obtienen resultados más rápidos. Mientras que los métodos de envoltura miden la utilidad de la característica y hacen su selección con base a su nivel de importancia, al evaluar el subconjunto de características de acuerdo con los resultados de un predictor. Por lo anterior, pueden alcanzar un mejor desempeño en el predictor mencionado, pero toman un tiempo más largo en el proceso. Por otra parte, Li et al. (2021) agregan los métodos incrustados (*embedded methods*) en los que se integra el proceso de selección de variables explicativas con la etapa de entrenamiento del modelo.

En todo caso, cada método tiene sus ventajas y desventajas, por eso, sería de utilidad compararlos, por ejemplo, tipo filtro, envoltura, o incrustado, y seleccionar el mejor subconjunto de características de acuerdo con distintos criterios de selección. En ese sentido, el objetivo de esta investigación es presentar una metodología multicriterio para escoger las

mejores variables explicativas a utilizar en la creación de modelos de regresión, empleando los métodos de selección de características como los criterios de decisión. La metodología se ilustra con un caso de estudio cuyos datos corresponden a las mediciones de las variables de una planta solar fotovoltaica del NIST, de los Estados Unidos, tomando como variable objetivo a la energía eléctrica AC generada por la planta.

Para alcanzar el objetivo de este estudio, se hizo una revisión de las investigaciones previas asociadas al tema tratado, luego del análisis, se pudo observar que ninguna de ellas tiene el enfoque de toma de decisiones multicriterio para la selección de variables explicativas. Esta revisión se presenta a continuación. En su investigación, Jomthanachai et al. (2022) plantean una metodología para la selección de variables explicativas utilizando los métodos de filtro: análisis de correlación y análisis de componentes principales (PCA por sus siglas en inglés), además de los métodos incrustados: LASSO y Regresión de red elástica (*Elastic-net Regression*). Seguidamente, utilizan una serie de modelos de regresión derivados de algoritmos de aprendizaje automático para entrenar y validar el conjunto de datos. Los hallazgos indican que el conjunto de variables, obtenido con PCA y con regresión de red elástica, ofrecen los mejores resultados basado en el criterio de medición del error.

Por otra parte, Li et al. (2018) utilizan el método de mínima redundancia y máxima relevancia y el método de bosques aleatorios para la selección de variables explicativas en modelos para la predicción de la concentración de clorofila-a en la floración de algas. Combinan estos métodos con los algoritmos de aprendizaje automático máquinas de soporte vectorial y bosques aleatorios. El modelo, obtenido con la combinación bosques aleatorios/bosques aleatorios, alcanzó el mejor desempeño con el número más bajo de variables explicativas.

Así también, Otchere et al. (2022), usan ocho técnicas de selección de variables explicativas junto con el modelo regresor de gradiente reforzado (*Gradient Boosting Regressor*) para la caracterización de un yacimiento petrolífero marino. Los resultados indican que las técnicas bosque aleatorio, SelectKBest y Lasso obtuvieron el mejor desempeño para la permeabilidad, porosidad y predicciones de saturación de agua, respectivamente.

En su trabajo R et al. (2020), utilizan las técnicas de selección de variables explicativas F-test y umbral de varianza para obtener el conjunto de variables a usar para la predicción del cáncer de pecho. Para conseguir los modelos de clasificación utilizan los algoritmos de aprendizaje automático: Naive Bayes, máquina de vectores de soporte (SVM), árbol de decisiones, perceptrón multicapa (MLP), regresión logística y vecinos más cercanos (KNN), y tres técnicas de ensamblaje: embolsado, refuerzo y apilamiento. Además, ilustran la metodología a través de tres conjuntos de datos disponibles online, y concluyen que la técnica F-test junto con la técnica de ensamblaje de apilamiento es la que presenta mejor desempeño.

En la investigación de Frederick et al. (2019), se analiza el desempeño de cuatro procedimientos de selección de variables en la construcción de un modelo de regresión lineal múltiple. Estas técnicas son el método de búsqueda directa, el de selección hacia adelante, el método de eliminación hacia atrás y el de regresión por pasos. La variable objetivo es el producto interno bruto de Nigeria, y se tienen siete factores asociados al sistema económico del país como potenciales variables explicativas. Los modelos se evalúan utilizando el R^2 , el VIF, y el error cuadrático medio. Luego del estudio, obtuvieron que el método de eliminación hacia atrás es el de mejor desempeño con una media de 1,67.

En otra investigación, los autores (Gebreyesus et al., 2023) introducen el método SHAP (Shapley Additive exPlanation) para identificar las variables explicativas relevantes para modelos de predicción de la demanda de energía de centros de datos, y comparan sus resultados con los métodos de selección tradicionales basados en el nivel de importancia. Los métodos fueron probados y validados utilizando un conjunto de datos reales de un Centro de datos HPC, un clúster CRESCO6 que consta de 20.832 núcleos. Los modelos fueron evaluados con las métricas MAE, RMSE, y MAPE. Al final, los resultados obtenidos demuestran que los modelos predictivos entrenados, utilizando las características seleccionadas con el método asistido por SHAP, funcionaron bien con un error menor y un tiempo de ejecución razonable en comparación con otros métodos.

Finalmente, Mesafint Belete & D.H (2020) utilizan los métodos de envolventes: selección hacia atrás de características, selección hacia delante de características, y selección recursiva de características, para escoger los atributos a utilizar en modelos de predicción del resultado de estado individual de la prueba del conjunto de datos de la Encuesta demográfica y de salud de Etiopía para el VIH/SIDA. Utilizan siete algoritmos de aprendizaje automático para clasificación, cuyos modelos se evalúan a través de las métricas exactitud, precisión, recall, y f1-score. Los resultados indican que los clasificadores bosque aleatorio, K-NN, y gradiente reforzado alcanzan los niveles de exactitud más altos después que se aplican los métodos envolventes.

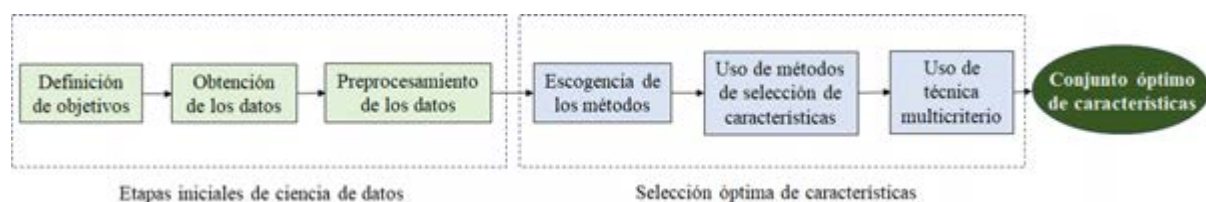
Hasta este punto se ha realizado la revisión de las investigaciones que sustentan este trabajo, el resto del artículo se distribuye como se indica a continuación. En la sección dos se presenta la metodología utilizada, así como el conjunto de datos empleados para ilustrarla. Seguido, en la sección tres, se presentan y discuten los resultados obtenidos. Posteriormente, en la sección cuatro, se presentan las conclusiones que se derivan de la investigación. Finalmente, se esboza un listado con las referencias bibliográficas utilizadas.

Materiales y Métodos

La metodología involucra las etapas de un proyecto de ciencia de datos, tal como describen Cielen et al. (2016), y combinarlas con las etapas de un proceso de toma de decisiones multicriterio. En ese sentido, la primera etapa consistió en fijar el o los objetivos de la investigación, la segunda etapa implicó la obtención de los datos a analizar, y la tercera etapa residió en hacer el preprocesamiento de los datos. Seguidamente, se hizo la selección óptima de las características, para lo cual se eligieron los métodos a utilizar, pues estos definieron los criterios de decisión de la técnica multicriterio, cuyas alternativas serían las características o variables explicativas del conjunto de datos. En la Figura 1 se presenta de manera esquemática la metodología a aplicada.

Figura 1

Metodología para selección óptima de características



Como se mencionó previamente, esta metodología se ilustra con el uso de los datos de las mediciones de las variables de una planta solar fotovoltaica. Entonces, el objetivo asociado

a la primera etapa correspondió a desarrollar el pronóstico de la energía eléctrica AC generada por la planta, para lo que se desarrolló un modelo de regresión. En la segunda etapa, se obtuvieron los datos a utilizar, los cuales vinieron de fuentes internas o externas. Una vez que los datos estuvieron disponibles, lo siguiente consistió en hacer su preprocesamiento, lo que incluyó la detección e imputación de datos faltantes, la detección y corrección de datos duplicados, la transformación de variables, la combinación de variables para crear otras que son de interés, entre otras acciones que se encuentran en la investigación realizada por McKinney (2018).

Con los datos ya procesados, se procedió a escoger los métodos de selección de características, para lo que se debió considerar el tipo de datos (numéricos o categóricos), y el tipo de métodos (filtro, envoltura, o incrustado). Teniendo los métodos de selección de características (criterios de decisión), estos se aplicaron a las variables explicativas (alternativas a seleccionar y/o jerarquizar) para así obtener para cada una de ellas su ponderación por método. Con la ponderación de cada característica por método de selección, se procedió a aplicar la técnica de toma de decisiones multicriterio después de lo cual se tuvieron jerarquizados las características con una ponderación general.

Los métodos de selección de variables explicativas (criterios de decisión) tomados en cuenta fueron: análisis de correlación, y análisis de componentes principales, que se consideran tipo “filtro”, eliminación recursiva de características, que se conoce del tipo “envoltura”, y la técnica LASSO que se clasifica como del tipo “incrustado”. Las variables explicativas consideradas (alternativas) fueron: irradiancia solar, temperatura de los paneles solares, temperatura ambiente, y velocidad del viento.

Toma de decisiones multicriterio

La toma de decisiones multicriterio (MCDM por sus siglas en inglés) está relacionada con abordar un problema de decisión en el que se tiene más de un criterio de decisión a considerar para la selección de la mejor opción, dentro de un conjunto de alternativas. De acuerdo con Eltarabishi et al. (2020), la MCDM se divide en toma de decisiones multiobjetivo (MODM por sus siglas en inglés), y toma de decisiones multiatributo (MADM por sus siglas en inglés). La MODM se caracteriza por tener un objetivo explícito y un espacio de decisión continuo (infinitas alternativas y atributos), mientras que la MADM se caracteriza por tener un objetivo implícito y un espacio de decisión discreto, con alternativas y atributos discretos.

Por otra parte, según Triantaphyllou et al. (1998), un problema de decisión multi atributo se podría representar a través de su matriz de decisión. Esta es una matriz ($M \times N$) en la que el elemento a_{ij} indica el desempeño de la alternativa A_i cuando es evaluada en términos del criterio de decisión C_j , (para $i = 1, 2, 3, \dots, M$, y $j = 1, 2, 3, \dots, N$). Cada uno de los criterios tiene un peso de importancia relativa w_j , los cuales, por lo general, son definidos por el “tomador de decisión”. Entonces, dado un conjunto de alternativas y de criterios de decisión, se busca determinar la alternativa óptima con el grado más alto de “deseabilidad” con respecto a los criterios de decisión.

Entre los tipos de problemas de decisión se tienen problemas de selección, clasificación, jerarquización, y descripción. A esta investigación le interesa el problema de jerarquización, en el que se ordenan las alternativas desde la mejor hasta la peor, de acuerdo con un puntaje o por medio de comparaciones pareadas (Ishizaka & Nemery, 2013).

Para tratar con los problemas de decisión, se puede utilizar alguna de las distintas técnicas multicriterio disponibles para ello. En particular, para los problemas de jerarquización,

los métodos disponibles son variados, pero en este estudio se utiliza la técnica para ordenamiento de las preferencias por similitud con las soluciones ideales (TOPSIS por sus siglas en inglés), para la jerarquización de las variables explicativas de los modelos de regresión.

De acuerdo con Velasquez & Hester (2013), la técnica TOPSIS posee un procedimiento sencillo, es fácil de usar y programar, y el número de pasos sigue siendo el mismo independientemente del número de criterios. Esta técnica se basa en seleccionar la mejor alternativa midiendo la distancia geométrica más corta a la solución positiva ideal, y la distancia geométrica más larga a la solución negativa ideal (Sahoo et al., 2022). Consta de una serie de pasos, el primero, común a todas las técnicas multicriterio de toma de decisiones, consiste en obtener la matriz de decisión. Posteriormente, se obtiene la matriz de decisión normalizada, luego la matriz de decisión normalizada ponderada, la solución ideal positiva y la solución ideal negativa, la distancia de cada alternativa con esas soluciones ideales y, finalmente, la cercanía relativa de cada alternativa con la solución ideal (Papathanasiou & Ploskas, 2018).

Obtención de los datos

Los datos se obtuvieron de la página web del NIST (National Institute of Standards and Technology, 2023). La información incluyó valores de variables climáticas y eléctricas, correspondientes a las mediciones minutales realizadas entre los años 2015 y 2018, provenientes de las estaciones de medición de una planta solar fotovoltaica, localizada en Maryland, Estados Unidos. Está compuesta de 1.152 paneles solares de silicio monocristalino marca Sharp, con 235 Wp por panel (Datasheet, 2023). Asimismo, cuenta con un único inversor de 260 kW nominales de potencia AC marca PVPowered (SolarDesignTool, 2023).

Las variables climáticas incluyeron mediciones de: irradiancia solar en vatios por metro cuadrado (“SEWSPOAIrrad_Wm2_Avg”), temperatura ambiente en grados Celsius (“SEWSAmbientTemp_C_Avg”), temperatura promedio en los paneles solares en grados Celsius (“SEWSModuleTemp_C_Avg”), velocidad promedio del viento en metros por segundo (“WindSpeedAve_ms”), entre otras. En cuanto a la temperatura de los paneles solares, la variable que se mencionó previamente integra esa medición en una sola variable, pero en el conjunto de datos hay nueve variables adicionales de medición de temperatura de los paneles solares, cuyos sensores (RTD) están ubicados en distintos puntos de la planta. Asimismo, para la temperatura ambiente, la irradiancia solar, y la velocidad del viento hay una variable adicional, “AmbTemp_C_Avg”, “RefCell1_Wm2_Avg”, “WindSpeed_ms_Max”, respectivamente.

En cuanto a las variables eléctricas se tuvieron mediciones de potencia activa AC en kilovatios (“PwrMtrP_kW_Avg”), potencia reactiva en kilovoltio amperios reactivos (“PwrMtrP_kVAR_Avg”), potencia aparente en kilovoltio amperios aparentes (“PwrMtrP_kVA_Avg”), frecuencia eléctrica en Hertz (“PwrMtrFreq_Avg”), factor de potencia (“PwrMtrPF_Avg”), entre otras. El conjunto de datos constó de 2.103.810 registros (filas) correspondientes a las mediciones minutales de un total de 99 variables, separados en archivos con datos diarios, es decir, 1.461 archivos propios de cada uno de los días entre los años 2015 y el 2018.

Preprocesamiento de los datos

El primer paso consistió en combinar los 1.461 archivos de datos diarios, para crear cuatro archivos de datos, de acuerdo con cada uno de los cuatro años del período de estudio, para luego unirlos y crear un solo archivo, y así alcanzar la totalidad de registros mencionados

previamente. Luego, se hizo un análisis de datos faltantes, resultando que de las noventa y nueve columnas (variables), sólo la fecha no presentó datos faltantes, siendo 9.587 el valor mínimo y 128.369 el valor máximo de datos faltantes por columna. Las variables con valores máximos de datos faltantes estaban asociadas al funcionamiento específico del inversor, las cuales no son de utilidad en esta investigación, por lo que fueron eliminadas. A continuación, de las variables restantes se eliminaron los registros con al menos un dato faltante, para quedar 1.997.418 registros sin datos faltantes. No se detectaron datos duplicados.

Posteriormente, utilizando la columna de potencia eléctrica AC, se creó la columna de la energía eléctrica AC (“energyAC_kWh”). Finalmente, los datos minutales se agruparon para obtener un set de datos con resolución horaria, el *quese* utilizó para ilustrar la metodología planteada.

Resultados y Discusión

En esta sección se presentan y discuten los resultados obtenidos luego de aplicar los métodos de selección de características, y la técnica de toma de decisión multicriterio. La variable objetivo considerada es la energía eléctrica AC generada por la planta, mientras que las variables explicativas (alternativas) son irradiancia solar, temperatura de los paneles solares, temperatura ambiente, y velocidad del viento.

Métodos de selección de características

En esta sección se presentan y aplican los métodos de selección de las variables explicativas, dos del tipo “filtro”, dos del tipo “envoltura”, y un método del tipo “incrustado”.

Análisis de correlación

Como primer método se tuvo el análisis de correlación, para lo que se utilizó el método de Pearson, pero también los métodos de Spearman y Kendall, ya que, como bien lo mencionan Navlani et al. (2021), el primero es un método paramétrico, mientras que los otros dos métodos no imponen ninguna suposición con respecto a la distribución de los datos. Es importante recordar que el coeficiente de correlación varía entre “-1” y “+1”, siendo negativo cuando la relación entre las variables respectivas es inversa, y positivo cuando esta relación es directa. Para interpretar los valores se toma en cuenta lo planteado por Ratner (2017, p. 26), quien postula que “valores entre 0 y 0,3 (0 y -0,3) indican una relación positiva (negativa) débil. Los valores entre 0,3 y 0,7 (-0,3 y -0,7) señalan una relación positiva (negativa) moderada. Los valores entre 0,7 y 1,0 (-0,7 y -1,0) evidencian una fuerte relación positiva (negativa)”. En ese sentido, en la Tabla 1 se presenta el análisis de correlación de todas las variables explicativas con respecto a la variable objetivo.

Tabla 1

Coefficientes de correlación de variables explicativas con la variable objetivo

Variable	Pearson	Variable	Spearman	Variable	Kendall
RefCell1_Wm2_Avg	0,940	RefCell1_Wm2_Avg	0,925	RefCell1_Wm2_Avg	0,860
SEWSPOAIrrad_Wm2_Avg	0,922	SEWSPOAIrrad_Wm2_Avg	0,911	SEWSPOAIrrad_Wm2_Avg	0,829
RTD_C_Avg_5	0,673	RTD_C_Avg_5	0,675	RTD_C_Avg_5	0,501
RTD_C_Avg_9	0,667	RTD_C_Avg_3	0,670	RTD_C_Avg_3	0,497
RTD_C_Avg_4	0,662	RTD_C_Avg_9	0,669	RTD_C_Avg_9	0,496
RTD_C_Avg_3	0,655	RTD_C_Avg_4	0,665	RTD_C_Avg_4	0,493
RTD_C_Avg_7	0,655	RTD_C_Avg_7	0,659	RTD_C_Avg_7	0,487
RTD_C_Avg_6	0,616	RTD_C_Avg_1	0,631	RTD_C_Avg_1	0,465
SEWSModuleTemp_C_Avg	0,615	RTD_C_Avg_6	0,629	RTD_C_Avg_8	0,464
RTD_C_Avg_8	0,555	RTD_C_Avg_8	0,628	RTD_C_Avg_6	0,463

Variable	Pearson	Variable	Spearman	Variable	Kendall
RTD_C_Avg_2	0,489	RTD_C_Avg_2	0,624	RTD_C_Avg_2	0,460
SEWSAmbientTemp_C_Avg	0,325	SEWSModuleTemp_C_Avg	0,620	SEWSModuleTemp_C_Avg	0,455
AmbTemp_C_Avg	0,309	SEWSAmbientTemp_C_Avg	0,369	SEWSAmbientTemp_C_Avg	0,257
WindSpeedAve_ms	0,307	AmbTemp_C_Avg	0,362	AmbTemp_C_Avg	0,252
WindSpeed_ms_Max	0,278	WindSpeed_ms_Max	0,358	WindSpeed_ms_Max	0,251
RTD_C_Avg_1	0,160	WindSpeedAve_ms	0,356	WindSpeedAve_ms	0,249

En la Tabla 1 también se puede observar que, para los métodos Spearman y Kendall, la jerarquización de las variables explicativas fue similar, sólo hay una diferencia en las posiciones de los sensores RTD de temperatura 6 y 8. En cuanto a los resultados con el método de Pearson, se nota que la jerarquización fue diferente a la de los otros dos métodos. En lo que sí coincidieron los tres métodos fue en los dos primeros lugares ocupados por las variables de la irradiancia solar, con una fuerte correlación directa con la energía eléctrica AC. Asimismo, con los tres métodos se obtuvo que la velocidad del viento, tanto la máxima como la promedio, ocupan los últimos lugares en la jerarquización, con una correlación débil y directa con la variable objetivo. Por último, se pudo decir que todas las variables explicativas tienen una relación directa con la variable objetivo. Es importante destacar que Lee (2019) utiliza esta técnica para seleccionar las mejores variables explicativas en un modelo de regresión lineal múltiple.

Análisis de componentes principales PCA

Esta técnica entra en el grupo de los algoritmos de aprendizaje automático no supervisados que, de acuerdo con Raschka & Mirjalili (2017, p. 142), “es una técnica de transformación lineal no supervisada que se usa ampliamente en diferentes campos, más prominentemente para la extracción de características y reducción de la dimensionalidad”. Por otra parte, Navlani et al. (2021, p. 319) plantean que

El concepto principal de PCA es el descubrimiento de relaciones y correlaciones invisibles entre atributos en el conjunto de datos original. Los atributos altamente correlacionados son tan similares como para considerarse redundantes. Por lo tanto, PCA elimina tales atributos redundantes.

Cuando se utiliza para reducir la dimensionalidad de los datos, sin afectar la información significativa del conjunto de datos, PCA encuentra las direcciones de máxima varianza y proyecta los datos en un nuevo subespacio con igual o menos dimensiones que la original, que son precisamente las componentes principales. La ecuación de PCA para un conjunto de datos de p dimensiones, es la que se presenta en la ecuación 1. Se deduce que cada componente principal es una combinación lineal de las variables originales.

$$PC_j = w_{1j} \cdot X_1 + w_{2j} \cdot X_2 + \dots + w_{pj} \cdot X_p \quad (1)$$

Siendo:

PC_j : j -ésima componente principal

X_1, X_2, \dots, X_p : Las p variables explicativas del conjunto de datos original

$w_{1j}, w_{2j}, \dots, w_{pj}$: Los pesos de las variables explicativas en la j -ésima componente principal

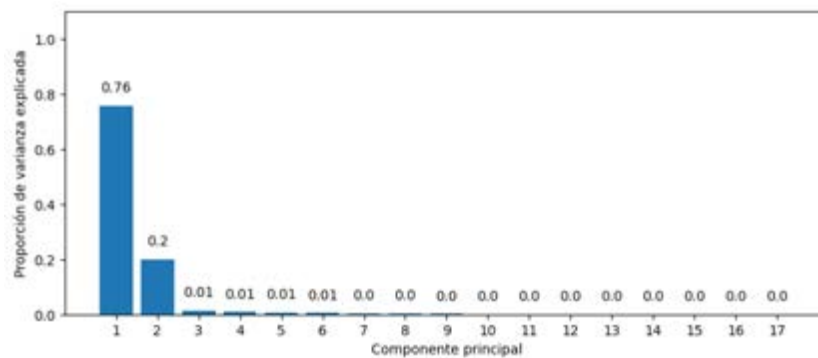
Los pesos pueden interpretarse como el nivel de importancia que tiene cada variable en cada componente principal, y la suma de los cuadrados de los pesos, para una componente principal particular es igual a la unidad. Lo mismo aplica para la suma de los cuadrados de los pesos para una variable particular a lo largo de todas las componentes, y es así como según lo

planteado por Ratner (2017), la suma de los cuadrados de los pesos a lo largo de todas las componentes principales para una variable explicativa particular, indica cuanta varianza aporta esta variable. Se cumple también que la primera componente principal es la que posee más información significativa, la segunda componente es la segunda con más información, y así sucesivamente.

En ese sentido, se aplicó el algoritmo PCA a los datos, obteniéndose que ya en las primeras seis componentes principales se explica el 100% de la varianza de los datos, tal como se observa en la Figura 2. Se puede ver que el modelo arrojó tantas componentes principales como variables en el conjunto de datos original. La primera componente explicó el 76% de la varianza de los datos, la segunda componente el 20%, y las siguientes cuatro, el 1% cada una.

Figura 2

Proporción de varianza explicada por componente principal



Entonces, se elevaron al cuadrado los pesos de las variables explicativas, se multiplicaron por la proporción de varianza de la componente principal respectiva, y se sumaron esos valores para cada variable explicativa, pero sólo hasta la sexta componente principal. Los resultados se presentan en la Tabla 2, en la que las variables ya están jerarquizadas desde la de mayor peso hasta la de menor peso.

Tabla 2

Pesos de importancia según PCA

Variables	Pesos
RefCell1_Wm2_Avg	0,1538
SEWSAmbientTemp_C_Avg	0,1235
SEWSPOAIrrad_Wm2_Avg	0,1126
SEWSModuleTemp_C_Avg	0,1028
AmbTemp_C_Avg	0,0720
RTD_C_Avg_9	0,0689
RTD_C_Avg_4	0,0673
RTD_C_Avg_7	0,0663
RTD_C_Avg_5	0,0286
RTD_C_Avg_2	0,0181
RTD_C_Avg_3	0,0146
WindSpeedAve_ms	0,0091
RTD_C_Avg_8	0,0072

Variables	Pesos
RTD_C_Avg_6	0,0063
WindSpeed_ms_Max	0,0019
RTD_C_Avg_1	0,0000

De la Tabla 2 se puede ver que las variables asociadas a la irradiancia solar, junto con la de temperatura ambiente, y la de la temperatura de los paneles solares, fueron las de mayor peso dentro del conjunto de datos.

Técnicas de eliminación recursiva de características

La técnica RFE (*Recursive Feature Elimination*) es del tipo envoltura e itera sobre el conjunto de datos hasta encontrar el subconjunto de variables explicativas que tienen el mejor desempeño de acuerdo con un modelo de regresión determinado. En cada iteración se va eliminando una o varias características simultáneamente. Es decir, generan muchos modelos con diferentes subconjuntos de variables explicativas, y se seleccionan aquellas que generan el modelo con el mejor desempeño de acuerdo con alguna métrica determinada. Usualmente, se utilizan modelos de regresión de árboles de decisión, los que generan niveles de importancia para las variables explicativas.

El lenguaje de programación Python tiene varias librerías que incluyen métodos para eliminación recursiva de características. Una de estas librerías es la de selección de características (*feature_selection*), la cual tiene la técnica denominada RFE. Esta fue la primera utilizada (RFE1), considerando un modelo de regresión de bosque aleatorio, para así utilizar los niveles de importancia de las variables explicativas. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 3, en la cual se puede notar que las variables asociadas a la irradiancia solar fueron las que alcanzan el mayor valor de los pesos, mientras que las variables de los sensores RTD 2, 4, 6, y 8, fueron las de menor peso de importancia, según esta técnica. La variable de la velocidad del viento promedio tuvo mayor peso que la de velocidad máxima.

Tabla 3

Pesos de importancia RFE1

Variables	Pesos
RefCell1_Wm2_Avg	0,8970
SEWSPOAIrrad_Wm2_Avg	0,0180
RTD_C_Avg_7	0,0153
AmbTemp_C_Avg	0,0150
RTD_C_Avg_5	0,0081
RTD_C_Avg_9	0,0064
RTD_C_Avg_1	0,0054
SEWSAmbientTemp_C_Avg	0,0050
WindSpeedAve_ms	0,0046
RTD_C_Avg_3	0,0042
SEWSModuleTemp_C_Avg	0,0040
WindSpeed_ms_Max	0,0038
RTD_C_Avg_6	0,0036
RTD_C_Avg_8	0,0035
RTD_C_Avg_4	0,0034

Variables	Pesos
RTD_C_Avg_2	0,0025

Otra librería de Python que contiene técnicas para la selección de variables explicativas es máquina de características (*feature-engine*), la que incluye a la técnica *RecursiveFeatureElimination* (RFE2). Esta se utiliza considerando el modelo de regresión *Gradient Boosting Regressor*, y los resultados se muestran en la Tabla 4, en la cual se puede ver que para este criterio las variables con mayor peso fueron las de la irradiancia solar, y las de menor peso correspondieron a los sensores RTD 2, 3, 4, 6, 8. La variable de la velocidad promedio del viento tuvo mayor peso que la de velocidad máxima.

Tabla 4

Pesos de importancia RFE2

Variables	Pesos
RefCell1_Wm2_Avg	0,6421
SEWSPOA Irrad_Wm2_Avg	0,3404
RTD_C_Avg_7	0,0110
AmbTemp_C_Avg	0,0020
WindSpeedAve_ms	0,0014
SEWSModuleTemp_C_Avg	0,0005
RTD_C_Avg_9	0,0005
RTD_C_Avg_5	0,0005
SEWSAmbientTemp_C_Avg	0,0004
RTD_C_Avg_1	0,0003
WindSpeed_ms_Max	0,0003
RTD_C_Avg_6	0,0003
RTD_C_Avg_8	0,0002
RTD_C_Avg_2	0,0000
RTD_C_Avg_3	0,0000
RTD_C_Avg_4	0,0000

Técnica de regresión LASSO

Es una técnica de regularización que se utiliza para prevenir sobreajuste en los modelos. Según Hackeling (2014, p. 40) “la regularización agrega información al problema, con frecuencia en la forma de una penalidad a la complejidad, o al problema”. LASSO (*Least Absolute Shrinkage and Selection Operator*) penaliza los coeficientes del modelo de regresión lineal múltiple agregando la norma L_1 , lo que hará que muchos de los coeficientes se hagan igual a cero, y si hay variables explicativas correlacionadas entre sí, sus coeficientes son los que se anulan, dejando sólo una de ellas con coeficiente no nulo. La función de costo de esta técnica se presenta en la ecuación 2, en la que el segundo sumando representa a la norma L_1 .

$$\frac{1}{2 \cdot N_{entr}} \cdot \sum_{i=1}^{N_{entr}} \left(y_{real}^{(i)} - y_{pred}^{(i)} \right)^2 + \alpha \cdot \sum_{j=1}^n |a_j| \quad (2)$$

Siendo:

N_{entr} : total de registros del set de entrenamiento del modelo

$y_{real}^{(i)}$: i-ésimo valor real de la variable objetivo

$y_{pred}^{(i)}$: i-ésimo valor predicho de la variable objetivo

a_j : coeficiente de la j-ésima variable explicativa

α : Es un hiperparámetro que define la intensidad de la penalización

Esta técnica se aplicó al conjunto de datos, tomando en cuenta un valor óptimo para el hiperparámetro igual a 0,1. Los resultados se presentan en la Tabla 5, aquí se puede observar que sólo los coeficientes de las variables explicativas asociadas a la irradiancia solar fueron diferentes de cero, resaltando una de ellas sobre la otra.

Tabla 5

Pesos de importancia LASSO

Variables	Pesos
RefCell1_Wm2_Avg	0,9883
SEWSPOAIrrad_Wm2_Avg	0,0513
SEWSAmbientTemp_C_Avg	0,0000
SEWSModuleTemp_C_Avg	0,0000
AmbTemp_C_Avg	0,0000
RTD_C_Avg_1	0,0000
RTD_C_Avg_2	0,0000
RTD_C_Avg_3	0,0000
RTD_C_Avg_4	0,0000
RTD_C_Avg_5	0,0000
RTD_C_Avg_6	0,0000
RTD_C_Avg_7	0,0000
RTD_C_Avg_8	0,0000
RTD_C_Avg_9	0,0000
WindSpeed_ms_Max	0,0000
WindSpeedAve_ms	0,0000

Selección multicriterio de las variables explicativas

Como se indicó previamente, se considera un problema de jerarquización en el que las variables explicativas son las alternativas y los métodos de selección de características corresponden a los criterios de decisión. Por otra parte, la técnica multicriterio a utilizar fue TOPSIS, y se consideró que los criterios de decisión tuvieron el mismo peso de importancia relativa. El primer paso, consistió en encontrar la matriz de decisión, la que se presenta en la Tabla 6. Para el caso del análisis de correlación se utilizó el resultado del método de Spearman, puesto que fue del tipo no paramétrico.

Tabla 6

Matriz de decisión

Alternativas	Correlación	PCA	RFE1	RFE2	LASSO
RefCell1_Wm2_Avg	0,9250	0,1538	0,8970	0,6421	0,9883
SEWSPOAIrrad_Wm2_Avg	0,9109	0,1126	0,0180	0,3404	0,0513
RTD_C_Avg_5	0,6752	0,0286	0,0081	0,0005	0,0000

Alternativas	Correlación	PCA	RFE1	RFE2	LASSO
RTD_C_Avg_3	0,6697	0,0146	0,0042	0,0000	0,0000
RTD_C_Avg_9	0,6690	0,0689	0,0064	0,0005	0,0000
RTD_C_Avg_4	0,6653	0,0673	0,0034	0,0000	0,0000
RTD_C_Avg_7	0,6590	0,0663	0,0153	0,0110	0,0000
RTD_C_Avg_1	0,6311	0,0000	0,0054	0,0003	0,0000
RTD_C_Avg_6	0,6292	0,0063	0,0036	0,0003	0,0000
RTD_C_Avg_8	0,6279	0,0072	0,0035	0,0002	0,0000
RTD_C_Avg_2	0,6240	0,0181	0,0025	0,0000	0,0000
SEWSModuleTemp_C_Avg	0,6199	0,1028	0,0040	0,0005	0,0000
SEWSAmbientTemp_C_Avg	0,3687	0,1235	0,0050	0,0004	0,0000
AmbTemp_C_Avg	0,3623	0,0720	0,0150	0,0020	0,0000
WindSpeed_ms_Max	0,3583	0,0019	0,0038	0,0003	0,0000
WindSpeedAve_ms	0,3556	0,0091	0,0046	0,0014	0,0000

El siguiente paso consiste en obtener la matriz de decisión normalizada, utilizando la ecuación 3. Los resultados se presentan en la Tabla 7.

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m a_{ij}^2}} \quad (3)$$

Tabla 7

Matriz de decisión normalizada

Alternativas	Correlación	PCA	RFE1	RFE2	LASSO
RefCell1_Wm2_Avg	0,366	0,535	0,999	0,883	0,999
SEWSPOAIrrad_Wm2_Avg	0,360	0,392	0,020	0,468	0,052
RTD_C_Avg_5	0,267	0,100	0,009	0,001	0,000
RTD_C_Avg_3	0,265	0,051	0,005	0,000	0,000
RTD_C_Avg_9	0,264	0,240	0,007	0,001	0,000
RTD_C_Avg_4	0,263	0,234	0,004	0,000	0,000
RTD_C_Avg_7	0,261	0,231	0,017	0,015	0,000
RTD_C_Avg_1	0,250	0,000	0,006	0,000	0,000
RTD_C_Avg_6	0,249	0,022	0,004	0,000	0,000
RTD_C_Avg_8	0,248	0,025	0,004	0,000	0,000
RTD_C_Avg_2	0,247	0,063	0,003	0,000	0,000
SEWSModuleTemp_C_Avg	0,245	0,358	0,004	0,001	0,000
SEWSAmbientTemp_C_Avg	0,146	0,430	0,006	0,001	0,000
AmbTemp_C_Avg	0,143	0,251	0,017	0,003	0,000
WindSpeed_ms_Max	0,142	0,007	0,004	0,000	0,000
WindSpeedAve_ms	0,141	0,032	0,005	0,002	0,000

Posteriormente, se obtuvo la matriz de decisión normalizada ponderada, al tomar en cuenta los pesos de importancia relativa de los criterios de decisión (métodos de selección de características). Ahora bien, para esta investigación se consideró que todos los métodos son igual de importantes, por lo que la matriz buscada fue igual a la presentada en la Tabla 7.

Seguidamente, y a partir de la Tabla 7, se alcanzó la solución ideal positiva, tomando los valores máximos para cada uno de los criterios de decisión. De igual forma, la solución ideal negativa se consiguió al tomar los valores mínimos. Los resultados se presentan en las ecuaciones 4 y 5.

$$A^* = \{0,366, 0,535, 0,999, 0,883, 0,999\} \quad (4)$$

$$A^- = \{0,141, 0,000, 0,003, 0,000, 0,000\} \quad (5)$$

A continuación, se calculó la distancia de cada alternativa con la solución ideal positiva D_i^* , y la distancia con la solución ideal negativa D_i^- . A partir de estos dos valores, se calculó la cercanía relativa de cada alternativa con la solución ideal C_i^* , utilizando la ecuación 6. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 8, con las variables explicativas (alternativas) ya jerarquizadas de acuerdo con C_i^* .

$$C_i^* = \frac{D_i^-}{D_i^- + D_i^*} \quad (6)$$

Tabla 8

Variables explicativas jerarquizadas

Alternativas	D_i^*	D_i^-	C_i^*
RefCell1_Wm2_Avg	0,000	1,763	1,000
SEWSPOAIrrad_Wm2_Avg	1,431	0,651	0,313
SEWSAmbientTemp_C_Avg	1,680	0,430	0,204
SEWSModuleTemp_C_Avg	1,677	0,373	0,182
RTD_C_Avg_9	1,691	0,270	0,138
RTD_C_Avg_4	1,694	0,264	0,135
RTD_C_Avg_7	1,679	0,261	0,134
AmbTemp_C_Avg	1,694	0,251	0,129
RTD_C_Avg_5	1,720	0,161	0,086
RTD_C_Avg_3	1,735	0,134	0,072
RTD_C_Avg_2	1,734	0,123	0,066
RTD_C_Avg_8	1,744	0,111	0,060
RTD_C_Avg_6	1,745	0,110	0,059
RTD_C_Avg_1	1,750	0,109	0,059
WindSpeedAve_ms	1,751	0,032	0,018
WindSpeed_ms_Max	1,760	0,007	0,004

De la columna C_i^* de la Tabla 8 se observa que la variable “RefCell1_Wm2_Avg” tiene mayor ponderación que “SEWSPOAIrrad_Wm2_Avg”, por lo que, la primera fue la mejor para representar a la irradiancia solar en un eventual modelo de regresión. Asimismo, la variable óptima para representar a la velocidad del viento fue “WindSpeedAve_ms” por tener mayor peso que “WindSpeed_ms_Max”. En cuanto a la temperatura ambiente, la mejor variable fue “SEWSAmbientTemp_C_Avg” al tener mayor peso que “AmbTemp_C_Avg”. Finalmente, para representar a la temperatura de los paneles solares fue “SEWSModuleTemp_C_Avg”, pues su ponderación final fue superior a la de todos los sensores de temperatura.

Conclusiones

Se desarrolló una metodología multicriterio para la selección óptima de las variables explicativas para modelos de regresión. Para el problema de toma de decisión multicriterio, los criterios de decisión fueron los métodos de selección de características, y las alternativas fueron las variables explicativas de un modelo de regresión. Se ilustró a través del caso de una planta solar fotovoltaica, y se seleccionó las mejores variables para representar a la irradiancia solar, a la temperatura ambiente, a la temperatura de los paneles solares, y a la velocidad del viento.

Del análisis de correlación se obtuvo que todas las variables explicativas tuvieron coeficientes de correlación positivos con la energía eléctrica AC generada por la planta. De esas variables, las correspondientes a la irradiancia solar fueron las de mayor valor absoluto, luego las asociadas a la temperatura de los paneles solares, la temperatura ambiente y, por último, la velocidad del viento. En cuanto al análisis PCA, se obtuvo que una de las variables de la irradiancia solar fue la de mayor peso con 0,1538, seguida de una de la temperatura ambiente con 0,1235, y la variable que integra los valores de los sensores de la temperatura de los paneles solares ocupó el cuarto puesto con un peso de 0,1028.

De los dos métodos de selección de características de tipo envoltura se puede decir que arrojaron directamente los pesos de importancia de las variables explicativas, siendo los resultados obtenidos similares, y ocupando los primeros lugares las variables asociadas a la irradiancia solar, quedando cerca una de las variables asociadas a la temperatura ambiente. Por otra parte, de la aplicación de la técnica LASSO se obtuvo que sólo las variables asociadas a la irradiancia solar lograron coeficientes diferentes de cero.

Por lo antes expuesto, se recomienda continuar la investigación, aplicando las técnicas de decisión multicriterio no sólo para seleccionar las mejores variables explicativas, sino también para seleccionar el mejor modelo de regresión derivado de la aplicación de algoritmos de aprendizaje automático.

Referencias

- Cielen, D., Meysman, A., & Ali, M. (2016). *Introducing Data Science*. Shelter Island, NY: Manning Publications Co.
- Datasheet. (04 de Mayo de 2023). Datasheet. Obtenido de <https://www.datasheets.com/en/part-details/nu-u235f2-sharp-46351940#datasheet>
- Eltarabishi, F., Omar, O., Alsyouf, I., & Bettayeb, M. (2020). Multi-Criteria Decision Making Methods And Their Applications– A Literature Review. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management* (págs. 2654-2663). Dubai, UAE: IEOM Society International.
- Explorium. (24 de June de 2023). Explorium. Obtenido de Access the right data to extend your go-to-market needs: www.explorium.ai.
- Frederick, O., Maxwell, O., Ifunanya L, O., Udochukwu V, E., Kelechi C, O., Ngonadi O, L., & Kayode Idris, H. (2019). Comparison of Some Variable Selection Techniques in Regression Analysis. *American Journal of Biomedical Science & Research*, 281-293. DOI: 10.34297/AJBSR.2019.06.001044.
- Gebreyesus, Y., Dalton, D., Nixon, S., De Chiara, D., & Chinnici, M. (2023). Machine Learning for Data Center Optimizations: Feature Selection Using Shapley Additive explanation (SHAP). *Future Internet MDPI*, <https://doi.org/10.3390/fi15030088>.
- Hackeling, G. (2014). *Mastering Machine Learning with scikit-learn*. Birmingham, UK: Packt Publishing Ltd.
- Ishizaka, A., & Nemery, P. (2013). *Multi-Criteria Decision Analysis - Methods and Software*. West Sussex, United Kingdom: John Wiley & Sons, Ltd.

- Jomthanachai, S., Wong, W., & Khaw, K. (2022). An application of machine learning regression to feature selection: a study of logistics performance and economic attribute. *Neural Computing and Applications*, 15781–15805. <https://doi.org/10.1007/s00521-022-07266-6>.
- Jović, A., Brkić, K., & Bogunović, N. (2015). A review of feature selection methods with applications. *38th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO)* (págs. 1200-1205). Opatija, Croatia: IEEE Xplore. doi: 10.1109/MIPRO.2015.7160458.
- Lee, W. M. (2019). *Python Machine Learning*. Indianapolis: John Wiley & Sons, Inc.
- Li, X., Sha, J., & Zhong-Liang, W. (2018). Application of feature selection and regression models for chlorophyll-a prediction in a shallow lake. *Environmental Science and Pollution Research*, 19488–19498. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-2147-3>.
- Li, Y., Li, G., & Guo, L. (2021). Feature Selection for Regression Based on Gamma Test Nested Monte Carlo Tree Search. *Entropy MDPI*, <https://doi.org/10.3390/e23101331>.
- McKinney, W. (2018). *Python for Data Analysis*. Sebastopol, CA: O'Reilly Media, Inc.
- Mesafint Belete, D., & D.H, M. (2020). Wrapper Based Feature Selection Techniques On EDHS-HIV/AIDS Dataset. *European Journal of Molecular & Clinical Medicine*, 2642-2657.
- National Institute of Standards and Technology. (04 de Mayo de 2023). National Institute of Standards and Technology. Obtenido de NIST: <https://catalog.data.gov/dataset/nist-campus-photovoltaic-pv-arrays-and-weather-station-data-sets-05b4d>
- Navlani, A., Fandango, A., & Idris, I. (2021). *Python Data Analysis*. Birmingham, UK: Packt Publishing Ltd.
- Otchere, D., Arbi Ganat, T., Ojero, J., Tackie-Otoo, B., & Taki, M. (2022). Application of gradient boosting regression model for the evaluation of feature selection techniques in improving reservoir characterisation predictions. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2021.109244>.
- Papathanasiou, J., & Ploskas, N. (2018). *Multiple Criteria Decision Aid - Methods, Examples and Python Implementations*. Cham, Switzerland: Springer Nature Switzerland AG.
- R, D., Paul, I., Akula, S., Sivakumar, M., & Nair, J. (2020). F-test feature selection in Stacking ensemble model for breast cancer prediction. *Procedia Computer Science*, 1561-1570. <http://dx.doi.org/10.1016/j.procs.2020.04.167>.
- Raschka, S., & Mirjalili, V. (2017). *Python Machine Learning - Machine Learning and Deep Learning with Python, Scikit-Learn, and TensorFlow*. Birmingham: Packt Publishing Ltd.
- Ratner, B. (2017). *Statistical and Machine-Learning Data Mining - Techniques for Better Predictive Modeling and Analysis of Big Data*. Boca Raton, FL: CRC Press Taylor & Francis Group.
- Sahoo, B., Behera, R., & Pattnaik, P. (2022). A Comparative Analysis of Multi-Criteria Decision Making Techniques for Ranking of Attributes for e-Governance in India. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 65-70. <https://dx.doi.org/10.14569/IJACSA.2022.0130311>.
- SolarDesignTool. (04 de Mayo de 2023). SolarDesignTool. Obtenido de SolarDesignTool site: <http://www.solardesigntool.com/components/inverter-grid-tie-solar/PVPowered/137/PVP260kW/specification-data-sheet.html>
- Triantaphyllou, E., Shu, B., Nieto Sanchez, S., & Ray, T. (1998). Multi-Criteria Decision Making: An Operations Research Approach. *Encyclopedia of Electrical and Electronics Engineering*, 175-186.
- Velasquez, M., & Hester, P. (2013). An Analysis of Multi-Criteria Decision Making Methods. *International Journal of Operations Research*, 56-66. http://www.orstw.org.tw/ijor/vol10no2/ijor_vol10_no2_p56_p66.pdf.

Uso de dióxido de cloro para la desinfección de áreas de trabajo

Use of chlorine dioxide in the disinfection of work areas

Víctor Osorio Cevallos¹ <https://orcid.org/0000-0002-5628-7085>,
Jonathan Castro Lara¹ <https://orcid.org/0009-0000-2735-1108>

¹Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador

vosorio@espol.edu.ec, jocastro@espol.edu.ec



Esta obra está bajo una licencia internacional
Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0.

Enviado: 2023/05/03

Aceptado: 2023/08/10

Publicado: 2023/12/30

Resumen

La desinfección adecuada de ambientes de trabajo en centros educativos que se mantuvieron cerrados por más de un año debido al confinamiento por el Covid-19 fue importante para el retorno progresivo a las actividades rutinarias. Estudios han demostrado que cuando las áreas permanecen cerradas durante largos períodos hay posibilidad de incremento en el contenido de bacterias y hongos en su interior, causando riesgo para la salud. Este estudio se desarrolló en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar (FIMCM) de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) y su objetivo fue determinar la eficiencia del dióxido de cloro en la desinfección del ambiente y superficies de contacto en áreas de trabajo cerradas por más de un año durante la pandemia. La desinfección del ambiente fue evaluada mediante el cultivo en placa de agar para la recuperación de bacterias y hongos, antes y después del uso del dióxido de cloro (20ppm); mientras que la desinfección en superficies se evaluó usando un luminómetro, antes y después del uso del dióxido de cloro en solución (20ppm). Se confirmó, que la presencia de hongos y bacterias en el ambiente disminuyó un 73% mientras que en las superficies de contacto disminuyó entre el 92% al 99%. Este trabajo se presentó como un reporte a las autoridades de la ESPOL, como parte de lo realizado antes de volver a la presencialidad en las oficinas y demás locaciones de la FIMCM; sin embargo, no se ha publicado en revistas de investigación científica.

Palabras clave: Dióxido de Cloro, desinfección, covid, bacterias, hongos.

Sumario: Introducción, Materiales y Métodos, Resultados y Discusión y Conclusiones.

Como citar: Osorio, V. H. & Castro, J. (2023). Uso de dióxido de cloro para la desinfección de áreas de trabajo. *Revista Tecnológica - Espol*, 35(3), 99-110.
<http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/1014>

Abstract

The adequate disinfection of work environments in educational institutions that remained closed for more than a year due to the confinement caused by Covid-19 was essential for the progressive return of routine activities. Studies have shown that when areas remain closed for long periods, there is a risk that the bacteria and fungi contained inside will increase to levels that can be dangerous to health. This study was developed at the Faculty of Maritime Engineering and Marine Sciences (FIMCM) facilities of the Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL). Its objective was to determine the efficiency of chlorine dioxide in the disinfection of the environment and contact surfaces in work areas that had remained closed for more than a year during the pandemic. The disinfection of the environment was evaluated by culture in an agar plate, for the recovery of bacteria and fungi, before and after using chlorine dioxide (20ppm). On the other hand, disinfection on surfaces was evaluated using a luminometer before and after using chlorine dioxide (20ppm). It was confirmed that the presence of fungi in the environment decreased by 73%, while microorganisms in the contact surfaces decreased between 92% to 99%. This work was presented as a report to ESPOL authorities as part of what was done before returning to the offices and other locations of the FIMCM; however, it was not written as a scientific paper format, nor it was published in scientific research journals.

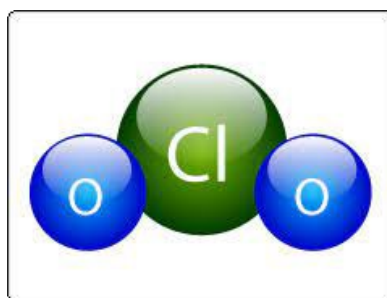
Keywords: Chlorine dioxide, disinfection, covid, bacteria, fungi.

Introducción

La pandemia del COVID-19 encendió las alertas a nivel mundial, direccionando a la población a la práctica de la bioseguridad en el diario vivir. Uno de los aspectos de la bioseguridad es la limpieza y desinfección con ayuda de compuestos químicos pocos conocidos y otros muy nombrados, dentro de los pocos conocidos se encuentra el dióxido de cloro (ClO_2). Luego de una comparación científica de varios métodos de desinfección y prevención epidemiológica, tanto físicos como químicos, el dióxido de cloro se ha convertido en uno de los desinfectantes que destaca debido a sus buenas características de seguridad y eficiencia, así como la no toxicidad para los seres humanos a las concentraciones utilizadas, además de no dejar residuos luego de su uso (Liu, 2003; Tsang, 2003).

Figura 1

Molécula de Dióxido de cloro ClO_2



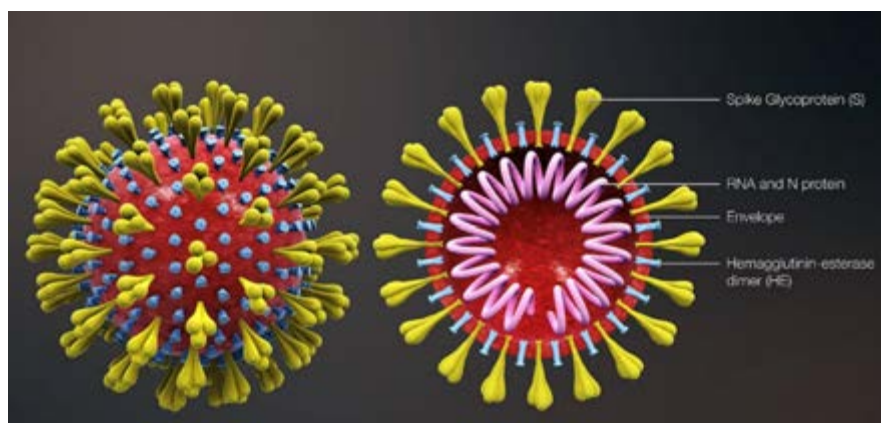
Tomado de: www.yamathosupply.com

Sobre el principio de desinfección, el dióxido de cloro usa su fuerte capacidad de oxidación para capturar electrones de la superficie del virus, lo que hace que el sistema de enzimas celulares se inactive y muera naturalmente, de esta manera, se logra la desinfección y esterilización. En 2012, Ogata (Research Institute, Taiko Pharmaceutical Co.) demostró que el dióxido de cloro inactiva el virus de la gripe (de similares características del coronavirus) por la oxidación de residuos de los aminoácidos cisteína, tirosina y triptófano presentes en la

proteína de las puntas del virus (spikes); aboliendo así su capacidad de unión a los receptores. Es interesante señalar que la proteína presente en las puntas (spikes) del nuevo coronavirus SARS_CoV-2 contienen 54 tirosinas, 12 triptófanos y 40 residuos de cisteína. En una solución acuosa todos estos residuos son capaces de reaccionar con ClO_2 al igual que los aminoácidos libres, inactivando el coronavirus extremadamente rápido incluso con una solución de dióxido de cloro muy diluida (Wang *et al.*, 2005).

Figura 2

Cápside de un virus. La glicoproteína de los picos (spikes) está compuesta por aminoácidos y el dióxido ataca tres de ellos (cisteína, tirosina y triptófano)

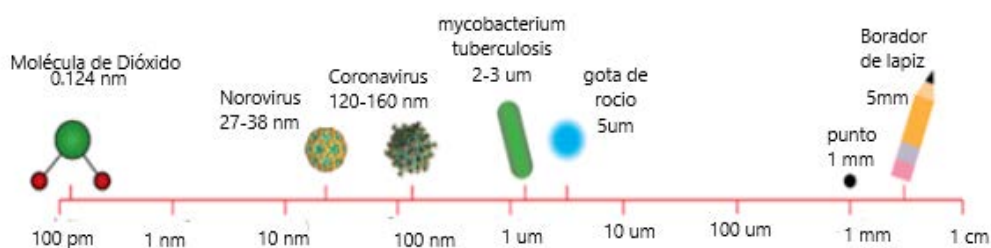


Tomado de: American Society for Microbiology

La molécula del gas de dióxido de cloro tiene 0,124 nm, siendo mil veces más pequeña que el coronavirus (120 y 160 nm); y tiene características de excelente difusibilidad y penetrabilidad que le permite acceder a sitios que son difíciles de desinfectar con agentes líquidos convencionales.

Figura 3

Tamaño de partículas varias. Ilustración del tamaño de varias partículas, incluyendo el dióxido de cloro, bacterias y virus



Tomado de: <https://clordisys.com>

La desinfección del dióxido de cloro tiene una especificidad muy alta, es decir, sólo funciona en patógenos mononucleares y no nucleares (la mayoría de los virus respiratorios, incluyendo COVID-19, pertenecen a esta categoría), pero no es eficaz en organismos multicelulares. Según el Informe de Análisis Toxicológico de Dióxido de Cloro y Clorato, emitido por el Departamento de Salud y Servicios Humanos de los Estados Unidos (HHS, por sus siglas en inglés) en 2020, hasta ahora, ningún estudio toxicológico ha demostrado que la administración oral de dióxido de cloro puede causar la muerte o carcinogénesis en los seres humanos, y no ha habido informes que demuestren que la exposición de la piel humana al dióxido de cloro puede causar cáncer y la muerte, por lo que, actualmente, se considera un

método de desinfección más seguro que el cloro. Esta es también la razón fundamental por la que la Organización Mundial de la Salud (OMS) lo recomienda como el único desinfectante A1 seguro y fiable.

En el escenario de aplicación de la desinfección del dióxido de cloro estipulado en las Normas Sanitarias para desinfectantes de dióxido de cloro (GB 26366-2010), China propuso específicamente la desinfección para "superficies de objetos de uso general", es decir, la desinfección de objetos utilizados para satisfacer las necesidades diarias en los hogares y lugares públicos (mesas, sillas, artículos sanitarios, manijas de puertas y ventanas, pasamanos, asientos y asas de autobús, juguetes, herramientas, etc.).

Además, un gran número de estudios han demostrado el efecto sobresaliente del dióxido de cloro en la desinfección del aire, la desinfección superficial en espacios específicos (World Health Organization); en la de tejidos y equipos, además del tratamiento de aguas residuales domésticas y de hospitales conteniendo residuos de ARN de SARS-CoV (X. Wang, W., et al., 2005; Miura, T., & Shibata, T., 2010). El ejército estadounidense y los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC, por sus siglas en inglés) han utilizado el dióxido de cloro como principal medio de desinfección del aire seguro y eficiente contra el virus del Ébola y los ataques bioquímicos de ántrax. También, un gran número de estudios en China han confirmado que una concentración segura del cuerpo humano directamente expuesto al gas dióxido de cloro se obtiene inicialmente como 0,090 mg/m³/2h/d; esta concentración determinada como fiable, ha sido capaz de asegurar la esterilización efectiva de bacterias y virus.

Materiales y Métodos

Se realizaron tres pruebas para medir la eficiencia de una solución desinfectante a base de dióxido de cloro, en la esterilización de oficinas y laboratorio de la FIMCM. Los estudios fueron realizados sin repeticiones, debido a la limitación de acceso a materiales e insumos por estar en la etapa pretorno a la cotidianidad; además, se quiso demostrar de manera práctica que la desinfección usando este componente químico se encontraba dentro de los estándares permitidos para el regreso a las áreas desinfectadas.

La primera prueba consistió en colocar tres recipientes abiertos (beakers), cada uno con 200ml de solución desinfectante, en una oficina de 30m² y dejar actuar durante cinco días sin abrir el lugar. Este espacio no había sido desinfectado y tampoco limpiado por más de un año debido a las restricciones de la pandemia por Covid-19. Durante el día seis se realizaron pruebas de la calidad microbiológica del aire, utilizando placas de Agar de Trypticase de Soya (TSA – Difco), para la recuperación de bacterias totales (Placa B); y de agar TSA (Difco) enriquecido con Dextrosa al 2% y suplementado con Enrofloxacin para inhibir el crecimiento bacteriano y favorecer la recuperación de hongos (Placa H).

Placas con los medios de cultivo fueron colocadas en tres puntos (denominados punto 1, punto 2 y punto 3) cerca de los lugares donde se situaron los recipientes con la solución desinfectante, como se muestra en la Figura 4; adicionalmente, para medir la carga microbiana en un punto no expuesto, se colocaron placas en un cuarto punto (denominado punto 4) donde no se había puesto recipiente con el desinfectante. Las placas se mantuvieron abiertas durante 30 minutos para capturar los microorganismos que se encontraban en el aire.

Figura 4

Se observan la ubicación de los recipientes con la solución desinfectante y junto a estos, se situaron las placas con los medios de cultivo para la recuperación de bacterias y hongos



La segunda prueba fue realizada en el Laboratorio de Patología, donde se midió la calidad del aire que se encontraba dentro de las dos cabinas de flujo para PCR (Marca: Lab Claire, Modelo: PCR 6, Serie: PCR6-411 y PCR6-417) con que cuenta el laboratorio. En una de las cabinas se colocó un recipiente con 200 ml de solución desinfectante y, al mismo tiempo, se pusieron 2 placas (una placa B y una placa H), como se muestra en la Figura 5. El tiempo en que se dejó actuar la solución desinfectante y que se mantuvieron abiertas las placas con medios de cultivo fue de 30 minutos.

Figura 5

Cámara de flujo laminar en la que se colocaron 200ml de la solución desinfectante y placas con medios de cultivo para testear el aire del interior de la cámara



En la segunda cámara se colocaron las placas con medios de cultivos y se mantuvieron abiertas durante 30 minutos al igual que en la primera, con la diferencia de que en esta no se colocó recipiente con la solución desinfectante (Figura 6).

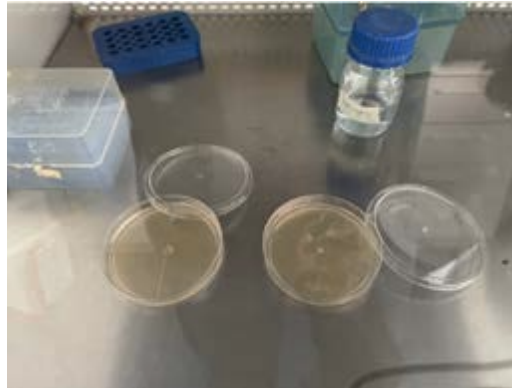
Cabe mencionar que cuando las pruebas se llevaron a cabo dentro de las cámaras de flujo laminar, el sistema de filtración de estas (HEPA) se mantuvo apagado para evitar la incidencia de este proceso. Asimismo, los cultivos realizados se incubaron por 5 días a una temperatura de 25°C en ausencia de luz.

La tercera prueba consistió en realizar mediciones, utilizando el equipo Clean-Trace™ Luminómetro de la marca 3M, de 3 superficies de contacto (un escritorio y dos mesones (punto 5, punto 6 y punto 7) antes y después de ser desinfectadas con la solución.

Adicionalmente, se midieron las superficies de contacto de las cámaras de flujo laminar mencionadas en el punto anterior.

Figura 6

Segunda cámara de flujo laminar en donde solo se colocaron las placas con medios de cultivo para la recuperación de microorganismos encontrados en el aire interior de la cámara



El luminómetro mide la luz generada y muestra los resultados mediante el uso de Unidades Relativas de Luz (RLU, por sus siglas en inglés), número que informa del nivel de contaminación en cuestión de segundos; cuanto más alto sea el número de RLU, mayor será el nivel de ATP y, por tanto, mayor la cantidad de materia orgánica presente. El ATP (adenosín trifosfato) es una molécula que se produce en los procesos metabólicos que tienen lugar en los seres vivos y está presente en todo tipo de materia orgánica (incluidos los microorganismos).

Para la desinfección de superficies se realizó el siguiente procedimiento: se aplicó la solución desinfectante utilizando un atomizador, se dejó actuar el producto por 20 segundos y, finalmente, se eliminó el exceso de humedad con un paño desechable. Las mediciones se realizaron antes y después de la aplicación en la superficie de escritorios, mesones y equipos como las cámaras de flujo laminar.

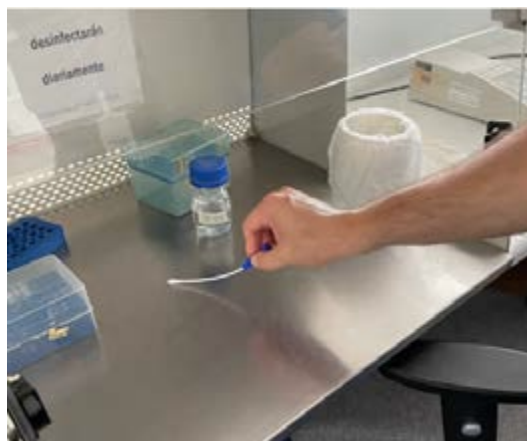
Figura 7

Punto 1 ubicado en la oficina de la Coordinación de Acuicultura de la FIMCM, donde se tomó muestra con un hisopo y luego se leyó en un luminómetro Clean-Trace™



Figura 8

Toma de muestra de la superficie de la cámara de flujo laminar del laboratorio de Patología, FIMCM-ESPOL

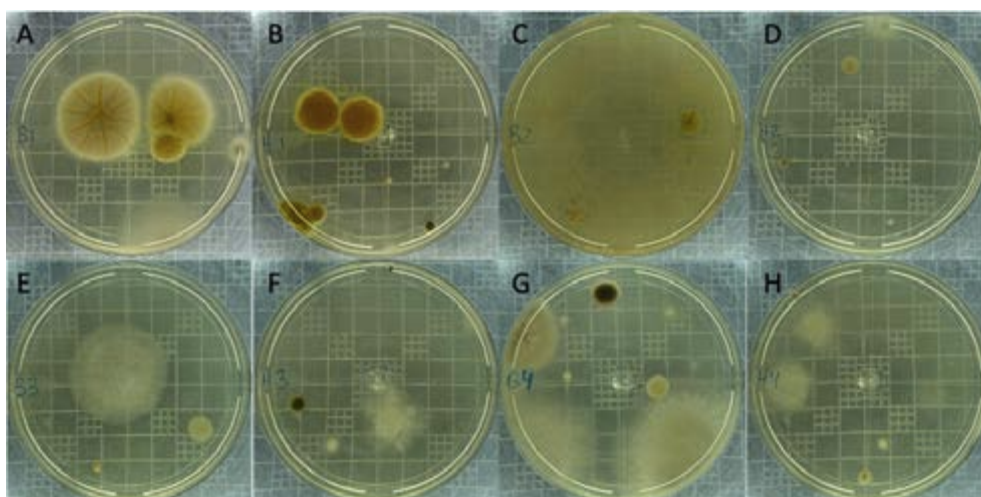


Resultados y Discusión

Primera prueba: los cultivos arrojaron crecimientos de microorganismos de diferentes magnitudes en todas sus placas. En el punto 1 de la oficina, se evidenció el crecimiento de 5 aislados de hongos en la placa B y 5 aislados de hongos en la placa H (Figura 9 a y b). En el punto 2, de la misma área, el crecimiento fue de 2 aislados de hongos y mayor a $1,0 \times 10^6$ UFC/ml de colonias para la placa B y 5 aislados de hongos en la placa H (Figura 9 c y d). En el punto 3 se observaron 3 aislados de hongos en la placa B y 4 aislados para la placa H (Figura 9 e y f). En el punto 4 (alejado de los recipientes con la solución desinfectante) hubo una recuperación de 6 aislados de hongos en la placa B y 9 aislados para la placa H (Figura 9 g y h). Ver Figura 10.

Figura 9

Cultivos de bacterias y de hongos de los diferentes puntos del área de la Coordinación de Acuicultura, FIMCM-ESPOL



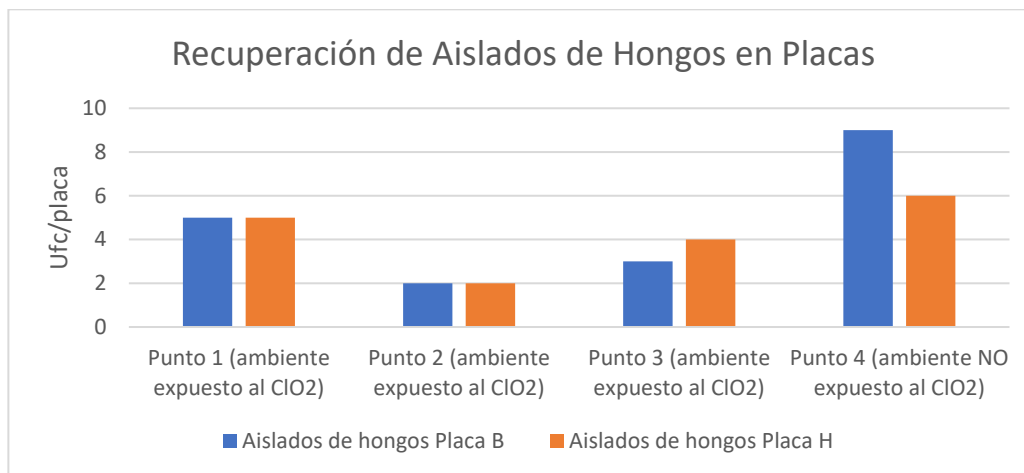
A y B, placas del punto 1; C y D, placas del punto 2; E y F, placas del punto 3; G y H, Placas del punto 4

El número de colonias de hongos que crecieron en la placa H en el punto 4 fue de 9, que es casi el doble de las que crecieron en los puntos 1 y 2 (5 en cada uno) y más del doble de las que crecieron en el punto 3 (4 colonias). No se evidenció crecimiento de colonias de

bacterias en las placas B, salvo en el punto 2 que mostró contaminación externa del disco antes de la inoculación, aunque sí el crecimiento de colonias de hongos en las siguientes magnitudes: en el punto 4 crecieron 6, en el punto 1 fueron 5, en el punto 2 se desarrollaron 2 y en el punto 3 crecieron 3; evidenciándose, al igual que en las placas H, mayor crecimiento en las áreas alejadas a los puntos de emisión de dióxido de cloro.

Figura 10

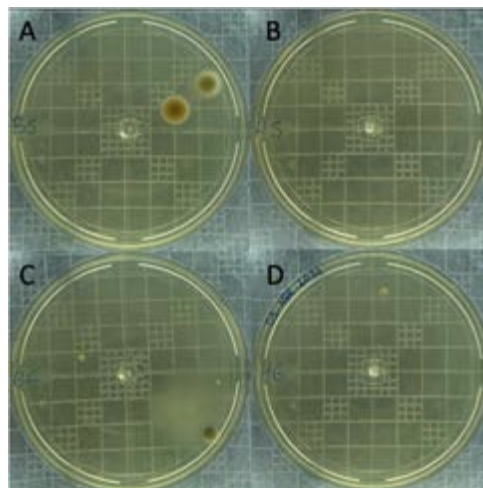
Recuperación de aislados de hongos en placas enriquecidas para el cultivo, las mismas que se mantuvieron abiertas durante 30 minutos para la inoculación de los microorganismos que se encontraban en el ambiente del área



En la segunda prueba realizada en las cámaras de flujo laminar para PCR, los cultivos en la cámara de flujo donde se colocó la solución desinfectante (Cámara1) durante 30 minutos evidenciaron el crecimiento de 2 aislados de hongos para la placa B y 0 aislados para la placa H (Figura 11 a y b); para la cámara en que no se colocó la solución desinfectante (Cámara2) se observaron 4 aislados de hongos en la placa B, y 1 aislado de hongo en la placa H (Figura 11 c y d). Ver Figura 12.

Figura 11

Cajas de cultivo para bacterias y hongos, incubados a temperatura ambiente 28°C, de los puntos testeados en las cámaras de flujo PCR con y sin exposición a la solución desinfectante

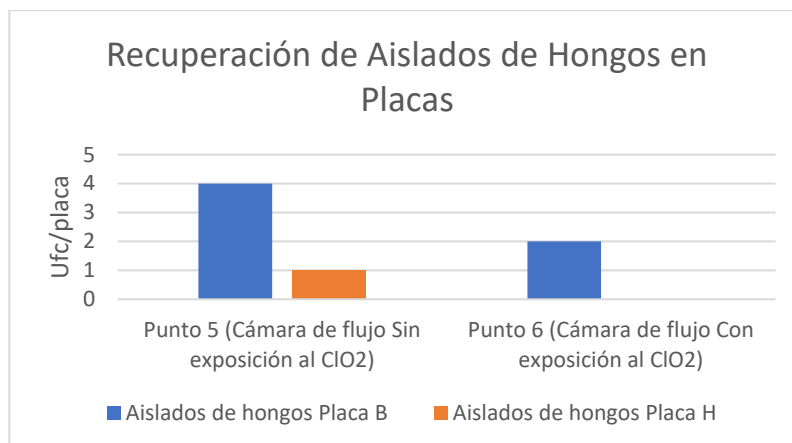


A y B, Placas de la cámara expuesta a la solución desinfectante; C y D, placas de la cámara sin exposición a la solución desinfectante

El número de colonias de hongos que crecieron la placa H en la Cámara1 fue cero mientras que el número de colonias en el mismo medio (placa H) en la Cámara2 fue de 1. Al igual que en la prueba 1, no se evidenció crecimiento de colonias de bacterias en las placas B, aunque si el crecimiento de colonias de hongos en las siguientes magnitudes: 2 en la Cámara1 y 4 en la Cámara2. En conclusión, hubo mayor crecimiento de hongos en la cámara que no recibió emisiones de dióxido de cloro.

Figura 12

Recuperación de aislados de hongos en placas enriquecidas para el cultivo, donde se observa la diferencia entre el número de aislados recuperados entre la cámara de flujo expuesta al ClO₂ y la cámara que no fue expuesta al desinfectante



La tercera prueba realizada con el luminómetro mostró resultados alentadores acerca de la desinfección de superficies utilizando la solución desinfectante. En el punto 5 (escritorio) el resultado fue de 4.030 RLU, antes de la desinfección y de 30 RLU un minuto después de la desinfección (Figura 13); en el punto 6 el resultado fue de 1636 RLU, antes de la esterilización y de 124 RLU un minuto después de esta; en el punto 7 el resultado fue de 372 RLU, antes y de 29 RLU un minuto después de la desinfección (Tabla 1). Por otro lado, en las cámaras de flujo situadas en el Laboratorio de Patología, la superficie de la cámara que no estuvo en contacto con la solución desinfectante tuvo una lectura de 572 RLU, mientras que la cámara que mantuvo contacto arrojó una lectura de 50 RLU (Tabla 2).

Figura 13

Medición de las unidades de luminiscencia relativa, (RLU) de superficies antes y después de la desinfección con la solución desinfectante

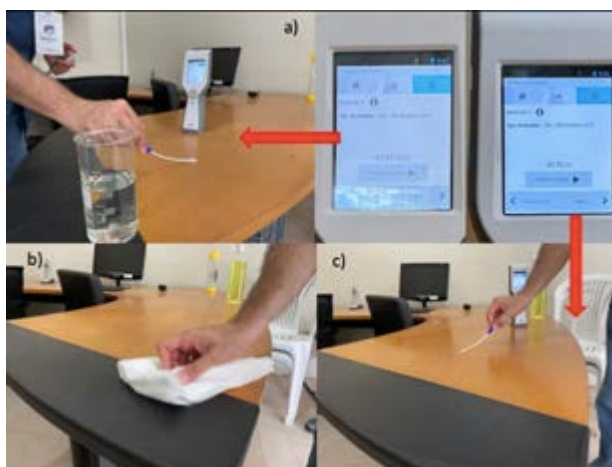


Tabla 1

Resultados del luminómetro de superficies testeadas en diferentes áreas de la Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar, ESPOL, antes y después de realizar una limpieza y desinfección con la solución desinfectante

Punto de Prueba	Día	Resultado (RLU) Antes	Resultado (RLU) Después
Escritorio punto 3, oficina de coordinación de Acuicultura.	07/abril /2021	4030	30
Superficie de mesón, sala de ingreso de Biomedicina.	07/abril /2021	1636	124
Mesón central del Laboratorio de Patología, FIMCM.	07/abril /2021	372	29

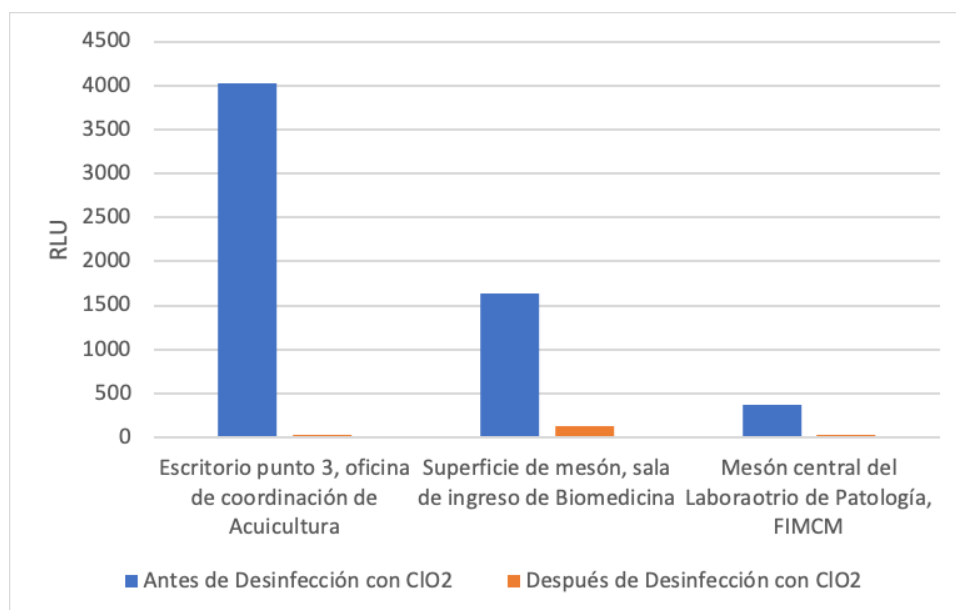
Tabla 2

Resultados del luminómetro de superficies testeadas en diferentes áreas de la Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar, Espol

Punto de Prueba	Día	Hora	Resultado (RLU)
Cámara de flujo laminar sin exposición a la solución desinfectante, Laboratorio de Patología, FIMCM.	07/abril /2021	10:08:40	572
Cámara de flujo laminar con exposición a la solución desinfectante durante 30 minutos 3 días antes del muestreo, Laboratorio de Patología, FIMCM	07/abril /2021	10:09:36	50

Figura 14

Lecturas proporcionadas con el luminómetro en superficies antes y después de haber sido limpiadas y desinfectadas con la solución desinfectante



El efecto desinfectante del dióxido de cloro fue más evidente en las superficies de contacto donde la reducción de microorganismos fue drástica e inmediata. De esta manera, se demuestra que la solución de dióxido también es idónea para la desinfección de superficies (escritorios, mesones, equipos, etc.) y no supone riesgo alguno para la salud.

Conclusiones

Durante el estudio no se registró crecimiento de bacterias en las placas con agar específico (placa B), lo que significó que la carga bacteriana no se incrementó en las áreas muestreadas a pesar de que se mantuvieron cerradas durante un período prolongado de tiempo.

Este no fue el caso de los hongos, los que se detectaron tanto en las placas B como en las placas H, esto podría representar un riesgo para la salud como lo han demostrado varios estudios científicos como el realizado por Mendell en el 2011 que concluye: “Hongos en lugares cerrados pueden representar varios peligros para la salud, ya que pueden liberar esporas y compuestos tóxicos en el aire que pueden causar problemas respiratorios y otros efectos negativos en la salud”. En función de los resultados obtenidos que mostraron que el uso de la solución de dióxido de cloro produce una disminución en la cantidad de hongos en el ambiente y que cuando es aplicada de manera tópica elimina la carga bacteriana de las superficies (Hatanaka, N. et al. 2021); y, acorde a estudios realizados por Wang, W. *et al.* en 2005, en la desinfección de aguas residuales de hospitales y muestras de orina de pacientes infectados con enfermedades respiratorias relacionadas con el SARS-CoV.

Se adecuó y aplicó el siguiente protocolo de desinfección, utilizando una solución de dióxido de cloro en las instalaciones (oficinas, aulas, laboratorios y demás espacios) de la Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar de la ESPOL.

1. Desinfección por nebulización: utilizando un nebulizador eléctrico y una solución de 20ppm de dióxido de cloro se desinfectaron los espacios internos, abarcando el área de adentro hacia fuera y haciendo que la solución llegue a todos los rincones y extremos. Esta nebulización ayudó a disminuir significativamente la carga microbiana (virus, bacterias y hongos) suspendida en el aire y sobre las superficies de escritorios u otros objetos. Las áreas desinfectadas se mantuvieron cerradas por un tiempo de 24 horas para maximizar el efecto. Adicional, se encendieron los aires acondicionados entre 2 a 4 horas después de la esterilización para asegurar que la solución desinfectante circule por los ductos de ventilación y purifique el sistema de aclimatación.
2. Aplicación por contacto y limpieza profunda de superficies y pisos usando también una solución de 20ppm de dióxido de cloro como agente desinfectante, previamente se eliminó el polvo acumulado por el tiempo en que se mantuvo cerrada el área.
3. Para prevenir el crecimiento de microorganismos se mantuvo el área desinfectada, utilizando 200ml de solución de dióxido de cloro (20ppm) en un recipiente, para que el gas volatilizado alcance toda el área y mantenga controlada la carga microbiana del ambiente. Se recomienda usar un envase de vidrio con 200ml de una solución de 20ppm de dióxido de cloro por cada 15m²; los que deben de ser renovados cada semana.
4. Previo al retorno de personal a sus oficinas, ya sea en jornada completa o media jornada, se realizó una segunda nebulización con una solución de 20ppm de dióxido de cloro, para fortalecer la desinfección inicial.

Este procedimiento de limpieza y desinfección a base de dióxido de Cloro, además de recomendarse su uso en oficinas e instituciones educativas, también puede ser utilizado en

domicilios, con lo que contrarrestaríamos las posibilidades de contagio de algún patógeno como el SARS-CoV que afectó a la población mundial en el año 2019.

Referencias

- Aly-Kullai K., Wittmann M., Noszticzius Z. and Rosivall L. (2020). *Can chlorine dioxide prevent the spreading of coronavirus or other viral infections? Medical hypotheses*. *Physiology International* 107 (2020) 1, 1–11. DOI: 10.1556/2060.2020.00015.
- Evaluación del riesgo de la transmisión de SARS-CoV-2 mediante bioaerosoles. Medidas de prevención y recomendaciones. Ministerio de Sanidad, Dirección General de Salud Pública, España. 2020 nov.
- Hatanaka, N., Xu, B., Yasugi, M., Morino, H., Tagishi, H., Miura, T., Shibata, T., Yamasaki, S. (2021). Chlorine dioxide is a more potent antiviral agent against SARS-CoV-2 than sodium hypochlorite. *Journal of Hospital Infection* 118. 20-26.
- Liu, X.J., 2003. Persistence of SARS-CoV in environment beyond expectation. *China's Science and Technology Daily*. 4 June, 2.
- Mendell, M. J., Mirer, A. G., Cheung, K., Tong, M., & Douwes, J. (2011). Respiratory and allergic health effects of dampness, mold, and dampness-related agents: a review of the epidemiologic evidence. *Environmental health perspectives*, 119(6), 748-756.
- Milton. A Rosetta Stone for Understanding Infectious Drops and Aerosols. *Journal of the Pediatric Infectious Diseases Society* [Internet]. 17 de septiembre de 2020 [citado 5 de octubre de 2020];9. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32706376>.
- Miura, T., & Shibata, T. (2010). Antiviral effect of chlorine dioxide against influenza virus and its application for infection control. *Open Antimicrob Agents J*, 2, pp. 71-78.
- Morino, H., Fukuda, T., Miura, T., Shibata, T. (2011) *Effect of low-concentration chlorine dioxide gas against bacteria and viruses on a glass surface in wet environments*. *Letters in Applied Microbiology* ISSN 0266-8254.
- Montaño L., Flores-Soto E. (2020). *COVID-19 y su asociación con los inhibidores de la enzima convertidora de angiotensina y los antagonistas de los receptores para angiotensina II*. Departamento de Farmacología. Facultad de Medicina. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México.
- Ogata N. Inactivation of influenza virus haemagglutinin by chlorine dioxide: oxidation of the conserved tryptophan 153 residue in the receptor-binding site. *J Gen Virol* 2012; 93: 2558–63, <https://doi.org/10.1099/vir.0.044263-0>.
- Samson, R. A., Flannigan, B., & Flannigan, M. E. (Eds.). (2002). Health implications of fungi in indoor environments: an overview. *Indoor air*, 12(Suppl 6), 89-96.
- Tsang T, SARS-Environmental issues. Available at: <http://www.who.int/csr/sars/conference/june-2003/materials/video/en>.
- Waron and Willeke, *Aerosol Measurement: Principles, Techniques, and Applications*. Wiley Interscience, New York. 2001. Aerosol p. 1065. Bioaerosol p. 1066.
- Wang, X.-W., Li, J.-S., Jin, M., Zhen, B., Kong, Q.-X., Song, N., Li, J.-W. (2005). Study on the resistance of severe acute respiratory syndrome-associated coronavirus. *Journal of Virological Methods*, 126(1-2), 171–177.
- World Health Organization. Cleaning and disinfection of environmental surfaces in the context of COVID-19. Available at: <https://www.who.int/publications/i/item/cleaning-and-disinfection-of-environmental-surfaces-in-the-context-of-covid>.

Global Climate: Much more complex than measuring Greenhouse Gases and Carbon Footprints

Clima mundial: Mucho más complejo que medir gases de efecto invernadero y la huella de carbono

Wellington E. Wonsang¹ <https://orcid.org/0000-0003-3936-9705>

¹*LifeWork Adapter., LLC., Killeen, TX, USA*
wonsangwellington@gmail.com



Esta obra está bajo una licencia internacional
Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0.

Sent: 2023/07/03
Accepted: 2023/08/22
Published: 2023/12/30

Abstract

This article analyzes the assertion that 97% of climate scientists concur that humans are the primary driver of global warming and climate change, significantly contributing to rising temperatures. The study examines common myths about climate change, the standard arguments against it, and the perspective and solutions offered by representatives from all sides of the debate. While researching this topic, primary and secondary sources are examined by analyzing their content, including interviews and arguments from credible experts within a wide range of sources, from climate change advocates to deniers and "climate doomers." While most climate scientists agree that human activities contribute somewhat to global warming, many highly reputable scientists and groups rightfully challenge this consensus and the proposed data. This includes prominent academics, corporate figures, and respected Nobel Peace Prize laureates and their works. In conclusion, all perspectives are driven by their concern for the future and survival of humanity and our planet.

Keywords: climate change, global warming, deniers, consensus, climatology, energy.

Resumen

Este artículo analiza la afirmación de que el 97% de los científicos climatólogos coinciden en que el ser humano es el principal impulsor del calentamiento global y el cambio climático con un importante contribuyente al aumento de las temperaturas. El estudio examina mitos comunes sobre el cambio climático, los argumentos estándar contra el cambio climático, y la perspectiva y soluciones ofrecidas por representantes de todos los lados del debate. Durante la

Summary: Introduction, Materials and Methods, Results and Discussion and Conclusions.

How to cite: Wonsang, W. (2023). Global Climate: Much more complex than measuring Greenhouse Gases and Carbon Footprints. *Revista Tecnológica - Espol*, 35(3), 111-125.
<http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/1044>

investigación de este tema, se examinan fuentes primarias y secundarias analizando su contenido, incluyendo entrevistas y argumentos de profesionales encontrados dentro de un amplio rango de fuentes que van desde defensores del cambio climático, negacionistas y catastrofistas del clima. Aunque la mayoría de los científicos del clima coinciden en que las actividades humanas contribuyen en algo al calentamiento global, muchos científicos y grupos de gran reputación cuestionan con razón este consenso y los datos propuestos. Entre estos prestigiosos profesionales se encuentran destacados académicos y personalidades empresariales, así como respetados Premios Nobel de la Paz y sus obras. La conclusión es que todas las perspectivas están apasionadas por su preocupación por el futuro y la supervivencia de la humanidad y de nuestro planeta.

Palabras clave: cambio climático, calentamiento global, negacionistas, consensos, climatología, energía.

Introduction

I have always found it disingenuous and worrisome when the Mainstream Media (MSM) and high-profile individuals start echoing scripted talking points like "This is extremely dangerous to our democracy." and "If you have been vaccinated and taken the recommended booster shots, you are not going to get infected or become a carrier." So, when I hear these same people saying that "about 97% of climate scientists have concluded that humans are changing the climate" (Molina et al., 2014, p.2), my level of concern tends to increase, and my mind understandably goes into high alert mode.

The materials used to develop this article varied widely, including academic writings, governmental and NGO documents, and reputable peer-reviewed journals. The keywords used to generate much of the information encompassed a myriad of combinations, using terms such as climate change, global warming, climate change deniers, conspiracists, consensus, and majority. In addition to traditional sources, content from expert interviews representing both sides of the debate was incorporated. The material also encompassed several impressive collections of reasons why humans are the leading cause of climate change, debunking common myths about global warming, an extensive list of highly respected climate change deniers, and even common arguments against the "consensus." This emotionally charged, thought-provoking, and occasionally uncomfortable article is intended to prompt you into researching some of the sensitive topics it brings to light.

Materials and Methods

This study aims to present an analytical perspective of the key sides of the climate change debate. Content analysis is conducted using primary and secondary sources. The research examines the content of various academic works and media content, including interviews and arguments from recognized experts found through prestigious sources, including climate change proponents, skeptics, and doomsayers.

The main search keywords were: "climate change" OR "global warming" AND ({climate change deniers} OR conspiracists) AND (consensus OR majority). In addition, this comprehensive content analysis also incorporated media materials featuring interviews with experts from both perspectives of the debate.

Voices from both sides of the climate change debate are presented with the inclusion of currently overlooked perspectives, such as those of the deniers. The author relies on academic databases, journals, and media sources for this analysis. With a content-driven and

critical analysis approach, tables and figures are used to guide the readers to consider what is beyond the common and standard discourse on climate change, also known as global warming. Finally, this article concludes with the author's reflective stance.

Results and Discussion

The first source search was conducted through an academically accepted search engine, Scopus Elsevier. After applying the search keywords, the search yielded 145 documents from 2009 to 2023. Most contributions were from the United States, Australia, and the United Kingdom (Figure 1).

Figure 1

Document results by country



Source: Scopus SciVal Publication Set Trends Report

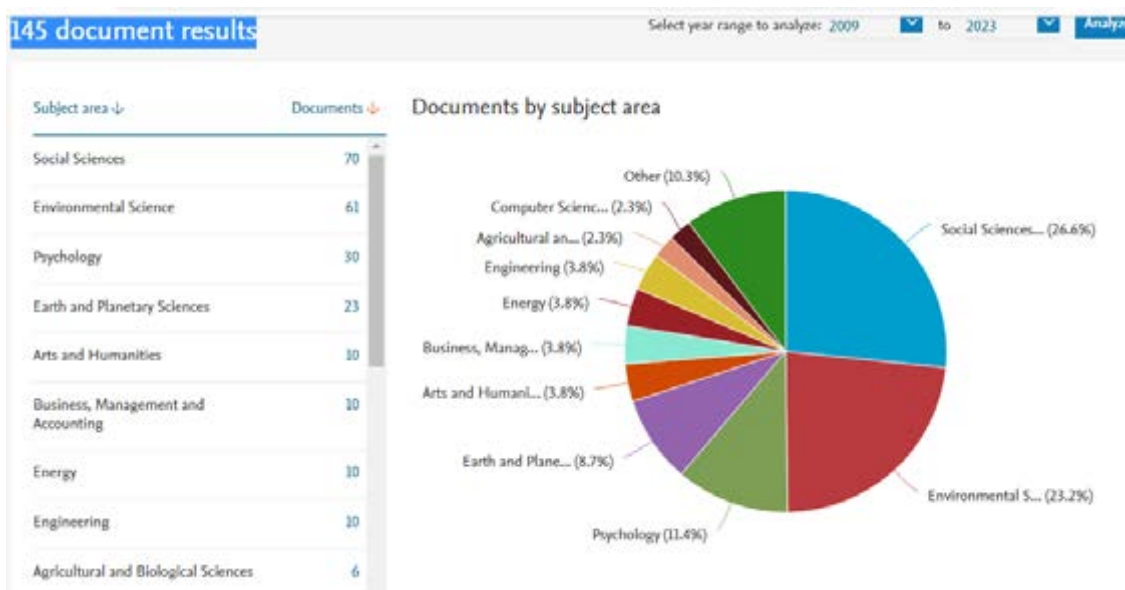
The list of prominent authors that resulted from this search included M.J. Hornsey, K.S. Fielding, S. Lewandowsky, A. Godwin, and E.A. Harris, among others. However, it is notable that none of the known climatologists were included, like M. Ghil, J. Curry, A. Jenkins, T. Harris, J. Christy, W. Harper, S. Manabe, K. Hasselmann, or G. Parisi. Figure 2 offers a view of the area of knowledge of the publications, which sheds light on this observation: most of the publications were in Social Sciences, Environmental Science, and Psychology, with fewer numbers on Earth and Planetary Science and none on the area of Climatology per se.

Upon reviewing the content of those sources, we can start by suggesting that stances on climate change have followed a political agenda. Studies have shown a pronounced gap between those who identify with right-wing politics and those who align with left-wing politics regarding climate change beliefs and policy support. In two experimental investigations with 126 and 646 participants, respectively, the effect of the politics of climate change on the movement around these inequalities was explored (Unsworth & Fielding, 2014). Results indicate that individuals who openly express their political identity are less likely to believe in an anthropogenic origin of climate change and less likely to support government-driven climate change actions compared to those who do not overtly reveal their political affiliations. The

findings highlight the significance of one's political identification in shaping attitudes and ideas, even regarding climate change.

Figure 2

Document results by Area



Source: Scopus SciVal Publication Set Trends Report

The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) is the United Nations body for evaluating the science related to climate change. Their assessments arm governments with scientific insights they can use to create climate policies based on data points provided by "reputable scientists." IPCC assessments are key talking points at international negotiations addressing climate change initiatives and a foundation for creating climate policies and regulations. The IPCC reports are drafted and reviewed in several stages. This guarantees objectivity, transparency, and credibility (IPCC, 2023). Therefore, the IPCC stands as one of the most consulted authorities for information on climate change.

Similarly, studies examining climate change beliefs present challenges for academics, practitioners, and policymakers. A meta-analysis of the factors associated with climate change denial combined data from 25 polls and 171 academic research from 56 different countries to study 27 variables (Hornsey et al., 2016). The study concluded that beliefs, ideologies, worldviews, and political orientation proved to be more robust predictors of outcomes compared to numerous intuitively appealing variables, such as education, sex, subjective knowledge, and experience with extreme weather events. Furthermore, those beliefs about climate change demonstrated a mild to moderate influence on people's willingness to take climate-friendly actions.

Studies asserting that conspiracy theories and conservative ideology play a role in fostering skepticism about human impact on climate change are largely based on data gathered in the United States. Therefore, rather than being a global occurrence, it is claimed that the ideological basis of climate change views is unique to the United States (Hornsey et al., 2018), as the United States exhibited stronger and more consistent positive correlations between ideological indices and climate skepticism than the other 24 studied countries. This suggests that Americans are particularly influenced to evaluate climate research through the lens of their American political culture rather than those of other countries.

Furthermore, the disparity between the consensus among scientists and the public is alarmingly wide. A study shows that more than one-third of polled Americans doubt that humans are mostly to blame for rising temperatures leading to climate change. Hornsey and Fielding (2017) suggest that opposition to a message supported by evidence stems from illiteracy or a lack of understanding of the evidence, which mirrors the "deficit model" of scientific communication and introduces the idea of "attitude roots," which are the underlying anxieties, ideologies, worldviews, and identity needs that sustain and motivate particular "surface" attitudes like creationism and climate skepticism. The study proposes a "jiu-jitsu" model of persuasion, which employs those attitude roots instead of combating them to effect change.

Therefore, communication strategies play an important role in shaping people's thinking toward climate change. For scientists, policymakers, and communication strategists, engaging the public in reducing or adapting to the hazards posed by climate change presents considerable obstacles. In light of these challenges, audience segmentation emerges as a potential approach to create more persuasive communications that are personalized and targeted to subsets of the public who share comparable values, beliefs, habits, and/or policy preferences regarding climate change (Hine et al., 2014). The conclusion of this study indicates that audience segmentation and focused messaging are generally useful methods that could improve climate change communication, thus suggesting careful attention to conceptual and methodological challenges when conducting and analyzing the findings of segmentation studies. Finally, the study advocates the need for further research on tailoring and targeting messaging to certain demographics.

Top Five Reasons Why Humans Are the Leading Cause of Climate Change

As found in the European Commission's website on Climate Change (n.d.), these are the top five leading reasons for human-driven CO₂ emissions, according to the European Commission General Directorate for Climate Action (Table 1).

Table 1

European Commission's List of Greenhouse Gas Producers

a) Burning coal, oil, and gas	These products produce greenhouse gases such as Carbon Dioxide (CO ₂) and Nitrous Oxide (N ₂ O).
b) Cutting down forests or deforestation	Deforestation and elimination of other plant life build up Greenhouse gases, reducing the environment's capacity to regulate the climate by absorbing CO ₂ from the atmosphere. When trees and other plant life are cut down, the beneficial effect of releasing Oxygen (O) back into the atmosphere is lost, and the carbon stored in the plants is released into the atmosphere, adding to the greenhouse effect.
c) Increasing livestock farming	Cows and sheep produce large amounts of methane when they digest food. N ₂ O emissions increase the production of greenhouse gases primarily by body gases released when the livestock eructate. Eructation is when animals release air or gas from the stomach or esophagus through the mouth.
d) Fertilizers containing Nitrogen (N)	Using these fertilizers increases the production of N ₂ O emissions, increasing the production of greenhouse gases.
e) Fluorinated gases include N ₂ O and Methane (CH ₄)	These gases are emitted from equipment and other products that use these gases. Such emissions have a strong warming effect on our atmosphere, up to 23,000 times greater than CO ₂ , another standard greenhouse gas.

Source: Own elaboration

Debunking Common Myths About Global Warming

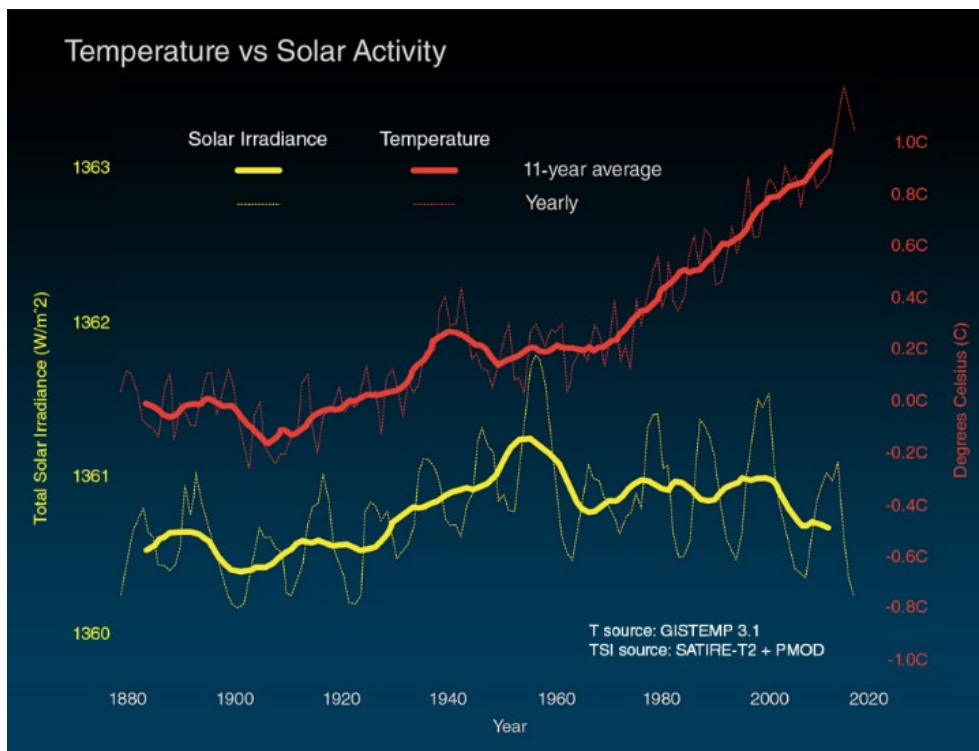
Climate scientists Dr. Deepti Singh and Dr. Benjamin Cook debunked thirteen myths about Global Warming (Insider Science, 2021). With all the disinformation being shared for political reasons, manipulating public opinion to shape policy, and advancing the agenda of lobbyists and special interest groups, it is worthwhile to explore a few of these "myths" that have been discredited.

Myth #1 – The sun is responsible for Global Warming.

Even though energy given off by the sun affects Earth's climate, the amount of energy we get from the sun has not changed significantly over the past 150 years. The following graph, elaborated and provided by NASA satellites (Figure 3), shows no correlation between the sun's solar activity, which has remained largely consistent over time, and the increasing global temperature of the Earth.

Figure 3

NASA's Correlation Graph: Temperature vs Solar Activity



Source: NASA Goddard Institute for Space Studies

Myth #2 – Scientists disagree on what causes climate change.

An extensive review of published literature in reputable journals by esteemed scientists reveals unanimous agreement that human activity impacts Earth's temperature. The matter of just how much is where much of the debate occurs. However, all research and data indicate that human activity does affect global warming.

Myth #3 – Global Warming is caused by cow farts.

First of all, cows burping, not flatulence, causes Greenhouse Gases. *Agriculture, forestry, and other land use* represent 24% of the United States' carbon footprint, as reported by the IPCC (2014), slightly below *Electricity and heat production* with the highest percentage (25%). In comparison, *Buildings* account for the smallest share at 6% (IPCC2014; Newsham, 2018).

Myth #4 Plants and Animals will adapt.

A century ago, this assertion may have been true. Today, other factors make it more challenging for plants and animals, such as the pace of change, habitat fragmentation, environmental pollution, and other stressors.

Myth # 5 Social Media Myths – Global Warming is Natural

Although the climate and the temperature have indeed been changing throughout history, there have been other eras marked by diverse climates, such as the age of the dinosaurs and the last Ice Age.

Myth #6 Carbon Dioxide is the problem.

CO₂ in itself is not the primary concern; rather, the issue arises from its increased concentration in the atmosphere. The pockets of concentrated CO₂ have caused a rapid rise in temperature over the last 100 years. It began to increase during the first Industrial Revolution, which transitioned from creating goods by hand to using machines. Scholars widely debate its start and end, but the period generally spanned between 1760 to 1840 (Wilkinson, 2022). Preceding this era, CO₂ levels were around 208 parts per million. Then, the second Industrial Revolution followed from 1867 to around 1914 (Longley, 2021).

Myth #7 A few degrees difference is not a big deal.

Bakers and doctors understand what difference a few degrees can make in preparing a meal or a patient's well-being. In the context of human health, the ideal body temperature is 98.6° Fahrenheit (37° Celsius). If the body is one or two degrees warmer, it is classified as a low-grade fever, while an increase of three to four degrees can signify a serious illness. Most of the Earth's population does not have air conditioning and would not manage well without air conditioning or a good fan. Even a shift of two or three degrees, and the body feels it. The same happens with the Earth's ecosystem.

Myth #8 Global Warming will destroy the Earth by the year 2030.

As disruptive and dangerous as many presume climate change deniers to be because they challenge the 'consensus', climate doomists are equally, and some may say excessively more, perilous. Climate doomists like Greta Thunberg, Alexandria Ocasio Cortez, Leonardo DiCaprio, Justin Trudeau, and Mark Ruffalo exemplify the other extreme of the spectrum. They fervently proclaim predictions of Earth's destruction by 2030, creating anxiety and panic. Since climate doomists are more vocal and often have celebrity status, they are more adept at swaying public opinion and applying immense pressure to convince politicians and policy setters to spend billions on implausible hypotheses based on their popularity instead of certifiable scientific evidence.

Myth #9 Global Warming is China's fault.

Given that Greenhouse gases can linger in the atmosphere for many years, if not centuries, the existing carbon footprint results from the residual impact of America and Europe's Industrial Revolutions. China's emissions are parallel to those of the United States, but the predominant portion of the atmospheric content is presumed to be from the U.S. and Europe. It is important to remember that when the weather was considerably colder, the CO₂ in the atmosphere was 1300% higher than its present level today (Butos & McQuade, 2015).

Myth #10 Renewable energy is too expensive to be realistic.

While it is true that renewable energy is becoming cheaper, when people begin to delve deeper, they discover that taxpayer-funded subsidies facilitate these cost reductions. Nevertheless, increased competition in that market space, better quality of production, and

more proficient logistics have also contributed to lowering prices. However, the more significant issue remains: the industry, as a whole, is still being heavily subsidized by taxpayer dollars. Whether individuals participate in the shift to renewable energy or not, all share this financial burden. Another issue is that mining raw materials and manufacturing processes still require electricity, fossil fuels, and transportation via truck and train. It also requires manufacturing, which adds to the carbon footprint.

Myth #11 Extreme weather is not caused by Global Warming.

Since some regions of the planet, like the United States, have historically experienced extreme weather, this assertion needs to be revised. However, it must be acknowledged that the effects of these extreme weather events are affected by the warming trend, much of which, but not exclusively, was caused by human activities. Even though human beings cannot dictate the cessation of such events through legislation or payments, we can still use common sense and practice good stewardship over the Earth's resources.

Myth #12 The temperature record is unreliable.

Scientists have been collecting and documenting weather data for nearly two centuries, and today nearly half a dozen independent groups worldwide have been collecting temperature readings from thousands of thermometers worldwide. For nearly two centuries, the estimated changes in global temperatures have exhibited consistency across various sources. The collected data are publicly available for anyone to review and study.

Myth# 13 It is too late to do anything about it.

While ant climate change-related catastrophes might take centuries to occur, there are plenty of protective measures we can take to avoid these potentially "imminent" scenarios. These include avoiding the purchase of energy-intensive meat products, with government policies minimizing electricity and fossil fuels for mining, manufacturing, and transportation, and allocating funding for universities to create new and innovative alternatives to fossil fuels.

Climate Change Deniers

The label "climate change denier" is given to anyone who rejects or expresses skepticism toward the general scientific consensus on climate change, global warming, and its causes. While most climate scientists agree that human activities contribute to global warming, many highly reputable scientists, including highly respected Nobel Prize laureates and groups, rightfully challenge this consensus and the proposed data.

Dr. Simon Clark and his documentary Global Warming: An Inconvenient History

Dr. Clark made a documentary detailing the birth, misinformation, and scientific propaganda of the origins of Climate Change (Clark, 2022). In his documentary, he mentions how many people were under the assumption that in 2006, former Vice President Al Gore introduced the topic of Climate Change. Vice President Gore made a documentary called, *The Inconvenient Truth* and introduced it into mainstream consciousness, making it a household discussion topic, birthing many concerns, and giving rise to many radical activists.

Dr. Clark's academic journey led him to Harvard University in 1965. In his senior year, he studied under a professor named Dr. Roger Revel, a doctoral candidate at the University of California Berkley. Dr. Revel was instrumental in writing and creating a book titled, *The International Geophysical Year of 1957*. Additionally, he was the project lead on the study of nuclear detonations on Bikini Atoll and developed the Scripps Oceanographic Institute, where he studied how the oceans absorbed CO₂ and eventually was able to amass a fleet of research

vessels that exceeded the size of many navies. He studied how the oceans absorbed CO₂, which determined how much CO₂ was present in the Earth's atmosphere.

Dr. Clark extended his exploration by producing a follow-up documentary called, *The Many Errors of An Inconvenient Truth* (Clark, 2023). Coinciding with Vice President Gore's receipt of the Nobel Peace Prize for his documentary, *The Inconvenient Truth*, the governments of England, Scotland, and Wales started a project to distribute information about climate change to secondary schools. This initiative gave rise to a group, led by Stewart Dimmock, that filed a case in the U.K.'s High Court of Justice in England and Wales related to the appropriateness of the government's distribution of Al Gore's climate change documentary along with his accompanying manual, "Guidance Note" to English state schools as educational material (Stuart Dimmock v. Secretary of State for Education and Skills, 2007). The claim stated that the government-funded project was an attempt to "politically indoctrinate children." (Dimmock v. Secretary of State for Education and Skills, 2007). While acknowledging that *The Inconvenient Truth* was "substantially founded upon scientific research and fact," Justice Michael Burton also recognized that "even if the science was used, in the hands of a gifted politician and communicator, it is to make a political statement and to support a political program." He also determined that the movie advances four primary scientific hypotheses, each of which is backed up by substantial evidence from studies that have been published in respectable, peer-reviewed publications and are consistent with the most recent IPCC conclusions. Nevertheless, the justice did identify nine errors in the film. Dr. Clark broke categorized them into three categories and identified an additional error the judge could not have known about; therefore, it was not included in the court case. See Table 2

Table 2

Justice Michael Burton Categories of Errors

CATEGORY	DESCRIPTION
<i>Category One – Sensationalism</i>	<ul style="list-style-type: none"> Greenland melting: Sea levels could reach a seven-foot sea level rise. Gore fails to mention that this catastrophe would take centuries to occur. Polar Bears drowning: The Polar Bears found drowned were killed by an exceptional event created by a storm. The Evacuation of the Pacific Islands: Unfounded as the sea level raising 30 cm since 1950. No actual evidence was found for evacuations at this time.
<i>Category Two – Attribution</i>	<ul style="list-style-type: none"> Hurricane Katrina: The hurricane may have happened despite Global warming trends. No evidence was available that it did. The Drying of Lake Chad: Climate change can lead to a lake drying up, but there was no direct evidence that it was the cause. The Snow Melting on Mount Kilimanjaro: One is highly unlikely to assign climate change as the reason for the snow melting on Mount Kilimanjaro.
<i>Category Three – Insufficient Evidence</i>	<ul style="list-style-type: none"> CO₂ and Temperature Correlation: Dr. Thom Harris shared proof from Carlton University that the historical geologic evidence he and others had been finding. The evidence had proven no consistent correlation between CO₂ and Earth's Temperature. He had also shown that when the weather was considerably colder, they discovered that CO₂ was 1300% of what it is today. Coral Reef Bleaching: No substantial evidence was available at the time. Gulfstream Shutting Down: The evidence at the time did not support Gore's claim.

Source: Own elaboration from the Dimmock v. Secretary of State for Education and Skills 2007 Case

Dr. Tom Harris – President of the International Climate Science Coalition and former Climate Alarmist

As an Aerospace Engineer, Dr. Harris used to give speeches and write articles that drew parallels between the environmental conditions on Venus and potential scenarios on Earth unless significant changes were made (Fox News, 2022). One day, a Geology Professor from Carlton University reached out to him and said that he was impressed with his work but that his statement about Venus was wrong. He told Dr. Harris that what happened on Venus could not physically happen on Earth and even invited Dr. Harris to his campus lab for a detailed explanation. The Geology Professor shared historical geologic evidence that undermined the notion of a consistent correlation between CO₂ and Earth's Temperature. He showed that when the weather was considerably colder, CO₂ was 1300% of what it is today. Subsequently, Dr. Harris was exposed to many people who supported this alternative perspective. He learned that thousands of scientists had come to the same conclusion, exemplified by the report titled *Climate Change Reconsidered: The Report of the Nongovernmental International Panel on Climate Change (NIPCC)* (Singer & Idso, 2009). Consequently, Dr. Harris transitioned from a climate alarmist to a denier of climate change.

Dr. John Christy - an American scientist at NASA's Jet Propulsion Laboratory

Dr. Christy acknowledges the evidence that extreme weather events have been more frequent in recent years and admits that human activities have left trace evidence of temperature increases. However, his data indicate that the impact is negligible. He says, "It is a small fingerprint, not a large footprint." (NASA Goddard, 2013). The weather history of the United States has consistently indicated that extreme weather has been a part of the nation's climate fabric. However, there has not been a steady uprising. Turbulent weather, such as floods, droughts, tornados, hurricanes, and forest fires, have persisted throughout history. Dr. Christy further acknowledges that shifting weather patterns have led to the melting of sea ice, rising sea levels, and an increased risk profile for those residing in the United States.

Furthermore, Dr. Christy recognizes that our world is warming and that humans do contribute to this phenomenon. However, while acknowledging humans' impact on the planet's warming trend and that human activity affects the planet's temperature, he also underscores our role in the overall warming trajectory since it is just not significant enough to cause alarm.

Dr. Judith Curry – Current CEO of the Climate Forecast Application Sector

Dr. Curry, an American climatologist and former Chair of the School of Earth and Atmospheric Sciences at the Georgia Institute of Technology (BizNewsTv, 2022), has been instrumental in revealing how much of the warming trend can be directly attributed to humans and why motivating the scientific community to reach a "consensus" around "climate change" in such a relatively short period was crucial. However, much of the urgency and importance around creating a consensus was being politically driven to initiate policy change, financial gain, and influence wielded by lobbyists and special interest groups. Terminology also takes on a new level of importance as the labels for the consensus transitioned from global warming to climate change and global heating. With each rebranding event, the names become more ominous and foreboding. Dr. Curry also warns about the dangers of transition risk, which is the risk of rapidly getting rid of fossil fuel while rushing headlong into relying solely on solar and wind too quickly. She also underscores the challenges associated with solutions such as *Hydrogen Backup*, creating a workable infrastructure, and developing innovative alternatives, all of which lie decades away. She strongly advocates that "between today and 2050, we must focus our efforts on technological development and experimentation." Dr. Curry also encourages us to work collaboratively with different countries and states and experiment with different things to identify what works effectively. She suggests that our transition must be

economically sound, well-planned, executed, and responsibly done. Thus, transitioning will require more electricity, mining, and drilling. She adds that wind and solar are "a near-term solution and niche solution for some places, is not a long-term global solution."

Dr. William Happer – a Physics Professor at Princeton University specialized in the study of Atomic Physics, Optics, and Spectroscopy

Dr. Happer was interviewed on Climate Physics (Ammous, 2022), where he claimed that there is "no overwhelming consensus.". He added that about half of meteorologists are still unconcerned about global warming despite years of propaganda and even employment-related pressures. Furthermore, he stated that the alignment of theoretical predictions with observable data serves as a more robust measure of the validity of scientific theories than mere consensus. He highlights that the "pause" or "hiatus" in warming that has been noticed since around the year 2000 was not predicted by nearly any climate models. He also mentioned that in conventional science, scientists would attempt to identify the mistakes and correct the incorrect models. Dr. Happer pointed out that many alarmists are working hard to manipulate the observational data to make it coincide with the models' inaccurate forecasts.

In the same interview, Dr. Happer made an assertion about "scientists with a more objective approach." Despite a substantial annual federal spending of around \$20 billion on climate change, their accomplishments remain relatively modest. He reckoned some climate scientists are producing commendable results, such as accurate measurements of the atmosphere and oceans. However, he highlights the challenge they face due to the intensity of backlash anticipated for those who dare to deviate from the established narrative. Finally, he concluded that most people who have doubts about climate concerns should keep them private.

Nobel Peace Prize Laureates

In addition, some recipients of the Nobel Peace Prize have also challenged the prevailing consensus, for example, Albert Einstein, Marie Salomea Skłodowska-Curie, and Wilhelm Conrad Röntgen. Furthermore, Syukuro Manabe, Klaus Hasselmann, and Giorgio Parisi, the first in Climatology to receive the Nobel Prize in Physics in 2021, are among the climate scientists against the consensus. This recognition was attributed to their groundbreaking work in physically modelling Earth's climate, quantifying variability, and reliably predicting global warming. Their prominence helped attain prestige and legitimacy in the Climate Sciences and discipline.

Common Arguments that Contradict the Consensus

Hand-in-hand with their groundbreaking achievements also emerged opposing viewpoints that brought forth sound arguments against their positions. Given the plethora of negative comments, here are the five most common arguments, points, and counterpoints. These debates between Climate Change Deniers and the larger Climate Scientific Community, which challenges the consensus, are summarized in Table 3.

It is important to acknowledge that the IPCC and numerous scientific bodies worldwide support the arguments presented by climate change deniers. The consensus asserts that human activities drive global warming and emphasizes the need to take measures to mitigate its impacts. However, it is not often mentioned the actual impact of other factors.

Also, it is essential to highlight that equilibrium theories have been crucial for understanding climate change's economic and climate aspects. However, recent developments in macroeconomic literature emphasize the need to consider natural climate variability. One is the CoCEB-S model, a coupled climate-economy-biosphere model that highlights the

effectiveness of mitigation strategies like low-carbon technologies, deforestation reduction, and carbon capture and storage (Ogutu et al., 2022).

Table 3

Common Arguments of the Consensus Debate

Argument	Point	Counterpoint
Natural Climate Variability	Some skeptics argue that natural processes primarily drive climate change and that human activities play a minor role. They suggest that Earth's climate has always undergone natural fluctuations, and the current warming trend is within the range of historical variability.	Scientific studies have shown that the current rate of warming is unprecedented and cannot be explained by natural factors alone. The influence of human activities, particularly the emission of greenhouse gases, has already been demonstrated (Ghil, 2002; IPCC, 2023).
Temperature Plateau or Cooling Trends	Skeptics often point to short-term temperature fluctuations or cherry-pick data to argue that global warming has stopped or that cooling trends exist.	Climate scientists look at long-term trends and global averages, consistently showing a warming climate. Short-term variations, such as natural climate oscillations or volcanic eruptions, can temporarily affect temperatures but do not negate the overall warming trend (Jenkins, 2009).
Climate Models' Inaccuracy	Some Skeptics claim that climate models used to project future climate scenarios are flawed or inaccurate.	While models are imperfect, they have proven valuable tools for understanding the climate system and have successfully replicated past climate changes. In addition, they provide projections based on different emission scenarios and help inform policymakers about potential future impacts (Cho, 2023).
Natural Causes of Climate Change	Skeptics may emphasize natural factors, such as solar activity or cosmic rays, as the main drivers of climate change.	However, extensive research has shown that these factors cannot account for the observed warming trends over the past century. Multiple lines of evidence consistently attribute the most recent global warming to human activities (Turrentine, 2022, IPCC, 2023).
Data Manipulation or Conspiracy Claims	Some skeptics argue that climate scientists manipulate data or engage in a global conspiracy to promote a particular agenda.	These claims are not supported by evidence and are often based on misinterpretations or misrepresentations of scientific practices. The scientific process involves peer review, transparency, and rigorous scrutiny to ensure the accuracy and integrity of research findings (Michaels & Burnett, 2019).

Source: Own elaboration

The history and effects of scientific consensus-building efforts by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) about perilous anthropogenic climate change were examined by Curry and Webster (2013). They claim that the philosophy of science and the social and psychological problems that contribute to prejudice are used to create a broad view of consensus that influences policymaking. They suggest a stand based on scientific research would be the best way to improve decision-making and enhance the interface between climate research and policy. In the same vein, Butos and McQuade (2015) provide evidence of a biased approach toward the consensus and state there is no denial of the effect of human action on the environment but its arguably significant effect on climate variations.

Conclusions

While human activities certainly contribute to temperature increases in certain regions of the planet, it is important to acknowledge that many highly reputable scientists and groups rightfully challenge the extent of human impact, especially compared to other natural contributing factors. The existence of a consensus can also often create resistance or prejudices to the ideas or positions of the minority. Within the dissenting group, one can find reputable professionals, prominent academics, including Nobel Peace Prize laureates, and famous personalities such as celebrities and policymakers. Given the rising popularity of social media, influencers, celebrities, politicians, and activist groups wield considerable influence over their followers and the general public. Social media also affects how people think, spend money, and vote. The Internet provides them with a robust platform where almost any information posted gains instant credibility and interest, often leading to ignorance, false presuppositions, and the misguidance of individuals who do not often do their own research. Historically, being in the majority has not guaranteed to be right or the optimal preparation for a better future. The dominance of a consensus often results in the neglect of innovations and advancements of the minority, whose ideas are discredited or labeled as conspiratorial. In the case of climate change, this tendency can impact the future and survival of humanity and our planet.

Acknowledgments

The author would like to thank the reviewers for their comments which helped improve the quality and purpose of this article.

References

- Ammous, S. (2022, October 29). 138. Climate physics w/ Professor William Happer [Video]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=5Uf_AbyG6ho
- BizNewsTv. (2022, November 22). "There's no emergency" – dissident climatologist Dr. Judith Curry on climate change [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=YBdmppcfixM>
- Butos, W. N., & McQuade, T. J. (2015). Causes and Consequences of the Climate Science Boom. *The Independent Review*, 20(2), 165-196. <https://www.proquest.com/scholarly-journals/causes-consequences-climate-science-boom/docview/1715694104/se-2>
- Cho, R. (2023). What Uncertainties Remain in Climate Science? State of the Planet. <https://news.climate.columbia.edu/2023/01/12/what-uncertainties-remain-in-climate-science/#:~:text=The%20uncertainties%20are%20due%20to,errors%20from%20imprecise%20observational%20instruments>
- Clark, S. (2022). Global Warming: An Inconvenient History. YouTube. Retrieved June 28, 2023, from <https://www.youtube.com/watch?v=GGtAilkWTtI>.
- Clark, S. (2023). The many errors of an inconvenient truth. YouTube. Retrieved June 28, 2023, from <https://www.youtube.com/watch?v=uxiHzjH-uIo>.
- Curry, J. A., & Webster, P. J. (2013). Climate change: No consensus on consensus. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*, 8 doi:10.1079/PAVSNNR20138001
- European Commission General Directorate for Climate Action. (n.d.). Causes of climate change. Climate Action. https://climate.ec.europa.eu/climate-change/causes-climate-change_en
- Fox News. (2022, October 12). There is no climate crisis: Tom Harris [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=Qdg4uQW8DIg>

- Ghil, M. (2002). Natural climate variability. *Encyclopedia of global environmental change*, 1, 544-549. <https://dept.atmos.ucla.edu/sites/default/files/MGEGEC.pdf>
- Hine, D. W., Reser, J. P., Morrison, M., Phillips, W. J., Nunn, P., & Cooksey, R. (2014). Audience segmentation and climate change communication: Conceptual and methodological considerations. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 5(4), 441-459. doi:10.1002/wcc.279
- Hornsey, M. J., Harris, E. A., Bain, P. G., & Fielding, K. S. (2016). Meta-analyses of the determinants and outcomes of belief in climate change. *Nature Climate Change*, 6(6), 622-626. doi:10.1038/nclimate2943
- Hornsey, M. J., & Fielding, K. S. (2017). Attitude roots and jiu-jitsu persuasion: Understanding and overcoming the motivated rejection of science. *American Psychologist*, 72(5), 459-473. doi:10.1037/a0040437
- Hornsey, M. J., Harris, E. A., & Fielding, K. S. (2018). Relationships among conspiratorial beliefs, conservatism and climate skepticism across nations. *Nature Climate Change*, 8(7), 614-620. doi:10.1038/s41558-018-0157-2
- Insider Science. (2021, April 25). Climate Scientists Debunk 13 Myths About Global Warming | Debunked [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=8ssM2O0qkRk>
- IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, [C.B. Field et al. (eds)], Cambridge, UK and New York NY: Cambridge University Press.
- IPCC. (2023). Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 1-34, doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001
- Jenkins, A. (2009, September 23). NASA - The Ups and Downs of Global Warming. <https://www.nasa.gov/topics/earth/features/upsDownsGlobalWarming.html>
- Longley, R. (2021). Overview of the Second Industrial Revolution. ThoughtCo. <https://www.thoughtco.com/second-industrial-revolution-overview-5180514>
- Michaels, P., & Burnett, S. (2019, December 5). Climate Data Is Being Misused and Manipulated, Says Award-Winning Scientist – The Heartland Institute. The Heartland Institute. <https://heartland.org/opinion/it-takes-courage-to-stand-up-for-a-rational-discussion-of-climate-science-and-policy-says-award-winning-scientist/>
- Molina, M., McCarthy, J., Wall, D., Alley, R., Cobb, K., Cole, J., ... & Shepherd, M. (2014, July). What we know: The reality, risks and response to climate change. In American Association for the Advancement of Science (pp. 1-11).
- NASA Goddard. (2013, November 8). NASA | Ask A Climate Scientist - Extreme Weather and Global Warming [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=SY6XSsF4CCo>
- Newsham, A., Kohnstamm, S., Naess, L. O., & Atela, J. (2018). *Agricultural Commercialisation Pathways: Climate Change and Agriculture*.
- Ogutu, K. B. Z., D'andrea, F., Groth, A., & Ghil, M. (2022). Coupled climate-economy-ecology-biosphere modeling: A dynamic and stochastic approach. *Handbook of climate change mitigation and adaptation: Third edition* (pp. 225-288) doi:10.1007/978-3-030-72579-2_103
- Singer, S. F., & Idso, C. (2009). *Climate change reconsidered: the report of the Nongovernmental International Panel on Climate Change (NIPCC)*. Chicago: The Heartland Institute.
- Stuart Dimmock v. Secretary of State for Education and Skills EWHC 2288 (Admin) (Inconvenient Truth case), ELAW (High Court of Justice Queen's Bench Division October 10, 2007). Retrieved from

<https://elaw.org/content/uk-stuart-dimmock-v-secretary-state-education-and-skills-2007-ewhc-2288-admin-inconvenient-t>.

Turrentine, J. (2022, September 13). What Are the Causes of Climate Change? NRDC.

<https://www.nrdc.org/stories/what-are-causes-climate-change#:~:text=Natural%20Causes%20of%20Climate%20Change,-Some%20amount%20of&text=Over%20the%20course%20of%20Earth's,planetary%20warming%20and%20cooling%20patterns>

Unsworth, K. L., & Fielding, K. S. (2014). It's political: How the salience of one's political identity changes climate change beliefs and policy support. *Global Environmental Change*, 27(1), 131-137. doi:10.1016/j.gloenvcha.2014.05.002

Wilkinson, F. (2022, June 2). Industrial Revolution and Technology. National Geographic Education. <https://education.nationalgeographic.org/resource/industrial-revolution-and-technology/>

**Sección especial:
IV Edición - Congreso Internacional
EDUCAMP 2023**

Diseñando la Educación del Futuro



RTE

Interdisciplinariedad en la educación superior: conectando universidad y sociedad

Interdisciplinarity in Higher Education: Connecting university and society

Giancarlo Marcone¹ <https://orcid.org/0000-0003-0271-0324>,
Gabriela García¹ <https://orcid.org/0009-0005-2145-8437>

¹Universidad de Ingeniería y Tecnología – UTEC, Lima, Perú
gmarcone@utec.edu.pe, ggarcia@utec.edu.pe



Esta obra está bajo una licencia internacional
Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0.

Enviado: 2023/09/26

Aceptado: 2023/12/27

Publicado: 2023/12/30

Resumen

Durante los últimos años se ha dado un giro paradigmático en el rol de la ciencia y la tecnología en la sociedad que propone la necesidad de enfrentar los grandes desafíos de las problemáticas socio-ambientales de desarrollo. Por naturaleza estas son complejas, interseccionales y requieren de marcos interdisciplinarios para entenderlas y enfrentarlas. En este artículo se cuestiona cómo la universidad puede convertirse en un elemento clave para la implementación de una educación superior de calidad que proporcione a los estudiantes las competencias requeridas para abordar estos problemas complejos. Este estudio se basa en el caso de la Universidad de Ingeniería y Tecnología - UTEC del Perú, y se propone que las disciplinas HACS (Humanidades, Artes y Ciencias Sociales) tienen el potencial para brindar a los estudiantes las metodologías y herramientas para entender los problemas de desarrollo como problemas complejos y, sobre todo, subjetivos; y, también contribuyen a operativizar la interdisciplinariedad con las disciplinas STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*). Mediante el desarrollo de cursos y actividades académicas desarrollados por el Departamento de HACS y la Coordinación Académica, los estudiantes de UTEC aprendieron a identificar una problemática global o general, tomando en cuenta la multidimensionalidad, los espacios de debate y actores asociados al mismo. Así pueden aterrizarla a un contexto local, rutinario y concreto, generando soluciones humanas.

Palabras clave: Educación Superior, HACS, STEM, sociedad, interdisciplinariedad, retroalimentación.

Sumario: Introducción, La propuesta HACS en UTEC y Conclusiones preliminares.

Como citar: Marcone, G. & García, G. (2023). Interdisciplinariedad en la educación superior: conectando universidad y sociedad. *Revista Tecnológica - Espol*, 35(3), 127-139.
<http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/1075>

Abstract

In recent years, a paradigm shift in the role of science and technology in society proposes the need to face the significant challenges of socio-environmental development problems. These are complex intersectional and require interdisciplinary frameworks to understand and deal with them. This article questions how the university can become crucial for implementing a quality higher education that provides students with the skills required to address these complex problems. Based on the case of the University of Engineering and Technology - UTEC of Peru, it is proposed that the HASS disciplines (Humanities, Arts and Social Sciences) have the potential to provide students with the methodologies and tools to understand development problems as complex and above all subjective issues; and, they also contribute to making interdisciplinarity operational with the STEM disciplines (Science, Technology, Engineering, and Mathematics). Through developing courses and academic activities designed by the Department of HASS and the Academic Coordination, UTEC students learn to identify a global or general problem, considering the multidimensionality, the spaces for debate and the associated actors. This way, they can land it in a local, routine, and concrete context, generating human solutions.

Keywords: Higher Education, HASS, STEM, Society, Interdisciplinarity, Feedback.

Introducción

¿Cómo puede la universidad convertirse en un elemento clave para la implementación de una educación de calidad que proporcione a los estudiantes las competencias requeridas para abordar problemas complejos en una agenda de desarrollo sostenible mundial? En los últimos años, los giros paradigmáticos sobre cómo se percibe el rol de la ciencia y la tecnología en la sociedad proponen la necesidad de enfrentar los grandes desafíos que suponen las problemáticas socio-ambientales de desarrollo (Boon & Edler, 2018; Chaminade and Lundvall, 2019; Kattel & Mazzucato, 2018; Vasen, 2016). Estas problemáticas son por naturaleza complejas, interseccionales y requieren de marcos interdisciplinarios para entenderlas y enfrentarlas.

La Universidad de Ingeniería y Tecnología - UTEC del Perú tiene como propósito institucional “Resolver desafíos complejos para construir un mundo mejor”. Esto implica que su objetivo como institución es formar profesionales capaces de adaptarse a un mundo en constante cambio, generando un impacto positivo en la sociedad a través de la innovación y la solución de problemas complejos. Ante esta situación, debe ofrecer una oferta educativa que no sea solo multidisciplinaria, sino que también sea efectivamente interdisciplinaria.

En las disciplinas HACS (Humanidades, Artes y Ciencias Sociales) es donde se encuentra el potencial para entender los problemas de desarrollo como problemas complejos y, sobre todo, subjetivos. Así como comprender las relaciones sociales y humanas que le dan forma al mundo, adquirir los entendimientos contextuales necesarios para discernir la totalidad del problema y sus interconexiones, idear posibles soluciones y entender sus impactos. Mientras que a nivel de capacidades permiten desarrollar la competencia de generar una efectiva retroalimentación y comunicación con la sociedad y sus diversos actores. En la práctica, la operativización de esta interdisciplinaria en contextos educativos es complicada, por lo que para algunos su aplicación aún sigue siendo un ideal más que una realidad (Zeidler, 2016).

Si bien las propuestas de interdisciplinaria en la educación superior no son nuevas, muchas de estas están enmarcadas en el parámetro conceptual de la llamada Educación STEM (Bybee, 2010; 2013). Sin embargo, se viene reclamando que muchas veces este marco ha

estado orientado solo a la integración interdisciplinaria de las disciplinas STEM (por sus siglas en inglés de *Science, Technology, Engineering, and Mathematics*), siendo necesario incorporar competencias y contenidos de las disciplinas HACS. Por ejemplo: la creatividad, incluyendo específicamente el arte, convirtiendo STEM en STEAM (Aguilera & Ortiz-Revilla, 2021; Conradt & Bogner, 2018). O la capacidad de las humanidades y ciencias sociales para entender las subjetividades, rodeando los problemas y mantener las agendas de inclusión como plantean STEAM+H y EDS (Educación para el Desarrollo Sostenible) (UNESCO, 2019; 2023). Así también, incorporar la competencia de entendernos a nosotros mismos y a los demás dentro de contextos sociales mayores propuesta por SHAPE (*Science, Humanities, Arts for People and the Economy/Environment*) (The British Academy, 2023). O, incluso, propuestas que priorizan la experiencia humana sobre las disciplinas STEM como la novel “TACH-di” (Tecnología, Artes, Ciencias y Humanidades) (Caeiro, 2021).

Todos estos conocimientos y competencias de las humanidades y ciencias sociales son importantes para lograr una efectiva interdisciplinariedad. Usando como ejemplo los cursos transversales del Departamento Académico de Humanidades, Artes y Ciencias Sociales de la Universidad de Ingeniería y Tecnología – UTEC en Perú, se propone que la mejor manera de operativizar esta interdisciplinariedad es mediante la inclusión eficiente de los tópicos y métodos de investigación de las humanidades y ciencias sociales en los cursos ofrecidos. Estos permiten que el estudiante pueda identificar una problemática global o general, tomar en cuenta la multidimensionalidad del problema (Collins, 2018), los espacios de debate e interacción asociados al mismo, así como la relación entre sus factores, variables y actores. Para luego, estos conocimientos, aterrizarlos a un contexto local, rutinario y concreto para el estudiante, entendiendo estos problemas de manera interseccional, donde lo subjetivo y lo concreto se funden en uno solo. De esta forma se podrá idear soluciones creativas e inclusivas, logrando que la universidad efectivamente tenga un impacto en la sociedad mediante la formación de profesionales más completos y competentes para afrontar los retos del desarrollo sostenible.

Cambios paradigmáticos en la ciencia, tecnología e innovación. La creciente necesidad de la interdisciplinariedad y la retroalimentación en la sociedad

En los últimos años, las concepciones sobre ciencia, tecnología e innovación (CTI) han experimentado profundos cambios (Boon & Edler, 2018; Chaminade & Lundvall, 2019; Kattel & Mazzucato, 2018; Loray, 2017; Vasen, 2016). Estos tienen en común un carácter “post-competitivo” (Vasen, 2016, p. 244), una tendencia a abandonar la idea de que sólo –o principalmente- el mercado es quien debe dirigir las políticas de CTI. Se reconoce la necesidad de incorporar la agenda de la sociedad en general, por lo que la ciencia y la innovación deben estar orientadas por la búsqueda del bienestar de la sociedad en su conjunto (Boon & Edler, 2018). Esto implica apuntar a objetivos claros de desarrollo sostenible que afecten directamente la calidad de vida de las personas a nivel mundial (Chamide & Lundvall, 2019; Kattel & Mazzucato, 2018; Vasen, 2016).

Las políticas de CTI orientadas hacia los retos del desarrollo y bienestar general reconocen que para que la innovación tecnológica o científica tenga un impacto social real es necesario incrementar la identificación de los diversos actores involucrados, pero también son conscientes de sus diversas necesidades, intenciones y motivaciones (Boon & Edler, 2018). La complejidad del problema, donde lo real y lo subjetivo se entremezclan y los problemas son en esencia interseccionales, obliga a identificarlo desde diversos ángulos que van desde lo más individual a lo más sistémico y estructural; desde lo abstracto, como creencias y prejuicios, hasta lo más concreto como infraestructura. Todas las problemáticas o desafíos del desarrollo están presentes no solo en la escala global o regional, sino que se encuentran presentes e interconectadas en la vida cotidiana de las personas. Los problemas son complejos y necesitan

miradas interdisciplinarias, las propuestas de solución no van a ser unívocamente claras, menos únicas (Loray, 2016; Vasen, 2016); razón por la que necesitan de una permanente mirada interdisciplinaria y una retroalimentación constante con la sociedad.

En esta visión, el papel de las ciencias sociales y de las humanidades es de vital importancia, ya que sus conocimientos y metodologías ofrecen las herramientas necesarias para intentar escuchar y entender a los diversos actores sociales, así como generar comunicación y retroalimentación con la sociedad y la capacidad de discernir el problema de manera contextual y/o sistémica.

Nuevos Acrónimos para la misma búsqueda: la interdisciplinaria profunda y para toda la vida

La necesidad de interdisciplinaria en la educación superior es un hecho bien establecido. Desde los años 90, la popular propuesta de la Educación STEM abogaba por la articulación de conocimientos teóricos y prácticos enfocados a problemas reales (Aguilera et al., 2021; Dierking & Falk, 2016; Sanders 2009). La propuesta de la Educación STEM implica un enfoque particular de la educación, donde aprender a aplicar conocimientos adquiridos a una situación de la vida real es tan importante como conseguir este conocimiento en sí (Bybee, 2013). Algunas de las características de la educación STEM se centran en la necesidad de reconocer que la educación debe ocurrir de manera permanente, en todos los contextos y con una comprensión profunda de la realidad (*Life long, life wide, life deep*) (Dierking & Falk, 2016).

Bajo esos presupuestos, la educación STEM debe promover la interacción del científico/profesor y sus estudiantes con los diversos actores sociales, así como con sus historias cotidianas. Por lo tanto, implica el reconocimiento de una diversidad de involucrados y la comprensión de sus historias, necesidades y expectativas (Marcone, 2022). De esta interacción se aprende y se identifican las aristas de los problemas que de otra manera podrían pasar desapercibidos (Dierking & Falk, 2016; Sanders, 2009,). Además, se comprende que los problemas de la vida real son por naturaleza multidimensionales, fluidos y cambiantes, por lo que las soluciones deben responder a esta diversidad. Dierking y Falk (2016) resumen esta idea cuando indican que la educación STEM está asociada a enseñar a los estudiantes a buscar el ¿por qué?, ¿cuándo?, ¿dónde?, ¿cómo?, ¿quién?

Se reconoce que la educación STEM y las políticas de CTI orientadas al desarrollo sostenible no solo están alineadas, sino que son mutuamente dependientes. La educación STEM necesita la aproximación del desarrollo sostenible para desarrollar e incorporar en los currículos las dimensiones *lifelong, life wide* y *life deep* que se menciona líneas anteriores. Mientras tanto, las políticas orientadas hacia el desarrollo sostenible y el impacto en la vida diaria de los ciudadanos necesitan de la educación STEM para formar profesionales interdisciplinarios y sensibles a estas problemáticas. Son como las dos caras de una moneda, donde el contenido de HACS es el metal en el medio (Marcone, 2022).

Sin embargo, las propuestas de Educación STEM pueden ser ambiguas (Aguilera & Ortiz-Revilla, 2021) dado que dentro de este mismo marco conceptual hay una diversidad de planteamientos (Aguilera et al 2021; Dierking & Falk, 2016; Sanders, 2009). Desde posiciones conservadoras donde las disciplinas de las ciencias duras y las matemáticas están al centro de la solución de cualquier problema complejo y el aporte de disciplinas de humanidades y ciencias sociales es ignorado, hasta posiciones más abiertas donde la educación STEM es un marco general que permite la integración de otras disciplinas (Aguilera & Ortiz-Revilla, 2021). Ante esta ambigüedad se hace necesario hacer explícito el rol de la creatividad y las

humanidades. Con ese objetivo nace la propuesta de cambiar el acrónimo de educación STEM por educación STEAM, como manera de llamar la atención sobre la necesidad de incluir la creatividad en este paraguas interdisciplinario, para no solo entender diferentes perspectivas y circunstancias específicas, sino también para el fomento de soluciones imaginativas a los problemas y articularlas dentro de la propuesta STEM (Lewis, 2015). Sin embargo, la propuesta de Educación STEAM no provee de una narrativa cohesionada sobre la relevancia de las Humanidades y las Ciencias Sociales.

Muchas veces las disciplinas HACS siguen teniendo un rol subordinado en las propuestas interdisciplinarias y, en ocasiones, se confina su aporte a la idea de habilidades interpersonales o habilidades blandas. Otros planteamientos, con nuevos acrónimos, han surgido reclamando la conceptualización del rol de las humanidades y ciencias sociales no solo como habilidades blandas, sino como conocimiento, habilidades y competencias que deben ser incorporados desde la conceptualización misma del problema. STEAM+H y EDS (Educación para el Desarrollo Sostenible) se vienen promoviendo desde algunos organismos internacionales, dándole énfasis a la capacidad de las ciencias sociales y las humanidades para fomentar soluciones de desarrollo sostenible que tengan en cuenta aspectos sensibles de diversidad, inclusión y justicia para lograr el empoderamiento de la gente (Hsiao, 2021; UNESCO, 2023). La propuesta SHAPE (The British Academy, 2023; Futurum, 2023), impulsada por *The British Academy*, hace énfasis en la necesidad de incluir la investigación y los métodos de las disciplinas de humanidades y ciencias sociales para conseguir una interdisciplinariedad verdadera, donde alcancemos un entendimiento de nosotros mismos, de los demás y del mundo social y económico alrededor de nosotros (Jones et al., 2020), y así garantizar el propósito de la investigación y la innovación orientada al bienestar social. Finalmente, otros modelos -como TACH-di (Caerio, 2021)- también buscan revalorar el rol particular que tienen estas disciplinas para conectar la investigación interdisciplinaria a la realidad.; sin embargo, dándole fuerza a la valoración de la experiencia humana sobre la capacidad generalizadora de las disciplinas STEM, cambiando el balance de las disciplinas donde el foco son las disciplinas HACS.

Más allá de la creación de nuevos acrónimos, estas propuestas ponen de manifiesto que sin las disciplinas HACS el marco teórico de la educación STEM sería un marco limitado (Ziedler, 2016). Sin disciplinas HACS, el reconocimiento de actores y motivaciones sería pobre, genérico y basado en prejuicios. Además, estaría centrado en lo concreto y evidente, limitando la capacidad de definir el problema en su totalidad y complejidad, con restringidos recursos para fomentar relaciones de co-creación y participación con la sociedad (Marcone, 2021).

El ideal de la interdisciplinariedad en la educación superior

Como se discute, la interdisciplinariedad está en el centro de la definición de la educación STEM. La necesidad de la participación de las disciplinas HACS en la educación STEM, especialmente en contextos de educación superior, ha sido bien establecida (Collins, 2018; Otsuki, 2018; Zeidler, 2016), pero esto no significa que en la práctica se logre fácilmente. En las instituciones de educación superior, a pesar de las buenas intenciones institucionales, las materias STEM y los métodos HACS todavía se consideran lados opuestos de una dicotomía. Incluso, los mismos profesionales reproducimos estas dicotomías (Gleason, 2018). Los profesionales de disciplinas de ciencias sociales y humanidades no ven la relevancia de las disciplinas STEM en el entendimiento de la realidad; por el contrario, tienden a asumir que las disciplinas STEM son intrínsecamente antagónicas a sus objetivos de investigación: el análisis y crítica del mundo contemporáneo. Por otra parte, para los profesionales STEM la participación de las disciplinas HACS en la investigación y la educación solo se justifica como

herramienta para mejorar el desempeño de los alumnos en las disciplinas STEM. Manteniendo una clara posición subalterna ante los métodos y conocimientos de las ciencias duras. Solo en algunos casos es posible encontrar el balance entre las diferentes disciplinas.

En esa línea, se puede definir al menos tres actitudes sobre la relación entre HACS y STEM en la educación e investigación (Gleason, 2018; Marcone, 2022):

- 1) Las disciplinas HACS se ven como asistentes de las disciplinas STEM. HACS ayuda a los estudiantes en sus habilidades interpersonales. No hay una contribución directa al conocimiento o solución del problema.
- 2) HACS se piensa como proveedor de contra ejemplos, importantes para probar/criticar las soluciones y planteamientos de las disciplinas y métodos STEM. HACS provee del pensamiento crítico que, al final, sirve para mejorar STEM. Todavía sigue ocupando un rol subalterno, no hay una verdadera interdisciplinariedad. Los problemas y las soluciones siguen siendo pensadas desde las disciplinas STEM.
- 3) Se puede intentar abordar el problema con temas, contenidos y métodos tanto de HACS como de STEM, participando ambas disciplinas en definir los problemas y buscar las soluciones.

A nivel práctico, la limitación intrínseca de esta interdisciplinariedad es que parece solo alcanzable cuando se trabaja a gran escala. Cuando se ven los problemas de manera general en escalas globales, los estudiantes y académicos pueden identificar claramente los beneficios de la interdisciplinariedad y operarla (Collins, 2018,) pero aún cuesta ejecutarla cuando se está ante tópicos y materias más específicos. La solución no es fácil, el balance entre disciplinas es un ideal que nunca puede ser logrado efectivamente, pero que se debe continuar buscando. El camino es lograr integrar las diferentes disciplinas en un único enfoque, dentro de la clase y que tenga a su vez implicación real en la vida cotidiana de los estudiantes. En alcanzar este nivel cotidiano es donde el aporte de las humanidades y ciencias sociales tiene el mayor potencial.

La propuesta HACS en UTEC

De acuerdo a lo expuesto, se propone que la importancia de las disciplinas HACS en la Educación STEM, está justamente en desarrollar la capacidad de bajar el problema desde el nivel más general al nivel más específico. En la medida que la investigación y métodos de las humanidades y ciencias sociales permiten entender las subjetividades de los actores, lo relativo de los contextos sociales y humanos; y, sobre todo, el entendimiento de nuestro lugar en estos contextos y en relación con los demás. Sin estos es difícil generar una comunicación fluida con la sociedad e identificar el lugar que ocupa el conocimiento en la vida real y cotidiana de la gente.

A nivel de las soluciones, las disciplinas HACS ayudan a la creación de medidas alternativas, disruptivas con un mejor entendimiento de sus impactos. El impacto de estas soluciones – ya sean positivos o negativos- estará en directa relación a cuánto estas soluciones estén orientadas a generar y promover la inclusión de la diversidad de actores y sus agendas en estas. Entonces, la capacidad de establecer una comunicación y retroalimentación efectiva con la sociedad es el aporte de las disciplinas HACS, que a la larga provee el entendimiento de la verdadera dimensión de complejidad del problema y asegura el impacto de la resolución.

En el caso de la educación superior, la promesa de las metodologías de investigación y temas de estudio de las disciplinas HACS es el entendimiento del contexto y el llevar los aprendizajes a la vida cotidiana. Estas le permiten al estudiante entender su propio rol como

parte de la sociedad a través de una comprensión del contexto social, la diversidad, los significados y las subjetividades que rodean la investigación; relacionando aspectos físicos y concretos con subjetividades, creencias, impresiones y anhelos. Para operativizar esta interdisciplinariedad en la educación superior se debe buscar la representación de este proceso en el salón de clase. Se necesita abordar la definición misma de un problema complejo desde los marcos conceptuales de las humanidades y ciencias sociales. No importa lo técnico que pueda parecer el problema, el buscar inicialmente una lectura desde las disciplinas HACS puede ayudar a encontrar todas las aristas del problema y no correr el riesgo de homogenizar o simplificar una problemática que es de por sí compleja.

Del mismo modo, los cursos deberían evaluar explícitamente los impactos de las posibles resoluciones desde la perspectiva de la gente. En clase se debe pensar en cómo las soluciones afectan o cambian la vida de la gente, explorar la retroalimentación con la sociedad y el entendimiento particular del individuo con la ayuda de las disciplinas HACS. En esa línea de trabajo, la Universidad de Ingeniería y Tecnología – UTEC mantiene cursos transversales (6 cursos ligados a los tópicos de humanidades y ciencias sociales). Además, una línea de cursos basados en el aprender solucionando (*Design based learning*) llamados “Proyectos Interdisciplinarios”, que empieza desde el análisis de los grandes desafíos de desarrollo sostenible hasta llegar al diseño y/o prototipado de resultados concretos.

El modelo educativo UTEC está basado en la idea de que el alumno tiene que estar educado de una manera integral, donde el conocimiento disciplinario de cada carrera se complementa con el desarrollo de una identidad profesional y ética basada en el contexto cultural y social del Perú y del mundo. Para conseguir estos objetivos, se plantea la necesidad que el alumno de UTEC tenga, más allá de las competencias específicas de cada carrera, las siguientes competencias generales:

- 1) Un profundo conocimiento técnico transdisciplinario. Es decir, que más allá de una sola disciplina tenga conocimientos de las demás carreras como computación o negocios, así como conocimientos transversales de ciencias básicas y de carreras HACS. Después de tener estos saberes transversales, buscará definiciones de problemas de manera interdisciplinaria y soluciones sistémicas.
- 2) Una perspectiva sistémica de los problemas que los haga ver cómo los problemas complejos son interseccionales y sobrepasan divisiones disciplinarias tradicionales. Lo que implica entender el rol que pueden tener las subjetividades y los contenidos culturales y sociales en problemas concretos.
- 3) Un razonamiento analítico y pensamiento crítico que permite la deconstrucción de los problemas identificando actores y variables.
- 4) Una fuerte capacidad comunicativa y de elaboración de discursos que permite transmitir información hacia la sociedad, pero también recibir retroalimentación de esta. Así, identificando los matices de una comunicación que es inherentemente difícil en sociedades intrínsecamente diversas e interculturales como la peruana.
- 5) Fomentar una aproximación creativa a los contenidos de las disciplinas STEM que a la vez permita la flexibilidad necesaria para adecuarse a la diversidad de contextos y culturas.
- 6) Desarrollar una conducta ética personal y profesionalmente responsable que además posibilita al estudiante entender su rol dentro de las disciplinas de ciencias y tecnología y el rol de estas en la sociedad.

Estas competencias están claramente ligadas a las habilidades de las disciplinas HACS. Pero la pregunta central continua ¿Cómo pueden las humanidades y las ciencias sociales

convertirse en elementos clave para la implementación de una educación STEM de calidad que proporcione a los estudiantes las competencias requeridas para abordar problemas complejos en una agenda de desarrollo sostenible mundial? Especialmente en un contexto donde cada vez la información de cada disciplina crece y los requerimientos de especialización aumentan.

La respuesta implica pensar en los cursos HACS de manera que sean transversales en los conocimientos, pero interdisciplinarios en las competencias. Al no haber físicamente el espacio para incluir directamente todas las disciplinas de HACS en la malla de estudios, los cursos transversales de HACS tienen que ser por esencia transdisciplinarios. Además, orientados a romper las barreras tradicionales de HACS y STEM desde la definición misma de los problemas. Por eso, la propuesta desde el Departamento Académico de HACS es la de formar cursos que permitan este pensamiento interdisciplinario (Tabla 1), por ejemplo, el curso “Perú temas de la sociedad contemporánea”, donde se da la transdisciplinariedad entre historia, antropología, sociología y geografía, logrando el desarrollo de una interacción de materias, dentro de un análisis sistemático de las problemáticas locales peruanas. De esta forma, se permite el desarrollo de un pensamiento crítico y cuestionador de los status quo, así como establecer la importancia de la necesaria retroalimentación en la sociedad. Del mismo modo, el curso “Economía, gobernanza y relaciones de poder” se desarrolló en la intersección de la historia (universal en este caso), antropología, ciencias políticas y economía. Este curso cumple similares funciones pedagógicas que el curso anterior, pero contribuye a ver como los procesos vistos en el primer curso son consecuencia o están influenciados por escenarios globales mayores. Así, facilita la identificación entre temas globales y sus efectos en la vida cotidiana de los alumnos.

Tabla 1

Propuesta de cursos del Departamento Académico de Humanidades, Artes y Ciencias Sociales (HACS) de UTEC

Objetivos	Disciplinas-Cursos tradicionales	Proyecto Interdisciplinario 1	Perú: Temas de la sociedad contemporánea	Economía, gobernanza y relaciones de poder	Laboratorio de comunicación 1	Laboratorio de comunicación 2	Arte y Tecnología	Ética y Tecnología
Perspectiva Global Identidad Gobernanza Comunicación Ética	Historia							
	Antropología							
	Ciencias Políticas							
	Sociología							
	Geografía							
	Economía							
	Lengua							
	Literatura							
	Arte y Comunicaciones							
	Filosofía							
	Ética							

Del mismo modo, en la propuesta HACS existen dos cursos de comunicación centrados en comunicación oral y escrita, respectivamente. El curso de comunicación oral (Laboratorio de Comunicación 1) está principalmente enfocado a desarrollar la capacidad de producir discursos y herramientas para una efectiva comunicación oral con públicos diversos, pero también a poder deconstruir los discursos de otros e identificar lo sustantivo de lo anecdótico a la hora de establecer la retroalimentación social. El curso de “Laboratorio de comunicación

2”, si bien se centra en las competencias de comunicación escrita, lo hace basado en un criterio funcional más que normativo, pensando en la capacidad de comunicar con la sociedad, pero a la vez trabajando la aptitud de enunciar estos problemas complejos. Ambos cursos contribuyen de manera paralela a revisar contenidos de arte, filosofía y literatura mientras se aprende el arte de escribir y comunicar.

El curso “Arte y tecnología” es central en la propuesta HACS en UTEC y está basado en proporcionar al estudiante la experiencia que incrementa su capacidad de crear y su flexibilidad al diseñar soluciones nuevas. De alguna manera facilita al estudiante diseñar soluciones más allá de la eficiencia, lo que permite abrir sus horizontes a nuevas ideas. A su vez, este curso expande el pensamiento crítico, alimenta la necesaria sensibilidad, empatía y sentido de comunidad, imprescindible al generar mecanismos de retroalimentación con la sociedad. En especial, se hace énfasis en cómo históricamente el arte y tecnología son dos caras de una moneda que fueron separadas por la modernidad, lo que permite una reflexión más ontológica sobre la modernidad y el proceso de formación de las disciplinas STEM. La propuesta HACS en UTEC termina en un curso de Ética, donde se ven en paralelo los temas éticos circundante a las ciencias, en especial la relación entre ciencia y sociedad. Pero también un componente deontológico que ayude al estudiante a situarse en una posición frente al mundo y los desafíos de desarrollo sostenible.

Proyectos interdisciplinarios – Diseñando soluciones humanas y sociales desde las disciplinas STEM

En línea con este objetivo general, la formación profesional desde sus inicios estuvo basada en la idea de aprender a través de la práctica. La idea de aprender haciendo generó una trayectoria de cursos llamados Proyectos Interdisciplinarios que promueven el diseño y conceptualización de soluciones prácticas con impacto social. Esta línea de cursos se desarrolló de manera paralela a las líneas de cursos transversales (que incluyen los cursos de ciencias generales y los de humanidades o ciencias sociales), y a las líneas de cursos disciplinarios de cada carrera o especialización. La existencia de esta línea no solo permite el desarrollo del componente práctico, sino que busca dar sentido a una perspectiva interdisciplinaria, integrando las otras líneas de aprendizaje en la elaboración de propuestas de soluciones complejas a problemas complejos.

Estos cursos siguen una progresión a través de diferentes escalas de un problema. El curso “Proyectos Interdisciplinarios 1” busca la comprensión de algunos de los desafíos del desarrollo sostenible con ayuda de los ODS y la agenda 2030. Además, tiene un fuerte componente de humanidades y ciencias sociales y es curado por el Departamento Académico de Humanidades, Artes y Ciencias Sociales. Este enseña al estudiante a identificar un problema o desafío, proponiendo líneas iniciales para abordar una problemática compleja y multidimensional. Por ello se abordaron los retos globales del desarrollo sostenible con herramientas y metodologías propias de las ciencias sociales y humanidades. El curso pretende desarrollar en el estudiante la capacidad de dar cuenta de la complejidad de los problemas globales e identificar la multiplicidad de factores que los afectan. Los productos esperados para el curso incluyeron:

- 1) Identificar los factores constituyentes de un desafío global de desarrollo sostenible.
- 2) Identificar relaciones causales o no causales entre múltiples factores en estos desafíos.
- 3) Identificar a los actores relevantes, incorporando sus perspectivas.

- 4) Determinar una primera pregunta de investigación a través de un análisis multidimensional que incluya las dimensiones éticas y morales inherentes a un desafío social.

Más allá de una pregunta de investigación terminada, lo que se espera es que la pregunta cumpla con la condición de ser concreta y relacionable a su realidad. De esta forma, se buscó promover la relación de las asignaturas STEM con las disciplinas de humanidades y ciencias sociales en la concepción del problema, no solo en la solución sino desde la pregunta misma.

Después de este primer curso, los alumnos siguieron con “Proyectos Interdisciplinarios 2”. Este tuvo una fuerte carga metodológica, donde los estudiantes se familiarizaron con metodologías de las humanidades, ciencias sociales, negocios, ciencias de la computación e ingeniería. Finalmente, en el curso “Proyectos Interdisciplinarios 3”, el estudiante desarrolló iniciativas, prototipos u otro tipo de solución a un problema específico derivado de uno de los problemas generales abordados en el primer curso con las herramientas y habilidades desarrolladas en el segundo curso. De esa manera, los estudiantes estuvieron expuestos a metodologías de diferentes disciplinas y problemas de pensamiento y soluciones dentro de un ambiente de interdisciplinariedad. La piedra fundamental de esta trayectoria académica, así como su hilo conductual, se encontró en los contenidos de las disciplinas HACS, aunque los resultados finales son ejemplos claros de las ideas de la educación STEM.

De forma preliminar, con el fin de evaluar la capacidad de estos cursos para fomentar un pensamiento interdisciplinario, antes y después del curso de Proyectos Interdisciplinarios 1 se realizó una encuesta para elaborar una línea de base de las percepciones de los estudiantes de la interdisciplinariedad, el desarrollo sostenible y la interacción con disciplinas de humanidades y ciencias sociales 1. En un artículo anterior (Marccone 2022) se exploran estos resultados, encontrando que los alumnos adquieren una mayor valoración y entendimiento de la interdisciplinariedad, así como la necesidad de abordar los problemas de desarrollo desde perspectivas interdisciplinarias. De igual modo, el entendimiento que la innovación no es solo tecnológica sino también social (Marccone 2022). Si bien estos primeros resultados son alentadores, solo están referidos a un curso en específico, y no son pruebas categóricas de que efectivamente los alumnos están aprendiendo a operar las disciplinas de HACS y STEM en conjunto en la clase, pero al menos implican una creciente percepción de la complejidad del problema. Existe numerosas propuestas de cursos basados en aprendizaje práctico o *capstones* como buenos mecanismos para fomentar interdisciplinariedad y esta comunicación entre la actividad académica y la realidad que se reclama líneas más arriba (ver por ejemplo Allen 2021; Cummings and Yur-Austin 2021; Dredd et al 2021; Dutson et al 2013; Minlikeeva et al 2022; Roy and Roy 2021; Van den Beemt et al 2020).

Conclusiones preliminares

En reciente años, los paradigmas de la relación entre la ciencia, la tecnología y la innovación reconocen la necesidad de incorporar la retro alimentación de la sociedad, como un elemento necesario para lograr una innovación socialmente significativa orientada al bienestar común. En este contexto, las disciplinas HACS (Humanidades, Artes y Ciencias Sociales) permiten entender estos problemas complejos y socialmente subjetivos. Además, los tópicos y métodos de investigación de las Humanidades y Ciencias Sociales posibilitan identificar una problemática global o general, tomar en cuenta la multidimensionalidad del problema, los espacios de debate e interacción asociados al mismo, así como la relación entre sus factores, variables y actores. Para luego aterrizarlo a un contexto local, rutinario y concreto para el estudiante.

Las Humanidades y Ciencias Sociales ofrecen las herramientas necesarias para intentar escuchar y entender a los diversos actores sociales, así como generar comunicación y retroalimentación con la sociedad. En el contexto de la educación superior, para alcanzar esta interdisciplinariedad en nuestras aulas, las propuestas nacidas desde el modelo de la Educación STEM siguen siendo las guías para lograrlo. La integración entre teoría y práctica en la educación para lograr desempeños académicos que tengan sentido y presencia en el mundo real continúa siendo la piedra fundacional para alcanzar interdisciplinariedad.

Más allá de los acrónimos, se tiene que perfeccionar el modelo de educación STEM para incluir efectivamente las disciplinas de las ciencias sociales y las humanidades en estas actividades educativas. Sin ellas la promesa de la Educación STEM de interdisciplinariedad queda incompleta. Para incorporar esta interdisciplinariedad al salón de clase es necesario tomar ventaja de las capacidades únicas de las disciplinas HACS para comprender el problema de manera general mediante la generación de retroalimentación social.

Para lograrlo, una aproximación es desarrollar cursos y actividades académicas donde el estudiante pueda identificar una problemática global o general, tomar en cuenta la multidimensionalidad, los espacios de debate y actores asociados. Es necesario integrar las diferentes disciplinas en un único enfoque, dentro de la clase y que tenga a su vez implicación real en la vida cotidiana de los estudiantes, para luego aterrizarlo a un contexto local, rutinario y concreto para el estudiante. Esto es lo que se encuentra en la base de la propuesta de los cursos de HACS en la Universidad de Ingeniería y Tecnología – UTEC. Un viaje de lo general a lo particular, partiendo de las ciencias sociales y humanidades, usando las disciplinas STEM para conseguir soluciones y aprendizajes que son en esencia humanos.

Aunque esta propuesta se encuentra aún implementación, se alinea con propuestas similares de desarrollar y conceptualizar modelos que superen las dicotomías HACS y STEM, basadas en la acción cotidiana de los conocimientos en contextos reales. La integración entre teoría y práctica en la educación para lograr desempeños académicos que tengan sentido y presencia en el mundo real sigue siendo la piedra fundacional para alcanzar interdisciplinariedad.

Reconocimientos

Agradecemos a las y los docentes del Departamento Académico de Humanidades, Artes y Ciencias Sociales con quienes compartimos, en estos últimos 4 años, esta búsqueda de formar a los mejores profesionales posibles: Andrea Gonzales, Andrés de Leo, Antuané de la Flor, Marcelo Zorilla, Matteo Stiglich, Oscar Hidalgo, Romina Yalonetsky y Teresa Torres.

Referencias

- Aguilera, D., Lupiañez, J.L., Vilchez-Gonzalez, J.M. & Perales-Palacios, F.J. (2021). In Search of a Long-Awaited Consensus on Disciplinary Integration in STEM Education. *Mathematics*, 9, 587-597. <https://doi.org/10.3390/math9060597>
- Aguilera, D., & Ortiz-Revilla, J. (2021). STEM vs. STEAM education and student creativity: A systematic literature review. *Education Sciences*, 11(7), 331. <https://doi.org/10.3390/educsci11070331>
- Allen, G. I. (2021). Experiential learning in data science: Developing an interdisciplinary, client-sponsored capstone program. In *Proceedings of the 52nd ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, pp. 516-522.
- Boon, W., & Edler, J. (2018). Demand, challenges, and innovation. Making sense of new trends in innovation policy. *Science and Public Policy*, 45(4), 435-447. <https://doi.org/10.1093/scipol/scy014>

- Bybee, R. W. (2010). What is STEM education?. *Science*, 329(5995), 996-996.
- Bybee, R. W. (2013) *The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities*. National Science Teachers Association NSTA Press.
- Caeiro M. (2021). Diálogos entre la Tecnología, el Arte, la Ciencia y las Humanidades en contextos educativos: de los modelos STEAM y SHAPE al TACH-di. *Educación artística: revista de investigación (EARI)*, 12, 43-60. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=671971853003>
- Chaminade, C., & Lundvall, B. Å. (2019). Science, Technology, and Innovation Policy: Old Patterns and New Challenges. *Oxford Research Encyclopedia of Business and Management*. <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190224851.013.179>
- Collins, C. S. (2018). Not Just a Technical Problem: The Intersections of STEM and Social Science in Addressing Global Poverty en *New Directions of STEM Research and Learning in the World Ranking Movement* (pp. 97-110). Palgrave Macmillan, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-98666-1_7
- Conradty, C., & Bogner, F. X. (2018). From STEM to STEAM: How to monitor creativity. *Creativity Research Journal*, 30(3), 233-240. <https://doi.org/10.1080/10400419.2018.1488195>
- Cummings, C & J. Yur-Austin (2022) Design thinking and community impact: A case study of project-based learning in an MBA capstone course, *Journal of Education for Business*, 97:2, 126-132. <https://doi.org/10.1080/08832323.2021.1887795>
- Dierking, L. D., & Falk, J. H. (2016). 2020 Vision: Envisioning a new generation of STEM learning research. *Cult Stud of Sci Educ*, 11, 1–10. <https://doi.org/10.1007/s11422-015-9713-5>
- Dredd, D., Kellam, N., & Jayasuriya, S. (2021) Zen and the art of STEAM: Student knowledge and experiences in interdisciplinary and traditional engineering capstone experiences. In *2021 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)* (pp. 1-9). IEEE.
- Dutson, A. J., Todd, R. H., Magleby, S. P., & Sorensen, C. D. (1997). A review of literature on teaching engineering design through project-oriented capstone courses. *Journal of engineering education*, 86(1), 17-28.
- FUTURUM (1 de julio de 2023) STEM, STEAM and now SHAPE: Can an acronym help valorize the social sciences, humanities and arts? <https://futurumcareers.com/stem-steam-and-now-shape-can-an-acronym-help-valorise-the-social-sciences-humanities-and-arts>
- Gleason, D. W. (2020). *The humanities meet STEM: Five approaches for humanists*. *Arts and Humanities in Higher Education*, 19(2), 186-206. <https://doi.org/10.1177%2F1474022218806730>
- Hsiao, P. W., & Su, C. H. (2021). A study on the impact of STEAM education for sustainable development courses and its effects on student motivation and learning. *Sustainability*, 13(7), 3772. <https://doi.org/10.3390/su13073772>
- Jones, M. M., Abrams, D., & Lahiri, A. (2020). Shape the Future: how the social sciences, humanities and the arts can SHAPE a positive, post-pandemic future for peoples, economies and environments. *Journal of the British Academy*, 8, 167-266. <https://doi.org/10.5871/jba/008.167>
- Kattel, R., Mazzucato, M. (2018). Mission-oriented innovation policy and dynamic capabilities in the public sector. *Industrial and Corporate Change*, 27 (5), pp. 787-801. <https://doi.org/10.1093/icc/dty032>
- Lewis, A. L. (2015). Putting the “H” in STEAM: Paradigms for modern liberal arts education. *Emerging technologies for STEAM education: Full STEAM ahead*, 259-275. https://doi.org/10.1007/978-3-319-02573-5_14
- Loray, R. (2017). Políticas públicas en ciencia, tecnología e innovación: tendencias regionales y espacios de convergencia. *Revista de Estudios Sociales*, 62, 68-80. <https://doi.org/10.7440/res62.2017.07>

- Marcone, G. (2021). ¿Cómo nos aseguramos que la educación en carreras STEM esté formando los profesionales que necesitan las políticas de CTI orientadas a los desafíos globales? Reflexiones sobre el rol de las humanidades y ciencias sociales en la formación de perspectivas i. *Sociología y tecnología*, 11(Extra_1), 23-36.
- Marcone, G. (2022). Humanities and Social Sciences in Relation to Sustainable Development Goals and STEM Education. *Sustainability*, 14(6), 3279.
- Mejía, A. (2009). Tres esferas de acción del pensamiento crítico en ingeniería. *Revista Iberoamericana de Educación*, 49(3), 5-6. <https://doi.org/10.35362/rie4932091>
- Minlikeeva, A. N., Amato, K. A., & Przybyla, S. M. (2022). Modern public health problems and solutions: an undergraduate capstone course to prepare the next generation of public health practitioners to enhance health equity. *Frontiers in Public Health*, 10, 992835.
- Mohr-Schroeder, M. J., Cavalcanti, M., & Blyman, K. (2015). STEM education: Understanding the changing landscape. En *A practice-based model of STEM teaching* (pp. 3-14). Brill.
- Otsuki, G. J. (2018). Finding the Humanities in STEM: Anthropological Reflections from Working at the Intersection. *New Directions of STEM Research and Learning in the World Ranking Movement: A Comparative Perspective*, 65-78. https://doi.org/10.1007/978-3-319-98666-1_5
- Roy, M and A. Roy, (2021). "The Rise of Interdisciplinarity in Engineering Education in the Era of Industry 4.0: Implications for Management Practice," in *IEEE Engineering Management Review*, vol. 49, no. 3, pp. 56-70, 1 thirdquarter, Sept. 2021. <https://doi.org/10.1109/EMR.2021.3095426>
- Sanders, M. (2009). *STEM, STEM education, STEMmania. the technology teacher*. Virginia Tech Blacksburg.
- The British Academy. (1 de julio de 2023). *This is SHAPE*. <https://www.thebritishacademy.ac.uk/this-is-shape/>
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). 2019. Framework for the Implementation of Education for Sustainable Development (ESD) Beyond 2019. UNESCO: France.
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). (1 de julio de 2023). *Necesaria la educación STEAM+H para cultivar un pensamiento y habilidades transformadoras, innovadoras y creativas para avanzar hacia un desarrollo sostenible*. <https://www.unesco.org/es/articles/necesaria-la-educacion-steamh-para-cultivar-un-pensamiento-y-habilidades-transformadoras-innovadoras>
- Universidad de Ingeniería y Tecnología (UTEC). (1 de julio de 2023). *UTEC 2021-2025*. <https://utec.edu.pe/planeamiento>
- Van den Beemt, A., MacLeod, M., Van der Veen, J., Van de Ven, A., Van Baalen, S., Klaassen, R., & Boon, M. (2020). Interdisciplinary engineering education: A review of vision, teaching, and support. *Journal of engineering education*, 109(3), 508-555.
- Vasen, F. (2016). ¿Estamos ante un “giro postcompetitivo” en la política de ciencia, tecnología e innovación? *Sociologías*, 18(41), 242-268. <https://doi.org/10.1590/15174522-018004112>
- Zeidler, D. L. (2016). STEM education: A deficit framework for the twenty first century? A sociocultural socioscientific response. *Cultural Studies of Science Education*, 11, 11-26.

Entornos virtuales colaborativos: Lecciones en la postpandemia, una revisión sistemática

Collaborative virtual environments: Lessons in the Post-pandemic, a systematic review

Liliana Carrasco¹ <https://orcid.org/0000-0001-5048-7281>,
Yasher Delfín² <https://orcid.org/0000-0002-8859-3167>

¹Universidad César Vallejo, Ciudad, País
lcarrasco21@ucvvirtual.edu.pe

²Universidad Centrooccidental Lisandro Alvarado, Lara, Venezuela
yasher456@gmail.com



Esta obra está bajo una licencia internacional
Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0.

Enviado: 2023/09/26

Aceptado: 2023/12/27

Publicado: 2023/12/30

Resumen

El propósito del presente artículo es realizar una revisión sistemática acerca del aprendizaje colaborativo en entornos virtuales, a partir de un análisis de las investigaciones académicas publicadas en tiempo de pandemia comprendida entre 2020 y 2022, mediante las preguntas que condujeron el estudio. Se utilizó la metodología Prisma para seleccionar y evaluar por medio de categorías las fuentes para el análisis de los aportes principales. Los resultados señalan que, de 50 artículos revisados, el 60% se encontró en Scopus, siendo Ecuador y Chile los países de Latinoamérica donde se han realizado investigaciones relacionadas con el tema. En conclusión, el estudio ha permitido evidenciar diferentes estrategias utilizadas en el aprendizaje colaborativo en entornos virtuales en plena pandemia, lo que obligó a las instituciones, docentes y estudiantes a incorporarse a una nueva realidad, descubriendo las necesidades y deficiencias del proceso educativo actual, transformando estas en una manera diferente de enseñar y aprender.

Palabras clave: Educación, virtual, experiencia, estudiante, docente.

Sumario: Introducción, Materiales y Métodos, Resultados, Discusión y Conclusiones.

Como citar: Carrasco, L. & Delfín, Y. (2023). Entornos virtuales colaborativos: Lecciones en la postpandemia, una revisión sistemática. *Revista Tecnológica - Espol*, 35(3), 140-152.
<http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/1077>

Abstract

This article aims to systematically review collaborative learning in virtual environments based on an analysis of academic research published during the pandemic between 2020 and 2022 through the questions that led the study. The Prisma methodology was used to select and evaluate employing categories of the sources to analyse the main contributions. The results indicate that out of 50 articles reviewed, 60% were found in Scopus, with Ecuador and Chile being the Latin American countries where research related to the topic has been carried out. In conclusion, the study has allowed evidence of different strategies used in collaborative learning in virtual environments during the full pandemic, which forced institutions, teachers and students to incorporate into a new reality, discovering the needs and deficiencies of the current educational process, transforming them into a different way of teaching and learning.

Keywords: Education, virtual, experience, student, teacher.

Introducción

La enseñanza es el proceso que conlleva al conocimiento, por ello, el aprendizaje colaborativo es aquel que se basa en la consulta y la búsqueda de ayuda mutua, esto demanda de los docentes la decisión de incorporar a sus prácticas, este aprendizaje y la participación de todos los actores (Saito et al., 2020). En él, cada miembro crea nuevos conocimientos y desarrolla habilidades que benefician a los demás estudiantes (Sánchez & Albaladejo, 2020).

Este tipo de aprendizaje está conformado por la colaboración (cuando sea necesaria) facilitada por un participante para dirigir la comunicación, de modo que cuando se involucran todos los participantes y aceptan el rol que les atañe aumenta la posibilidad de lograr los objetivos, cobrando significado el intercambio de ideas, el análisis y la discusión entre participantes (Leeuwen et al., 2020; Acosta, et al., 2021; Aguirre & Goin, 2018).

De la misma manera, se conoce que los proyectos colaborativos suscitan un nuevo patrón de aprendizaje que se basa en realizar diversas tareas, para lo que se precisa la intervención y colaboración de todos los integrantes del grupo de trabajo (Flores et al., 2020). Por lo que se considera una metodología enérgica que promueve la participación ágil de estudiantes (Matzumara et al., 2019); siendo el trabajo participativo apropiado en la comunidad intelectual, el cual comparte un mismo objetivo; que es resaltar la evolución de la instrucción y su aporte al proceso de enseñanza-aprendizaje. Dicha modalidad instruccional, está delineado de forma organizada, donde los estudiantes procuran cumplir sus propósitos mediante trabajo colaborativo, llevándolo al siguiente nivel con el desarrollo de la tecnología digital, las redes sociales o plataformas digitales (Zabidi & Wang, 2021; Jiménez, 2023).

Además, la incorporación de la tecnología en la enseñanza propone indagar sobre la transformación del modelo educativo, innovando el papel de quienes participan en el proceso de aprendizaje (Palacio, 2020). Por ello, se debe atender a los cambios en la buena voluntad de los estudiantes, porque éstos contribuyen en el desarrollo de nuevos contenidos, capacidades y competencias (Filgueira & Gherab, 2020). El veloz desarrollo de la ciencia y la tecnología se puede aprovechar para transmitir de forma efectiva los conocimientos a otros, utilizando las herramientas idóneas para canalizar los medios tecnológicos e integrarlos a los programas de enseñanza tanto de los estudiantes como de los docentes (Zhang, 2021).

Los entornos virtuales o las plataformas tecnológicas de e-learning, son diseñadas para gestionar el aprendizaje; haciendo uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) las cuales son medios, técnicas y programas empleados para procesar, dirigir y compartir información por medio de soportes tecnológicos (Quispe et al., 2020); por ello una vez que el

sistema social, se vio afectado por la Covid-19, este buscó sobrevivir coordinando sus elementos para adaptarse de manera creativa y no fenecer en el tiempo (Hernández, 2021). Lo que implicó un cambio en el proceso de enseñanza- aprendizaje e hizo que, durante la pandemia, se evidenciaran restricciones como fallas de simultaneidad al comenzar las reuniones de clases o problemas para estar comunicado permanente (Quispe et al., 2020; Almusharraf & Bailey, 2020).

Así pues, la pandemia hizo depender al estudiante de sus propios métodos. Durante el aislamiento, el aprendizaje en idiomas es un claro ejemplo de adaptabilidad, pues permitió desarrollar la comunicación de los participantes por medio de clases virtuales (García, et al. 2021), Esta situación evidenció que la innovación a través de la tecnología fomenta un espacio que permite la comunicación de múltiples maneras y formas (Ceballos, 2021), realizando un acoplamiento integral con el proceso educativo, logrando desafíos que transformen las ideas (Marmolejo, 2021), obteniendo de ello, aprendizajes reveladores entre los actores que apoyen el modelo de enseñanza, la forma en que se evalúa y el uso que se haga de cada entorno (Fracchia & Bramardi, 2020).

En términos del estudiante, se necesita establecer una comunicación cordial y de respeto para disertaciones constructivas, usar buen léxico y tener constancia para facilitar sus objetivos. Cuando se tiene un aprendizaje activo en las sesiones impartidas, varían los niveles de beneficios de los alumnos; existiendo una disparidad en el contenido impartido que ocasiona la pérdida de ideas valiosas y la obtención de mejores resultados en el aprendizaje (Mehta et al., 2021).

En cuanto al docente, la enseñanza virtual ha sido un reto, ya que a muchos les correspondió amoldarse rápidamente porque lo requería el momento, asumiendo en ocasiones los costos de aplicar estas nuevas prácticas en sus actividades docentes (Sánchez & Albaladejo, 2020). En la enseñanza virtual es valioso para los estudiantes que el docente reconozca sus logros e invite a continuar, vigile posibles problemas y retos para establecer el orden hacia un ambiente de confianza el profesor es quien brinda apoyo y confianza, desde el punto de vista afectivo, a los estudiantes en la nueva manera de impartir los saberes (Castellanos & Niño, 2018; Niño et al., 2018).

Por tanto, los dispositivos electrónicos son herramientas usadas para compartir intelecto y comunicarse con los demás, así como también en el fomento de la participación y desarrollo del trabajo en línea (Abdul et al., 2020). Los docentes se han incorporado a esta tendencia, y es su deber sondear las tecnologías móviles para aliviar el proceso educativo y su influencia en el estudiante, debido al veloz aumento del uso de los sistemas informáticos (González & Sosa, 2021). Asimismo, estos dispositivos podrían ser un ambiente asequible con disposición y acceso permanente a los componentes de aprendizaje (Zhampeisova, 2020).

En este sentido, el aprendizaje por medio de la tecnología cambió la educación presencial y transformó la adquisición de conocimientos que, debido a la pandemia, aceleró el proceso de conciliación de los elementos educativos a distancia y de los medios tecnológicos. De esta forma, se generaron nuevos espacios para el intercambio de opiniones, siendo parte de la globalización, el complejo proceso de asimilación entre la tecnología, las plataformas educativas y el distanciamiento, existiendo la triangulación entre los elementos que permiten mantener la calidad en los centros educativos (Muñoz et al., 2020; Cotán et al, 2021; Basogain & Olmedo, 2020; Álvarez et al., 2020).

Lo anteriormente expuesto afianza el uso del aprendizaje colaborativo en entornos virtuales en los procesos de enseñanza – aprendizaje, los que se llevan a cabo con mayor auge e intensidad desde que apareció la pandemia de la Covid-19. Tal como expone Roselli (2007), la cognición es un proceso que va de lo social a lo individual, propiciando el desarrollo del individuo, por ello, la colaboración en el aprendizaje es un proceso colectivo en el que todos participan en la construcción del conocimiento y dado que este es un proceso que edifica y concierta de manera conjunta significados, es apropiado para el proceso de enseñanza.

Luego de las consideraciones anteriores, el presente artículo tiene como propósito realizar una revisión sistemática acerca del aprendizaje colaborativo en entornos virtuales, presentando un análisis de las investigaciones que consideran al estudiante, al docente y la interacción entre ambos. Motivado por el considerable volumen de investigaciones relacionadas con el tema, se seleccionaron las fuentes publicadas entre los años 2020 y 2022, con la intención de descubrir los elementos más relevantes por medio de las interrogantes:

1. ¿Cuáles fueron los retos comunes del estudiante en el uso de entornos virtuales colaborativos durante la emergencia sanitaria?
2. ¿Cuáles fueron las experiencias docentes de utilizar el aprendizaje colaborativo en entornos virtuales?

Por esta razón, el abordaje se realizó a través del método PRISMA, lo que permitió filtrar los artículos de acuerdo a su relevancia y propósito del estudio, desde una perspectiva analítica y crítica sobre los aportes principales.

Materiales y Métodos

La investigación corresponde a una revisión sistemática, siendo un tipo de estudio donde se explora, filtra y analiza el contenido de artículos publicados en revistas científicas (Suarez et al., 2017). Dicho método realiza una síntesis de los resultados de estudios investigativos que han pasado por un proceso de evaluación con el propósito de recabar la información primordial para la exploración académica (Torres & López, 2014). Por esta razón, la metodología PRISMA es un método que independiente del diseño que se aplique, es considerado en revisiones sistemáticas con intervenciones en las ciencias sociales y educativas, donde la evaluación arbitrada se realiza en base a la etiología, prevalencia y el pronóstico (Barrios et al., 2021). El método PRISMA sirvió de guía en el desarrollo del presente estudio, teniendo una finalidad de tipo básica, debido a que muestra la situación del aprendizaje colaborativo por medio de los entornos virtuales desde la óptica del docente y estudiante durante la emergencia sanitaria de los últimos años.

También se realizó un análisis documental enmarcado en un enfoque cualitativo, el que se orientó al descubrimiento del sentido de los estudios que fueron publicados bordeando el uso de los medios digitales para lograr el aprendizaje colaborativo en pleno aislamiento por pandemia.

Dicho análisis se realizó de acuerdo a las siguientes fases: Primeramente se llevó a cabo una búsqueda inicial en los repositorios Scopus, Scielo, Web of Science y Ebscohost cumpliendo con los criterios de inclusión: “aprendizaje colaborativo”, “entornos virtuales de aprendizaje”, “entornos colaborativos” y “entornos virtuales colaborativos”, los cuales debieron estar en idioma español e inglés, siendo publicados en los años 2020 y 2022 en las bases de datos consideradas científicas y académicas, luego se lograron filtrar un total de 80 artículos, de los cuales quedaron 50 que cumplieron con los criterios de búsqueda antes señalados, 25 bordean la temática de entornos virtuales colaborativos, 11 tienen basamento

teórico y conceptual sobre el tema, además de abordar la metodología a base del aprendizaje colaborativo y entornos virtuales, el resto (20) bordean la temática desde áreas diferente a la educación. Posterior a la selección de los artículos, se procedió a la elaboración de resúmenes, resaltando el aporte por cada manuscrito, al final se realizó el análisis siguiendo un orden secuencial según la metodología aplicada, con la finalidad de argumentar y analizar los hallazgos del estudio. Se excluyeron aquellos artículos que no tenían relación con la temática, el tiempo y el método que se utilizó en la investigación.

Para comprender mejor, en la Tabla 1 se presentan las categorías y subcategorías que guiaron el análisis de los resultados.

Tabla 1

Categoría y Subcategoría de la Investigación

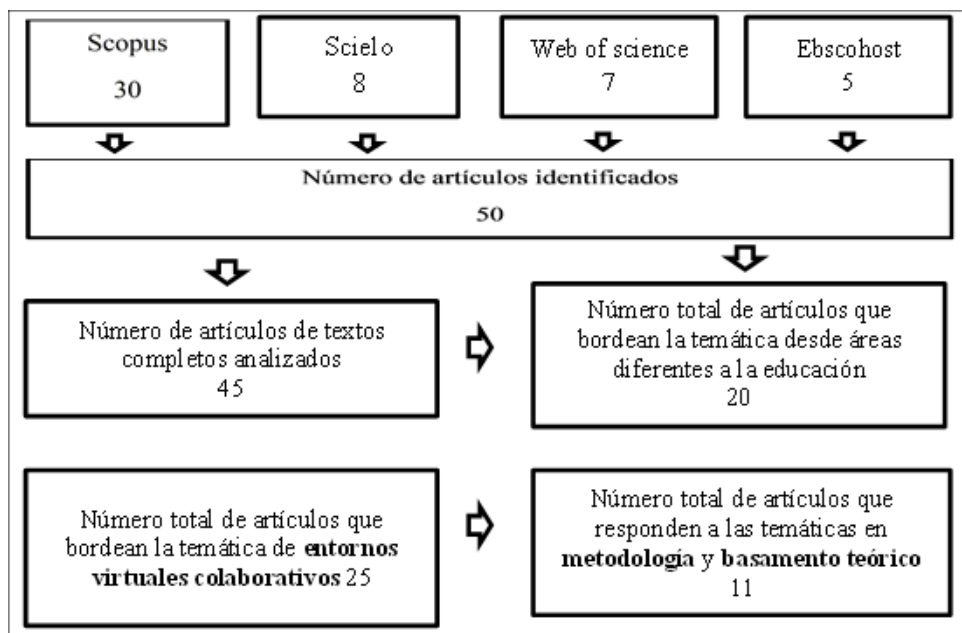
Categoría	Subcategoría
1. Reto de estudiante en el uso de entornos virtuales colaborativos durante la emergencia sanitaria.	El rol del estudiante y el uso de los entornos virtuales. El estudiante y el aprendizaje colaborativo en la emergencia sanitaria.
2. Experiencias docentes sobre el aprendizaje colaborativo realizado en entornos virtuales.	a. El rol docente y el aprendizaje colaborativo. b. Docencia en entornos virtuales.

Resultados

Una vez aplicado los criterios de búsqueda, se revisaron 50 artículos según los parámetros y la metodología establecida, posterior, se encontró los siguientes hallazgos: la mayoría de los artículos seleccionados (30) pertenecieron a la revista Scopus, lo que representa un 60%, el otro 40% de los artículos correspondieron a publicaciones de Scielo (8), Web of Science (7) y Ebscohost (5). Se seleccionó artículos de Scopus, ya que es un repositorio de mayor alcance, que involucra un manejo de datos actualizados y de gran impacto en comparación a otros buscadores (Figura 1).

Figura 1

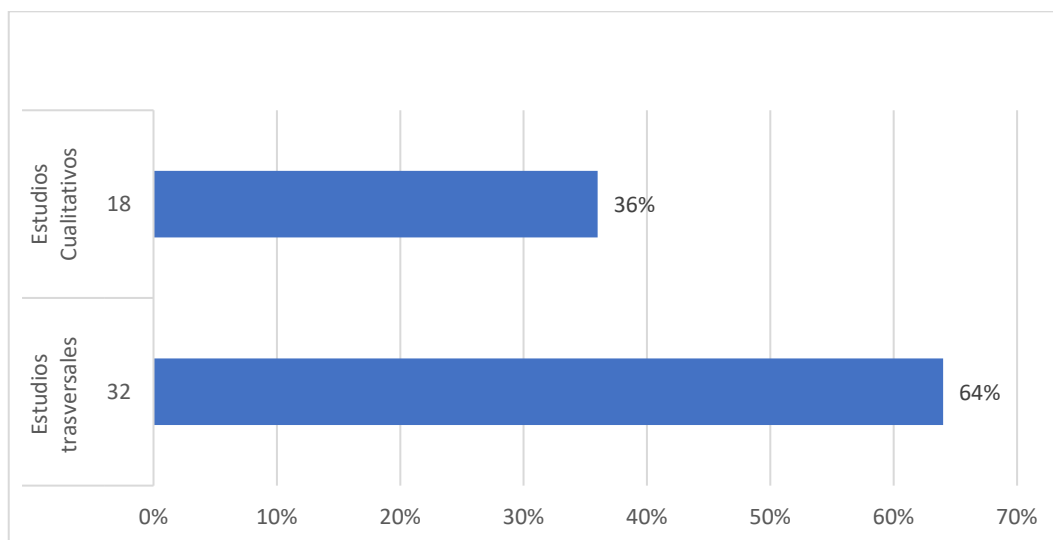
Aplicación de la metodología prisma en la búsqueda de artículos científicos



De estos artículos, fueron analizados 45, de los cuales 25 trataban el tema desde áreas diferentes a la educación, 25 abordaban los entornos virtuales colaborativos y 11 empleaban aspectos metodológicos y teóricos sobre el tema. Es importante destacar que del total de artículos el 64% fueron estudios transversales de tipo cuantitativos, los que analizaban datos de variables en un período determinado. Los otros artículos (36%) aplicaban estudios cualitativos como: estudios de caso, propuestas, estudio fenomenológico, hermenéutico, revisión sistémica, lúdico, casos múltiples y sistema de datos.

Figura 2

Tipo de estudios analizados, siendo la mayoría (64%) de tipo trasversal

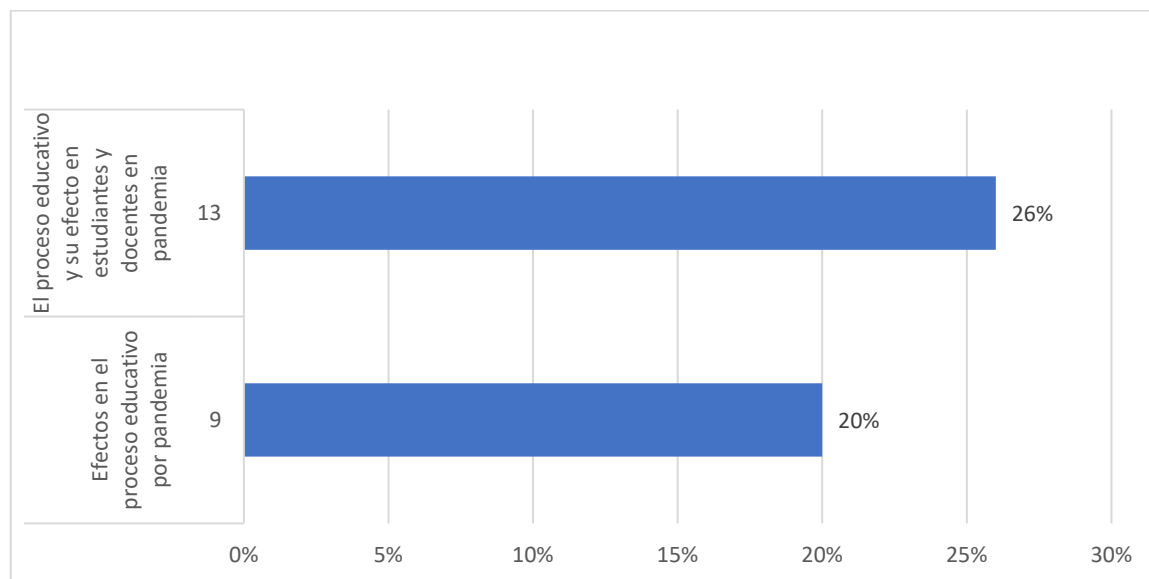


A su vez, los artículos se organizaron en una matriz donde se incluyó la información que se consideró para su filtración: autor(es), título, año de publicación, descriptor, objetivo, metodología, aspecto resaltante y conclusiones, dando respuesta a las preguntas del estudio con base en las categorías y subcategorías establecidas. En este sentido, se evidenció que la pandemia de la Covid-19 trajo consigo nuevas experiencias a los docentes y retos a los estudiantes al llevar el proceso de enseñanza y aprendizaje a la modalidad virtual. Por ello, los entornos virtuales se establecen como un modelo de acción recíproca docente-estudiante sostenido en un ambiente digital que proporcionan las herramientas que propician el proceso educativo.

Sin embargo, también se evidenció que el 20% analiza la manera en que ha afectado la pandemia de la Covid-19 el proceso de enseñanza – aprendizaje. Así mismo, se detectó que el 26% examina aspectos relacionados con los estudiantes y los docentes. En el análisis realizado se encontró que el estudiante y su interacción por medio de entornos virtuales no atiende rangos, pues el ciberespacio es un contexto que acoge el intercambio, permite compartir las aptitudes mediante el desarrollo grupal en sus diferentes dimensiones; generando así espacios para la interacción conjunta, la elaboración y diseño de contenidos enérgicos. Por ello, los entornos virtuales, durante la pandemia, se apoderaron de muchos jóvenes al convertirse en una de las pocas o única forma de comunicación entre ellos, de esta manera, el estudiante pasó a ser un activo receptor de la comunicación e intérprete de su formación, iniciando con su práctica, orientada a construir sus nuevas competencias.

Figura 3

Análisis de artículos según categorías, predominando el proceso educativo y su efecto en estudiantes y docentes pospandemia



Siguiendo con el estudiante y el reto del aprendizaje colaborativo en plena emergencia sanitaria, se comprobó que en la pandemia se dio uso a diversas herramientas que permitieron dar continuidad al proceso de enseñanza de manera improvisada y abrupta. Además, se descubrió que existe un reconocimiento entre el aprendizaje colaborativo (tanto en español como en su traducción del idioma inglés), la curiosidad del participante y el aprendizaje como tal, así como, el efecto de los medios y el aporte activo del aprendizaje colaborativo, destacando que los estudiantes acogieron las redes sociales durante la pandemia (ver Tabla 2). Otro de los descubrimientos fue el significado que tuvieron las redes sociales durante la emergencia sanitaria, al proporcionar a los estudiantes la ocasión para avanzar y obtener mejores resultados en las asignaciones académicas y el intercambio de experiencias con sus compañeros, siendo un canal propicio para mantener las actividades estudiantiles en situaciones adversas a la normalidad.

Tabla 2

Documentos científicos que asocian la pandemia y el proceso de enseñanza- aprendizaje

Autor(es), año y país	Título de la investigación	Propósito
Almusharraf, N. & Bailey, D. (2021). Corea del Sur	Participación en línea durante COVID-19: Papel de la agencia en Orientación de aprendizaje colaborativo y expectativas de aprendizaje.	Explora el efecto mediador que tiene la participación de agentes en la orientación del aprendizaje colaborativo de lenguas dentro de un curso de videoconferencia de EFL para comprender mejor cómo las interacciones influyen en las expectativas de aprendizaje académico.
Canales, R. & Silva, J. (2020). Chile	De lo presencial a lo virtual, un modelo para el uso de la formación en línea en tiempos de la Covid-19.	Presenta un modelo de cómo enfrentar la formación virtual en tiempos de crisis. Cómo transitar de lo presencial a lo virtual, de modo de integrar las potencialidades que las tecnologías digitales nos proveen para generar entornos que promuevan aprendizajes de calidad en los estudiantes.

Autor(es), año y país	Título de la investigación	Propósito
Ceballos, M. (2021) Ecuador	Método proyectual tradicional y su aplicabilidad en el contexto de ambientes virtuales de aprendizajes.	Propone que la adaptación de la TIC que media el proceso dependa también de la adaptación del método del docente. Haciendo énfasis en el nuevo protagonismo del profesor cuya identidad es hoy por hoy, una pantalla omnipresente en todos los ambientes del estudiante.
García, N., Quevedo, N. & Looor E. (2021) Ecuador	Entornos virtuales de aprendizaje en el Centro de Transferencia y Desarrollo de Tecnología de la Universidad de los Andes, Santo Domingo, para la competencia oral en inglés.	Valorar el desarrollo de la competencia comunicativa de los estudiantes a partir de la interacción con otros estudiantes y el docente en clases sincrónicas basado en los temas del curso y el pensamiento crítico o reflexivo que ofrecen las actividades asincrónicas y los textos del libro Life, adaptados por el profesor al entorno más cercano del estudiante para comunicar oralmente en inglés.
Hernández, N. (2021) España	Herramientas que facilitan el aprendizaje colaborativo en entornos virtuales: nuevas oportunidades para el desarrollo de las ecologías digitales de aprendizaje.	Hace un análisis de las herramientas en el aprendizaje colaborativo a partir de la percepción del alumnado participante en el estudio.
Khan, M., Ashraf, M., Seinen, D., Khan, K. & Laar, R. (2021). Paquistán	Redes sociales para el conocimiento Adquisición y difusión: Impacto de la pandemia Covid-19 en Redes sociales impulsadas por el aprendizaje colaborativo Adopción de medios.	Aborda el concepto clave de aprendizaje colaborativo durante la pandemia Covid-19 mediante la evaluación del uso de las redes sociales entre los estudiantes en educación. La relación entre el uso de las redes sociales y el desempeño de los estudiantes es crucial para comprender el papel de las redes sociales durante una pandemia.
Marmolejo, M. (2021). Ecuador	Modelo Didáctico Proyectual para Entornos Virtuales (MDPEV)	Establecer estrategias, métodos y técnicas destinadas al aprendizaje basado en proyectos en el espacio de trabajo virtual.
Mehta Kosha J., Miletich I., & Detyrna M. (2021) Chile	Diferencias específicas de contenido en la percepción de Padlet para la colaboración aprendizaje entre estudiantes de pregrado.	Comparar las percepciones de los estudiantes sobre el uso Padlet como herramienta de aprendizaje colaborativo.
Sheng, Z. (2021). Tailandia	Nuevo enfoque de enseñanza para dispositivos móviles basados en Internet Construcción colaborativa del conocimiento en la "Gestión de la docencia".	Esta investigación se centra en la reforma de la gestión de la docencia y del curso a través de nuevas tecnologías de red, combinado con un enfoque de enseñanza de construcción colaborativa del conocimiento.

De todo lo anterior, se evidencia que el estudiante tuvo diversos desafíos que afrontar durante la pandemia en cuanto a su aprendizaje por medio de los entornos virtuales, siendo uno de ellos la continuidad de los procesos educativos que, en la sociedad del conocimiento actual, deben ser redimensionados para poder enfrentarse a los retos tecnológicos, trayendo consigo de manera abrupta el denominado entorno personal de aprendizaje (PLE). Se trata de la actividad interactiva alrededor del aprendizaje y la autodirección del conocimiento en la práctica cotidiana y en los ambientes formales, lo que requiere de la adquisición y la amplitud de conocimientos y destrezas en el área informática y digital del estudiante, para cumplir sus objetivos académicos inherentes al desarrollo intelectual del individuo.

En cuanto al rol docente y el aprendizaje colaborativo por medio de los entornos virtuales, se descubrió que la digitalización de la instrucción no guarda relación con el desvanecimiento del docente, contradictoriamente tiene que ver con la diversificación de su

accionar en la educación, al pasar a un gran escenario tal como lo son los medios digitalizados que cobijan la enseñanza actual. También se evidenció que existen elementos que van a dar significado al docente ante el nuevo modelo pedagógico, al respecto, el docente debe de elaborar un plan que permita el desarrollo de contenidos curriculares bajo este modo de enseñanza – aprendizaje y después interpretarlo al idioma de las pantallas; mientras los estudiantes comprenden la información en porciones de acuerdo a los objetivos, para luego presentar sus dudas al docente durante los encuentros

Por consiguiente, el docente tuvo diversas experiencias que enriquecieron su labor y reforzaron el aprendizaje colaborativo por medio de los entornos virtuales, debido a que los contenidos programáticos tuvieron que transformarse y adaptarse a una realidad totalmente diferente, haciendo del rol docente más interactivo, digital y disponible, como respuesta a su misión pedagógica y apoyado con recursos virtuales que coadyuvaron a la generación de aprendizajes significativos. De esta manera, se aprovecharon las oportunidades de la práctica educativa en modo virtual, logrando la construcción continua y retroactiva de los conocimientos y acciones orientadoras mediante los medios digitales.

Discusión

La revisión de los artículos sobre los entornos virtuales colaborativos descifró la experiencia de los docentes y los retos que han presentado para los estudiantes la coyuntura de emergencia sanitaria a nivel global. En este sentido, la mayoría de los estudios realizados en Ecuador y Chile han resaltado el uso de la tecnología como elemento fundamental en el proceso de aprendizaje y la dinámica educacional, tal es el caso del estudio de Sifuentes et al. (2021), quienes demuestran que en la mayoría de los países latinoamericanos, la tecnología representa una novedosa oportunidad para crecer en el campo educacional, hacer llegar el aprendizaje a lugares recónditos e involucrar a la población estudiantil que está ávida de conocimiento permanente, todo ello bajo un escenario adverso que limita el acercamiento del docente al aula de clases. Dichas ideas coinciden con el trabajo de Canales y Silva (2020), autores que resaltan los avances de la ciencia y el uso de la tecnología digital como elementos esenciales empleados en la enseñanza, lo que ha representado un gran desafío para la comunidad educativa, al verse obligados a pasar de manera abrupta de lo presencial a lo virtual, cambio que se percibe fecundo gracias al creciente uso de los medios digitales que están transformando la enseñanza aprendizaje en el mundo.

En cuanto a los retos del estudiante en el uso de los entornos virtuales colaborativos durante la emergencia sanitaria, se descubrió que los educandos aceptan y asimilan los entornos virtuales, identificándose por medio del uso continuo de las redes sociales; lo que motiva y facilita su aprendizaje. Todo ello coincide con el trabajo de García et al. (2021), quienes plantean a base de sus resultados, que el estudio por medio del entorno virtual trae consigo nuevas experiencias, dando un rol más protagónico al educando, quien construye su propio aprendizaje a base de la información suministrada por el docente, convirtiéndose este último en mero facilitador del proceso de enseñanza. Hallazgo que va en línea con lo demostrado por Ceballos (2021) puntualizando la utilidad de los entornos virtuales, quienes facilitan el análisis crítico del estudiante partiendo de la comprensión del texto a la producción oral. Lo que demuestra la existencia de una correlación entre la lectura y su comunicación a través de plataformas digitales, y coincide con Ñaupari (2021) al señalar que el aprendizaje se vuelve más colaborativo por medio del uso de la virtualidad, cuando el entorno permite la oportunidad de compartir ideas, además de facilitar la ayuda de unos con otros, y de motivar la participación, aspectos en los que existe coincidencia en varios de los estudios. Sin embargo, Marmolejo (2021) defiende la idea de la calidad en los conocimientos, enfocadas en estudiantes con necesidades específicas dentro de un entorno colaborativo, lo que aporta indicios que

demuestran que la virtualidad apunta a ser uno de los recursos infalibles en el ámbito educativo de hoy.

También se verificó, en la revisión exhaustiva de los textos, la percepción que tiene el estudiante en cuanto al aprendizaje colaborativo, el cual obliga a un cambio de pensamiento de lo individual a lo colectivo, convirtiéndose en el constructor activo de su aprendizaje, además de incorporar medios digitales que facilitan el intercambio de saberes de manera efectiva. De forma similar, Santillán et al. (2021) coincide que los beneficios que tiene la tecnología en la evolución del aprendizaje colaborativo aportan al educando una mayor responsabilidad y contenido que se discute en equipos, transformando el discurso tradicional en uno socioemocional que se comparte en las sesiones de enseñanza, y dando paso a resultados favorables en el rendimiento académico.

En cuanto a la experiencia docente sobre el aprendizaje colaborativo realizado en entornos virtuales, se confirmó el esfuerzo que hacen los pedagogos en el uso de la tecnología para llevar a cabo las instrucciones educativas en momentos adversos como una situación de pandemia. Los hallazgos dieron a entender que hubo cambios bruscos a la manera de cómo se venía concibiendo las clases y la interacción con el estudiante, tal visión coincide con Picón et al (2021), quien señala que todo ello implicó el desarrollo de contenidos curriculares y la elaboración de una planificación adaptada a la virtualidad, además de la formulación de estrategias de acuerdo a las condiciones y características de los contenidos. Esta premisa coincide con Coincidiendo con Hernández (2021), autor que resaltó el compromiso de los docentes, al haber brindado orientación, apoyo continuo y retroalimentación a una población estudiantil que estaba acostumbrada a lo presencial; lo que conllevó a fortalecer la capacidad de colaboración y la mente creativa de todos los involucrados (educandos, docentes y padres) con la finalidad de proseguir y avanzar con el proceso de enseñanza, manteniendo su calidad sobre todas las cosas.

Así también, se evidenció en los textos analizados, que tanto docentes como estudiantes se benefician del uso de las plataformas digitales, sobre todo de la presencia en redes sociales, tal como señala Ramírez et al (2020). Este autor coincide con que dichas herramientas promueven el aprendizaje colaborativo, fomentan actividades asincrónicas, donde el docente tiene la capacidad de dirigir y diseñar mecanismos que apoyen la interacción entre participantes con base en metodologías flexibles y de gran innovación, de esa manera se aporta al proceso de enseñanza en tiempos adversos, sin interrumpir el avance del sistema educativo e impulsando las acciones para construir nuevos conocimientos en el área pedagógica.

Conclusiones

En conclusión, el estudio que se presenta es el resultado de una revisión sistemática que ha permitido evidenciar diferentes estrategias utilizadas en el aprendizaje colaborativo en entornos virtuales, y cómo la pandemia obligó a las instituciones, docentes y estudiantes a incorporarse a una nueva realidad, descubriendo las necesidades y deficiencias de los involucrados en este proceso para transformar y adecuar la enseñanza aprendizaje a un nuevo formato, un nuevo lenguaje y una manera diferente de enseñar y aprender.

Dicho estudio, permitió conocer la percepción de los estudiantes sobre el uso de la tecnología en el proceso de aprendizaje, dando un rol más protagónico, en el que por sí solo construye su propio aprendizaje en base a la información suministrada por el docente, que pasa hacer facilitador del proceso y un elemento canalizador de las competencias colaborativas, gracias al apoyo en las plataformas digitales, crea el escenario idóneo para que su interacción sea más efectiva a pesar de las dificultades que empañaron el proceso de enseñanza a nivel

global. Aun así, el permanente uso de las redes sociales y aplicaciones móviles fueron utilizadas como herramientas que soportaron el proceso colaborativo de aprendizaje, siendo un reto para los educandos en el avance de sus estudios académicos y una experiencia pedagógica trascendental para los docentes. Al mismo tiempo, resulta de importancia social debido a los beneficios que aporta la tecnología al sistema educativo en momentos en que la presencialidad se interrumpe por situaciones de emergencia sanitaria; en especial en Latinoamérica, donde se presentan realidades diferentes a los demás países en cuanto a la masificación de la educación virtual. Entre las limitaciones del estudio, se expone el acceso de los artículos en su versión completa, debido al costo de suscripción de los repositorios, situación subsanada con la colaboración de la universidad, quienes permitieron la accesibilidad en los mismos, pudiendo terminar exitosamente con la investigación.

Referencias

- Acosta, R., Hernández, A., & Martín, A. (2021). Satisfacción del profesorado y alumnado con el empleo de Metodologías de Aprendizaje Colaborativo mediada por las TIC: Dos estudios de casos. *Revista estudios Pedagógicos XLVII*, 2, 79 – 97. doi: 10.4067/S0718-07052021000200079
- Abdul, N., Handayani, L., Othman, M., Al-Rahmi, W., Kasim, S., & Sutikno, T. (2020). Social media for collaborative learning. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 10(1), 1070 – 1078. doi: 10.11591/ijece.v10i1.pp1070-1078
- Aguirre, J., & Goin, M. (2018). Trabajo colaborativo en un entorno virtual para el aprendizaje de matemática de ingresantes a carreras de ingeniería. Dificultades y desafíos didácticos. *Ciencia, Docencia y Tecnología*, 29(57), 129 – 148. <https://www.redalyc.org/journal/145/14560144006/html/>
- Almusharraf, N. & Bailey, D. (2021). Online engagement during COVID-19: Role of agency on collaborative learning orientation and learning expectations. *Journal of computer assisted learning*, 37 (5), 1–11. <https://doi.org/10.1111/jcal.12569>
- Álvarez, S., Salazar, O. & Ovalle, D. (2020). Modelo de juego serio colaborativo basado en agentes inteligentes para apoyar procesos virtuales de aprendizaje. *Formación Universitaria*, 13(5), 87 – 10. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062020000500087>
- Basogain, X. & Olmedo, M (2020). Integración de Pensamiento Computacional en Educación Básica. Dos Experiencias Pedagógicas de Aprendizaje Colaborativo online. *Revista Educación a Distancia*, 20 (63) <http://dx.doi.org/10.6018/red.409481>
- Barrios, K; Orozco, D; Pérez, E. & Conde, G. (2021). Nuevas recomendaciones de la versión PRISMA 2020 para revisiones sistemáticas y metaanálisis. *Acta Neurológica Colombiana*, 37(2), 105-106. Epub July 07, 2021. <https://doi.org/10.22379/24224022373>
- Canales, R. & Silva, J. (2020). De lo presencial a lo virtual, un modelo para el uso de la formación en línea en tiempos de COVID-19. *Revista Curitiva*, 36, 1-20. <https://dx.doi.org/10.1590/0104-4060.76140>.
- Castellanos, J.& Niño, S. (2018). Aprendizaje colaborativo en línea, una aproximación empírica al discurso socioemocional de los estudiantes. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 22 (20), 1-12. <https://doi.org/10.24320/redie.2020.22.e20.2329>.
- Ceballos, M. (2021). Método proyectual tradicional y su aplicabilidad en el contexto de ambientes virtuales de aprendizaje. *Cuaderno 135* (24), 55 -70. <https://doi.org/10.18682/cdc.vi135.5028>
- Cotán., García, I. & Gallardo, J. (2021). Trabajo colaborativo en línea como estrategia de aprendizaje en entornos virtuales: una investigación con estudiantes universitarios de educación infantil y educación primaria. *Educación XXX* (58), 147 – 168. <https://doi.org/10.18800/educacion.202101.007>.
- Filgueira, C. & Gherab, K. (2020). Aprendizaje en trabajo colaborativo. La coevaluación a través de la revisión colaborativa. *Revista Internacional de Educación y Aprendizaje*, 8(3), 135 – 141. <https://doi.org/10.37467/gka-revedu.v8.2702>

- Flores, J., Garay, R. & Hernández, R. (2020). El uso de la wiki y la mejora en el aprendizaje colaborativo. *Propósitos y Representaciones*, 8(1). e447. doi: <http://dx.doi.org/10.20511/pyr2020.v8n1.447>
- Fracchia C, & Bramardi, S. (2020). Torneos de programación: combinando los aprendizajes competitivo y cooperativo. *Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*, (27), 56 – 65. doi:10.24215/18509959.27.e6
- García, N. Quevedo, N. & Loor, E. (2021). Entornos Virtuales de Aprendizaje en el centro de transferencia y desarrollo de tecnología de la Universidad de los Andes, Santo Domingo, para la competencia oral en inglés. *Revista Científica Multidisciplinaria*.7(2), 37 – 48. <https://revista.uniandes.edu.ec/ojs/index.php/mikarimin/article/view/2438>
- González, A. & Sosa, M. (2021). Aspectos pedagógicos, tecnológicos y de interacción social del aprendizaje móvil: revisión Sistemática de Literatura. *Educatio Siglo XXI*, 39(1), 257-280 <http://dx.doi.org/10.6018/educatio.469271>
- Hernández, N. (2021). Herramientas que facilitan el aprendizaje colaborativo en entornos virtuales: nuevas oportunidades para el desarrollo de las ecologías digitales de aprendizaje. *Educatio siglo XXI*, 39(2), 81 – 100. <https://doi.org/10.6018/educatio.465741>
- Jiménez, R. (2023). Aprendizaje expansivo en entornos digitales: un análisis de redes epistémicas con perspectiva de género. *RIED-Revista Iberoamericana De Educación a Distancia*, 26(2), 111–133. <https://doi.org/10.5944/ried.26.2.36198>
- Khan, M., Ashraf, M., Seinen, D., Khan, K. & Laar, R. (2021). Social media for knowledge acquisition and dissemination: the impact of the covid-19 pandemic on collaborative learning driven social media adoption. *Frontiers in Psychology*, 12: 648253. doi: 10.3389/fpsyg.2021.648253
- Leeuwen, A., Hornstra, L. & Flunger, B. (2020) Need supportive collaborative learning: are teachers necessary or do students support each other's basic psychological needs? *Educational Studies*, 23 (2).15-26. doi <https://doi.org/10.1080/03055698.2020.1835613>
- Liu Z. (2020). El coaprendizaje como nuevo modelo de aprendizaje en un entorno digital. *Entorno: eficacia del aprendizaje y colaboración*. 15(13). 34-48.
- Matzumara, J., Gutiérrez, H., Pastor, C. & Ruiz, R. (2019). Valoración del trabajo colaborativo y rendimiento académico en el proceso de enseñanza de un curso de investigación en estudiantes de medicina. *Anfacmed*, 80(4), 457 – 464. <https://doi.org/10.15381/anales.v80i4.17251>
- Marmolejo Cueva, M. C., & Vásquez Coisme, L. D. (2021). Modelo Didáctico Proyectual para Entornos Virtuales (MDPEV). *Cuadernos Del Centro De Estudios De Diseño Y Comunicación*, (135). <https://doi.org/10.18682/cdc.vi135.5030>
- Mehta, K., Mileitch, I. & Detyna, M. (2021) Content-specific differences in padlet perception for collaborative learning amongst undergraduate students. *Research in Learning Technology*, 29 (2).239. <http://dx.doi.org/10.25304/rlt.v29.2551>
- Meijer, H. Hoekstra, R. Brouwer, J & Strijbos, J. (2020). Desarrollo de la alfabetización en evaluación del aprendizaje colaborativo: una reflexión sobre los métodos de evaluación actuales en educación superior. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 45(8), 1222-1240.
- Muñoz, P., Cassier, Z., Olivarez, M., & Dunn, M. (2020). Collaborative online international learning: A way to develop students' engineering capabilities and awareness to become global citizens. *International Journal of Mechanical Engineering Education*, 5 (2). 45-58. <https://doi.org/10.1177/0306419020934100>
- Niño, S. & Castellanos, J. & Hernandez, E. (2018). Construcción del conocimiento y regulación del aprendizaje en tareas colaborativas asincrónicas. *Apertura*, 11(1), 6 – 23. <http://dx.doi.org/10.32870/Ap.v11n1.1465>

- Ñaupari, F. (2021). Google drive y aprendizaje colaborativo en estudiantes universitarios. *Revista Internacional de Tecnología, Conocimiento y Sociedad*, 9(1). <https://doi.org/10.18848/2474-588X/CGP/v08i01/1-12>
- Palacio, M. (2020). Aprendizaje colaborativo con TIC y las excepciones y limitaciones al derecho de autor: Colombia. *Revista La Propiedad Inmaterial*, (29), 117-136. <https://doi.org/10.18601/16571959.n29.05>
- Picón, G. A., Rodríguez, N., & Oliveira, A. A. (2021). Assessment practices in virtual learning environments during the COVID-19 pandemic and the return to presence. In *SciELO Preprints*. <https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.2690>
- Quispe, W., Gutiérrez, H., Matsumura, J. & Pastor, C. (2020). Aplicativo móvil en el trabajo colaborativo: valoración en estudiantes de postgrado de gerencia de servicios de salud. *An Fac med*, 81(1):58-62 <https://doi.org/10.15381/anales.v81i1.17785>
- Ramírez, M., Aguirre, J. & Carvajal, N. (2020). Formación médica para afrontar emergencias y desastres: experiencia de enseñanza-aprendizaje con trabajo colaborativo, uso de tecnologías de información y comunicación, y simulación. *FEM*, 23(5), 243 – 249. https://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S2014-98322020000600003&script=sci_abstract&tlng=es
- Roselli, N. (2007). El aprendizaje colaborativo: fundamentos teóricos y conclusiones prácticas derivadas de la investigación empírica. En Ison Richaut (Ed), *Avances en investigación en ciencias del comportamiento* (pp. 978 – 987). Ediciones Mendoza AACC. https://www.researchgate.net/publication/298786091_El_aprendizaje_colaborativo_fundamentos_teoricos_y_conclusiones_practicas_derivadas_de_la_investigacion_empirica
- Saito, E., Hang, T., Sumikawa, Y., Watanabe, M. & Hidayat, A. (2020) Comparative institutional analysis of participation in collaborative learning. *Cogent Education*, 7(1). 1 – 14. <https://doi.org/10.1080/2331186X.2020.1779556>
- Sánchez, G. & Albaladejo, G. (2020). The use of a wiki to boost open and collaborative learning in a Spanish university. *Knowledge Management & E-Learning*, 12 (1), 1-17. <https://doi.org/10.34105/j.kmel.2020.12.001>
- Santillán, J. Tapia, A. & Yumi, L. (2021). Determinación del perfil del aprendizaje para la implementación de entornos virtuales de aprendizaje centrados en el estudiante. *Dominio de las Ciencias*. 7(1). 355 – 371. <https://doi.org/10.23857/DC.V7I1.1647>
- Sifuentes Pinedo, G., Pacchioni Alfaro, G., La Cruz Marín, E., & Arcelles, J. E. (2021). Uso de Padlet como herramienta para la evaluación y seguimiento de los aprendizajes en un curso-taller de Formación General en Arte y Diseño en modalidad a distancia. *En Blanco Y Negro*, 12(1), 8-20. Recuperado a partir de <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/enblancoynegro/article/view/24671>
- Suarez, G. Díaz, C. & Flores, E. (2017) *Guía didáctica: artículo de investigación*. Lima: Ediciones Pontificia Universidad Católica del Perú. https://cdn02.pucp.education/investigacion/2016/06/21165057/GUIA-DE-INVESTIGACION-EN-EDUCACION_21_11_16.pdf
- Torres-Fonseca, A., & López-Hernández, D. (2014). Criterios para publicar artículos de revisión sistemática. *Revista de Especialidades Médico-Quirúrgicas*, 19 (3), 393-399. <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=52950>
- Zabidi, N. & Wang, W. (2021). The Use of Social Media Platforms as a Collaborative Supporting Tool: A Preliminary Assessment. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 15(6), 137 – 149. <https://doi.org/10.3991/ijim.v15i06.20619>
- Zhampeissova, K., Kosareva, I., & Borisova, U. (2020). Collaborative Mobile Learning with Smartphones in Higher Education. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 14(21), 4-18. <https://doi.org/10.3991/ijim.v14i21.18461>
- Zhang, L. (2021). A New Machine Learning Framework for Effective Evaluation of English Education. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 16(12), 142 – 154. <https://doi.org/10.3991/ijet.v16i12.23323>

Aprender enseñando: la educación intergeneracional a través del aprendizaje-servicio

Learning by teaching: intergenerational education through service-learning

Manuel Jesús Herмосín-Mojeda¹ <https://orcid.org/0000-0001-8555-9521>,
María de los Ángeles Triviño-García¹ <https://orcid.org/0000-0002-0803-2141>, Ana Inmaculada
Martínez-González¹ <https://orcid.org/0000-0001-6969-4256>, María Victoria Díaz-Ruiz¹
<https://orcid.org/0000-0002-7474-4278>

¹Universidad de Huelva, Huelva, España

manuel.hermosin@dedu.uhu.es, angeles.trivino@dedu.uhu.es,
ana.martinez@dedu.uhu.es, mariavictoria.diaz@dedu.uhu.es



Esta obra está bajo una licencia internacional
Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0.

Enviado: 2023/09/26

Aceptado: 2023/12/20

Publicado: 2023/12/30

Resumen

Se describe el desarrollo y la evaluación de una experiencia de enseñanza-aprendizaje intergeneracional, donde se ha llevado al aula la sensibilización ante los problemas medioambientales, tomando como marco de referencia los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Aparte de la descripción de la experiencia que se presenta, se analizó el involucramiento (*engagement*) de los estudiantes como objeto de este estudio, además, cómo afecta al rendimiento y aprendizaje del estudiantado. El tema principal alrededor del que giran todas las actividades programadas es el reciclaje, porque se considera fundamental como eje vertebrador de contenidos que fomentan el pensamiento crítico. De esta forma, se ha montado un proyecto de Aprendizaje-Servicio que ha servido para trabajar por proyectos en Educación Primaria y realizar un servicio que ha revertido en la propia dinámica escolar. Se evalúa esta experiencia como muy enriquecedora, tal como lo manifiestan los y las participantes, aunque en su desarrollo hayan surgido dificultades que han sido analizadas para mejorar en futuras ocasiones. Finalmente, se observa que al involucrar al alumnado que aprende en la búsqueda y coordinación de esfuerzos para llegar a acuerdos tras asumir la responsabilidad de la formación de otros, mejora el propio proceso de aprendizaje.

Palabras clave: Educación básica, aprendizaje basado en proyectos, involucramiento, rendimiento escolar, objetivos de desarrollo sostenible.

Sumario: Introducción, Materiales y Métodos, Resultados, Discusión y Conclusiones.

Como citar: Herмосín-Mojeda, M. J., Triviño-García, M. A., Martínez-González, A. I. y Díaz-Ruiz, M. V. (2023). Aprender enseñando: la educación intergeneracional a través del aprendizaje-servicio. *Revista Tecnológica - Espol*, 35(3), 153-168. <http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/1078>

Abstract

This article describes the development and evaluation of an intergenerational teaching-learning experience to bring awareness of environmental issues, taking the Sustainable Development Goals (SDGs) as a frame of reference. Besides the description of this experience, students' engagement is analyzed as the object of this study. In addition, it observes its impact on student performance and learning. The main theme around all the programmed activities is recycling, which is considered fundamental as the backbone of content that fosters critical thinking. In this way, a Service-Learning project has been set up. It has served to work by projects in Primary Education and to carry out service that reverts in the school dynamics itself. As stated by the participants, this experience has been evaluated as very enriching. However, difficulties have arisen during its development, which were analyzed to improve it on future occasions. Finally, it is observed that the learning process improves when the students learn to search and coordinate efforts to reach agreements after assuming responsibility for the training of others.

Keywords: basic education, project-based learning, engagement, school performance, sustainable development goals.

Introducción

Se atribuye a Benjamin Franklin (1706-1790) la famosa cita que se enuncia de la siguiente forma: “Dime y lo olvido, enséñame y lo recuerdo, involúcrame y lo aprendo”. Se emplea este pensamiento como introducción del presente estudio, pues es precisamente el concepto de «involucramiento» el que se ha contemplado para realizar la experiencia en la que se apoya esta investigación.

En la última década del siglo XX surge la preocupación por el acercamiento al concepto involucramiento y es desde ese momento que empieza a ser un punto fundamental de estudio para la psicología organizacional. Kahn (1990) es el primer autor al que se le atribuye este concepto. Avanzando en el tiempo y ya a comienzos del siglo XXI, autores como Salanova (2008) o Bakker (2008), se centrarán en el estudio del *engagement*, pero será en la segunda década del siglo donde dichas investigaciones comiencen a tomar impulso (Patiño et al., 2022).

De dicha década, autores como Bakker hablan de *engagement* definiéndolo como un estado mental de satisfacción, positividad, pasión y motivación hacia el trabajo (Bakker, 2017).

En la educación formal se suelen dar situaciones donde cada nivel actúa en función de sus propios intereses. El equipo docente se involucra en la evolución y desarrollo del grupo con el que interactúa, pero se pierde la riqueza de poder aprender todos juntos. De esta manera, el alumnado no recibe los contenidos solo del profesorado y de sus iguales –cuando hacen trabajo cooperativo basado en proyectos de aprendizaje en su grupo-clase-, sino que es posible que también interactúen con los estudiantes que se encuentran en otros niveles o, incluso, como en este caso, en diferentes etapas educativas.

Como se ha comentado, esta experiencia prioriza el enfoque de lo que se denomina “involucramiento” (*engagement*), que ha sido descrito por Fredericks, Blumenfeld y Paris (2004) como una forma de mejorar los bajos niveles de éxito académico, los altos niveles de descontento estudiantil y los abandonos escolares en áreas urbanas.

Mediante el involucramiento, el estudiantado adquiere la habilidad de autorregularse e implicarse hasta donde considere para alcanzar un nivel de conocimiento que le ha sido previamente expuesto, mediante rúbricas, por ejemplo. Esto tiene múltiples beneficios, pero

también tiene que ser planificado y los estudiantes deben entrenar, pues no es un aspecto que pueda conseguirse simplemente por enunciarlo o proponerlo en clase.

En el *engagement*, la parte educativa deja de lado el bienestar del estudiante como persona y se enfoca únicamente en su desempeño y la importancia de fomentar el mismo, ya que las evidencias de su relación positiva con el bienestar tanto físico como psicológico logran que el *engagement* sea utilizado y reutilizado para el mejor aprovechamiento de los estudiantes (Amador-Pérez et al., 2019).

Uno de los elementos fundamentales que se observa a la hora de llevar a cabo estas experiencias es el análisis diagnóstico del grupo, pues de un buen análisis dependerá el éxito de la experiencia en mayor o menor medida: experiencias previas, madurez del grupo, tareas que se pondrán en práctica, y propósitos del aprendizaje.

En línea con lo anterior, el contexto en donde se ha llevado a cabo esta experiencia de enseñanza-aprendizaje intergeneracional se sitúa en un centro de Educación Infantil, Educación Primaria y Educación Secundaria Obligatoria, ubicado en la ciudad de Huelva (España), en el que son frecuentes las actividades intergeneracionales en las que el alumnado se involucra en diferentes niveles y con diversos alcances.

En este caso, la idea del tema de Aprendizaje-Servicio surgió en el 2º curso de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) y ha implicado al segundo ciclo de Educación Primaria (3º y 4º niveles). De tal manera que todo el aprendizaje acumulado, además del que genera el propio proyecto de Aprendizaje-Servicio (ApS), revierte en la propia comunidad donde se desarrolla, en este caso, en el alumnado más pequeño.

El aprendizaje-servicio (ApS) es una metodología didáctica que se basa en el aprendizaje de conocimientos a la vez que se presta un servicio a la comunidad para atender alguna necesidad presente en la misma (Bravo Lucas et al., 2020). Por tanto, los proyectos basados en el ApS son una modalidad que se adapta muy bien a los propósitos que se quieren alcanzar aquí, ya que se entienden como “acciones formativas orientadas a promover aprendizajes significativos, útiles y relevantes en contextos educativos ampliados (escuela-comunidad)” (Mayor-Paredes y Rodríguez-Martínez, 2016, p. 537). A través de ellos, el alumnado y, en este caso, también el profesorado, trabaja con la intención de cubrir alguna necesidad sentida en el entorno del propio centro, viéndose implicadas varias etapas educativas como ya se ha expuesto.

Este tipo de experiencias recrea, en cierta forma, la manera de transmisión del conocimiento en la vida cotidiana, donde los pequeños van aprendiendo de los que los preceden en edad, contribuyendo así a la formación del aprendizaje, al incremento de la cohesión grupal y del bienestar personal y escolar, así como al fomento del respeto hacia la diversidad. Por otro lado, en el ya clásico documento que elaboraron Delors et al. (1996), para avanzar cuáles serían los elementos básicos en los que fijarse en la educación del siglo XXI, se apunta a la solidaridad intergeneracional como uno de los principios básicos de esta educación para el nuevo milenio. Y es que dicho principio está estrechamente ligado con el concepto de aprendizaje a lo largo de la vida y con el desarrollo de competencias clave que permitan, como afirma Delors en sus cuatro pilares de la educación: aprender a conocer, aprender a hacer, aprender a ser y aprender a convivir. Yendo más allá, cuando el aprendiz es capaz de explicar a otros lo que ha aprendido es cuando ha conseguido un buen nivel de adquisición de dichos saberes.

Mosquera-Gende (2017), en su blog, recoge experiencias diversas donde el alumnado se convierte en profesor de otros alumnos, destacando, en dichas experiencias, las que son intergeneracionales. Esta autora resalta los factores motivacionales y de autoestima, así como la empatía, como elementos que están muy presentes en las actividades donde se involucran los estudiantes y en donde priman aspectos tales como el compromiso con el grupo y la responsabilidad de una tarea a cumplir. En este sentido, los retos a los que se someten los estudiantes en las situaciones cotidianas del aula pueden implicar también un incremento de la motivación para aprender, como afirma Ruiz (2021) “la motivación y el rendimiento académico mantienen una relación de reciprocidad: la motivación afecta al aprendizaje y el rendimiento; a su vez, lo que el estudiante aprende y logra afectar a su motivación” (p. 169). Todo ello refuerza la relevancia del diseño y formación del aprendizaje basado en la metodología de ApS, además de su influencia en el incremento del bienestar y el respeto a la diversidad del alumnado.

Por todos estos motivos, enfrentar a los estudiantes de ESO a que desarrollen un trabajo de preparación de contenidos para, posteriormente, explicarlo a otros alumnos menores –que previamente deberán haber comprendido los contenidos a tratar, elaborar una propuesta sobre cómo explicarlo a compañeros más pequeños, elegir los soportes didácticos a emplear para mejorar lo que se pretende compartir-, proporciona beneficios relacionados directamente con la motivación y el rendimiento aludidos (García, 2021).

En cuanto al contenido que se trabaja desde la experiencia realizada, se encuadra en el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), lo cual contribuye a mejorar el bienestar y respetar la diversidad, tanto personal como grupal, escolar y social. Los ODS, también conocidos como Objetivos Mundiales, conllevan un espíritu de colaboración y pragmatismo para elegir las opciones óptimas con el fin de mejorar la vida, de manera sostenible, para las generaciones futuras. Proporcionan orientaciones y metas claras para su adopción por todos los países en conformidad con sus propias prioridades y los desafíos ambientales del mundo en general (Solis-Espallargas, 2022).

En principio, la idea generadora en este caso situó en el ODS 4.7. (Educación para el desarrollo sostenible y la ciudadanía global); sin embargo, el desarrollo y la forma en la que se puso en marcha derivaría a trabajar los ODS 11 (Ciudades y comunidades sostenibles) y 12 (Producción y consumo responsable), respectivamente. Es decir, el alumnado toma conciencia de los ODS 11 y 12, porque son los que van a ser trabajados y compartidos desde propuestas de reciclaje y desarrollo sostenible. Y de forma general, también se contribuye al ODS 3, mejorando la salud mental y el bienestar.

La finalidad con la que se plantea y se pone en marcha este tipo de proyectos no es otra que el ir, poco a poco, trabajando todos los ODS dentro de la educación obligatoria; así, en 10 años -que es lo que dura en España el periodo de escolarización obligatoria-, al alumnado le da tiempo a ir trabajando, familiarizándose y poner en marcha experiencias de cada uno de los ODS. Desde este punto de vista, la educación formal debe ocuparse de que, al menos, los conozcan, para crear conciencia desde edades tempranas de las necesidades planetarias en tantos aspectos que necesitan ser atendidos. Actualmente, y con estas generaciones, se está en proceso de sensibilización de cara a formar una ciudadanía comprometida socialmente. Un compromiso que tiene que pasar por el desarrollo de los pueblos desde el principio del respeto cultural, educativo y medioambiental, encarando un futuro que no comprometa a las próximas generaciones. En otras palabras, los valores que sustentan una sociedad están apoyados en actitudes, que son los comportamientos observables, pero no se puede dejar que esto sea un proceso aleatorio o que el alumnado en edades de educación obligatoria descubra por azar,

parcialmente o, incluso, sin referencias adecuadas. Por ello, es necesario incluirlos en el proceso de enseñanza-aprendizaje, para que, desde los contenidos escolares, se promuevan las actitudes que generen valores relacionados con la equidad y la justicia social.

No obstante, si se atiende el planteamiento de la UNESCO (2014), que incluye estos temas en el desarrollo del currículum obligatorio, lo que se pretende es “estimular el aprendizaje y promover las competencias básicas tales como el pensamiento crítico y sistémico, la adopción conjunta de decisiones, así como asumir la responsabilidad por las generaciones actuales y futuras” (p.12). Es decir, se adopta una actitud docente proactiva, sin limitarse a esperar que aflore, como ya se ha apuntado, espontáneamente en el alumnado.

De esta forma, cuando se publicó la *Guía con orientaciones metodológicas para el anclaje curricular de la Educación para el Desarrollo Sostenible y la Ciudadanía Mundial*, a final de 2022, por parte del Ministerio de Educación y Formación Profesional del gobierno español, se hizo con la determinación de:

garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad que promueva las oportunidades de aprendizaje para todas las personas durante toda la vida porque es una cuestión vital, contribuyendo de esta manera a lograr uno de los principios de nuestra legislación actual: «la educación para la transición ecológica con criterios de justicia social como contribución a la sostenibilidad ambiental, social y económica. (p. 5)

Por lo tanto, promover experiencias como la que se describe aquí, lleva a pensar en los ocho conceptos que propuso Bourn (2015) para una dimensión global del aprendizaje sobre la vida en un mundo interdependiente: ciudadanía global, desarrollo sostenible, justicia social, diversidad, valores y percepciones, interdependencia, resolución de conflictos y derechos humanos.

Descripción de la Experiencia

El centro educativo donde se ha llevado a cabo esta experiencia fue fundado en 1880 y, en la actualidad, es un centro concertado que imparte los niveles de Educación Infantil, Educación Primaria y Educación Secundaria Obligatoria. Cuenta con una matrícula de 700 alumnos aproximadamente y una plantilla de más de 50 profesionales, con un alto índice de estabilidad.

Desde mediados de la década de 2010, se vienen desarrollando experiencias de Aprendizaje-Servicio (ApS), que se han consolidado y han pasado a formar parte de la cultura del centro, por lo que el proyecto continúa en cada curso escolar, de modo que es sostenible en el tiempo gracias a la disponibilidad y estabilidad de la plantilla docente. Las temáticas que se han abordado en todos estos años abarcan desde el medio ambiente («Cambia tu mirada para cambiar el mundo», un proyecto que involucró a todas las etapas educativas), la solidaridad, el reciclaje, el desarrollo sostenible, la promoción del voluntariado, que se han desarrollado implicando a etapas completas, ciclos o, como en esta ocasión, inter-etapas.

Origen del proyecto

Fruto de los años de experiencia previos y de un curso de especialización del profesorado de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) sobre Educación para la Ciudadanía Global, realizado con FAD-Juventud (anteriormente Fundación de Ayuda contra la Drogadicción), se decidió hacer las prácticas de la citada acción formativa mediante un proyecto sobre los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), basado en la metodología de ApS, en el cual ha participado el alumnado del 2º curso de la ESO.

Teniendo en cuenta todos los ODS, una vez sondeado el alumnado, que ya había participado en este tipo de proyectos a lo largo de su escolarización, parecía que el tema del reciclaje era el que más los motivaba por su vinculación con el ODS 11 (Ciudades y comunidades sostenibles) y el ODS 12 (Producción y consumo responsables). Esta elección no ha sido casual, sino más bien fruto de otros proyectos de ApS que se han ido llevando a cabo en los diferentes niveles.

Cabe mencionar que, en los proyectos ejecutados mediante esta metodología en este centro educativo, el servicio no siempre se realiza en el propio centro, sino que trasciende a otros sectores de la comunidad educativa. Sin embargo, se observa que los más atractivos y los que consiguen una mayor involucración del estudiantado suelen ser los que repercuten en actividades intergeneracionales.

Alumnado, profesorado, familias y áreas curriculares implicadas

En este proyecto han participado, como protagonistas principales, el equipo docente de 2º de ESO y el alumnado de dicho nivel; además de lo anterior, se ha involucrado al alumnado de 2º Ciclo de Educación Primaria (3º y 4º niveles), y a las familias de 2º de la ESO, dada la participación de algunas familias en las actividades que se han desarrollado y la aportación de la experiencia profesional de otros grupos familiares –Agencia Andaluza del Medio Ambiente y Agua, Área de Medio Ambiente de la Diputación de Huelva-, a la gestión del proyecto.

Las diferentes áreas de conocimiento han aportado lo siguiente:

- Lengua Castellana y Literatura: se ha llevado a cabo la redacción y supervisión de los textos, así como las exposiciones orales que se han realizado.
- Biología y Geología: se han coordinado los trabajos de recopilación de información sobre ecosistemas, ecología, desarrollo sostenible.
- Lengua Extranjera (Inglés): se han traducido algunos de los textos y actividades porque, al ser un centro bilingüe, el alumnado también ha podido llevar a cabo actividades o explicaciones en dicho idioma.
- Educación Física: se han diseñado juegos y actividades lúdicas.
- Educación Plástica, Visual y Audiovisual: se han diseñado presentaciones e infografías (usando diferentes APP, como CANVA, Genial.ly, Prezi, Piktochart).

Desde el Departamento de Orientación, aunque no es un departamento didáctico, se ha coordinado el diseño de actividades para que el alumnado con Necesidades Educativas Especiales (NEE) pudiera participar, activa y eficazmente, en el proyecto. Se ha procurado diseñar actividades siguiendo el enfoque Diseño Universal del Aprendizaje (DUA) para que cualquier miembro del grupo pudiera adaptar las actividades a su ritmo de aprendizaje y capacidad para abordar las tareas y, de la misma forma, teniendo en cuenta el grupo de alumnos donde se iba a realizar el servicio, también se han atendido todas las medidas de atención a la diversidad adecuadas.

Objetivos

El objetivo general del proyecto quedó definido como: Recopilar información sobre el reciclaje y su relación con los ODS, para diseñar una acción formativa –con un enfoque lúdico– en la que se trate este tema.

Los objetivos específicos que surgen de este amplio objetivo general son:

- Recopilar información sobre el reciclaje y los ODS, y sobre qué acciones llevar a cabo en relación al reciclaje y la protección del medio ambiente.
- Diseñar y realizar carteles y presentaciones (usando herramientas informáticas y APP) para mostrar la información recopilada.
- Redactar textos en español e inglés con la intención de explicar los contenidos relacionados con el proyecto.
- Planificar y llevar a cabo una sesión de juegos sobre el reciclaje, el consumo responsable y la protección del medio ambiente.
- Ensayar cómo explicar determinados contenidos y resolver dudas, en caso de que se presentaran, haciendo uso de un soporte audiovisual para dicha explicación.
- Llevar a cabo una sesión lúdica-formativa con compañeros del segundo ciclo de Educación Primaria.

Metodología

En primer lugar, se crearon grupos de trabajo y se organizaron siguiendo los procedimientos habituales para estas tareas, ya que el alumnado sabía cómo hacerlo, según sus experiencias previas en Educación Primaria.

Tras la detección de ideas previas, se procedió a organizar la manera de recopilar información y a diseñar un esquema sobre qué aspectos iban a ser tratados en las sesiones que, posteriormente, se llevarían a cabo con los compañeros menores. A la vez que se hacía esto, en cada área, se han trabajado contenidos propios, pero enfocados al ApS que se iba a poner en práctica.

Todo el material recopilado ha ido conformando una carpeta de aprendizaje donde no solo se ha incorporado la información científica, sino también fichas de autoevaluación, fichas de evaluación por pares, anecdóticos, fichas de reflexión sobre el trabajo, de manera que, posteriormente, todo este material pudiera ser supervisado en función de la evaluación del proyecto.

Contenidos

El alumnado de 2º de ESO recibió y recabó información sobre:

- Objetivos de Desarrollo Sostenible (especialmente el 11 y el 12).
- Las 3 Rs: Reciclar, reusar y reducir.
- Consumo responsable y sostenible.
- Herramientas informáticas y APP para hacer presentaciones.
- Juegos y actividades lúdicas.
- Acciones beneficiosas y dañinas para el medio ambiente.
- Uso sostenible del entorno.

Evaluación

El conjunto de actividades y tareas en un ApS se presta a ser evaluado mediante un proceso llamado «evaluación formativa», que según exponen Vallés et al. (2011) es:

todo proceso de evaluación cuya finalidad principal es mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje mientras estos tienen lugar. Esto implica mejorar los procesos de aprendizaje del alumnado, el perfeccionamiento del docente y en general optimizar los procesos de enseñanza-aprendizaje que tienen lugar en un contexto educativo. (p. 138)

Esta evaluación formativa se lleva a cabo, fundamentalmente, por parte del docente que es quien la diseña, pero también, en su afán de mejora continua, se complementa con una evaluación por pares -donde el propio alumnado evalúa y ofrece un feedback a sus compañeros/as-. Emplea la autoevaluación que consiste en un ejercicio de autorreflexión sobre el trabajo realizado y, además de todo esto, se suma la parte del servicio que se presta a la comunidad en la que se incluye la valoración del profesorado de primaria donde se realizan las exposiciones y actividades, así como de los propios alumnos y alumnas de esa etapa.

Todos estos momentos de evaluación contribuyen a hacer realidad la evaluación formativa, la cual, entre otros beneficios, según López-Pastor (2009), suele mejorar considerablemente la motivación e implicación del alumnado en el proceso de aprendizaje – aspecto que ya se ha tratado anteriormente-. Ayuda a aprender más y mejor a un mayor número de estudiantes y facilita el desarrollo de capacidades metacognitivas, la capacidad de análisis crítico reflexivo y de autocrítica. Contribuye a desarrollar la responsabilidad y autonomía del alumnado en los procesos de aprendizaje, constituye una experiencia de aprendizaje en sí misma y, por último, este autor hace referencia a un aspecto que también fue citado en la introducción: mejora e incrementa el rendimiento académico en las materias implantadas con este tipo de sistemas de evaluación, como un efecto lógico de todas las ventajas enunciadas anteriormente.

Entre los instrumentos de evaluación, se encuentra la rúbrica como el instrumento facilitador principal, ya que, al tener los criterios de evaluación explicitados y su ponderación, el propio grupo de trabajo y cada estudiante individualmente se autorregula y se convierten en agentes activos en el proceso de evaluación, algo que le ocurre también al profesorado en relación a la mejora continua de su práctica. No obstante, también se realiza mediante listas de cotejo y diarios de aprendizaje, porque un sistema de evaluación formativo como el descrito necesita recopilar evidencias de distinta forma, para que todo contribuya al propósito final, el cual, tal como expone Calzada (2020), beneficia al alumnado y le ayuda a desarrollar su capacidad de reflexión sobre su propio trabajo y sobre el de sus compañeros/as para mejorar en el futuro.

En definitiva, en los proyectos de ApS en los que se lleva a cabo un proceso de evaluación formativa,

se aprecia que, a diferencia de un examen o un ensayo, cómo a lo largo de su elaboración se deja constancia de la asimilación de los contenidos y es, precisamente, durante el acompañamiento al alumnado donde se produce la evaluación formativa, la que tiene en cuenta todo el proceso, incluyendo al resultado final. (Hermosín-Mojeda et al., 2021, p. 78)

Materiales y Métodos

Una vez descrita la experiencia, se plantea cómo se efectuó la investigación sobre la propia práctica a fin de conocer la percepción, tanto de estudiantes como de profesores. Además, sobre el desarrollo de esta y sobre otros aspectos acerca de cómo afectan los procesos de autoaprendizaje, el trabajo en grupo por proyectos y el servicio a la comunidad, la autorregulación y el involucramiento.

Objetivos

Más concretamente, el objetivo general de esta investigación no es otro que constatar si la metodología activa, denominada Aprendizaje-Servicio, potencia el involucramiento del alumnado en la práctica de aula y, como resultado de esto, mejoran también los resultados académicos y la adquisición de contenidos. A los objetivos específicos se han añadido

instrumentos de evaluación que se usarán en cada caso. A continuación, se plantearon los siguientes:

- Conocer la eficacia de la experiencia. Se evalúa mediante el análisis de los diarios de los estudiantes, grupo de discusión docente y cuestionarios sobre los conocimientos previos y adquiridos, antes y después de la realización del proyecto.
- Averiguar las competencias adquiridas por el alumnado tras la puesta en marcha de la experiencia. Se evalúan las competencias que se pretenden alcanzar a través del análisis de los diarios de los estudiantes, grupo de discusión docente y cuestionarios para el alumnado donde las preguntas se enfocan en dichas competencias.
- Detectar el grado de compromiso del alumnado con la experiencia. Se evalúa mediante los cuestionarios del alumnado (de evaluación individual y grupal), análisis de los diarios del alumnado, escalas de estimación y grupo de discusión del profesorado.
- Conocer el grado de motivación del alumnado con la experiencia. Esto se realiza mediante el análisis de los diarios de estudiantes y escalas de estimación.
- Conocer la satisfacción del alumnado y del profesorado con la experiencia puesta en marcha. Se valora mediante el análisis de los diarios del alumnado, grupo de discusión docente y escalas de estimación.
- Valorar el ApS como metodología útil para el aprendizaje intergeneracional. Se evalúa a través del grupo de discusión docente y cuestionarios para alumnado y profesorado.

Metodología de investigación

Este estudio, de corte transversal, se enmarcó en la vertiente explicativa al tratar de esclarecer, a través de la percepción que estudiantes y profesores tienen sobre la práctica puesta en marcha, las consecuencias educativas que ella misma ha dado lugar (Triviño, 2014). Esta investigación fue también de carácter mixto, ya que contempló tanto instrumentos cualitativos como cuantitativos a la hora de recoger la información; así, se consideraron los diarios de aprendizaje de los alumnos, por una parte, -donde el alumnado expresa libremente sus opiniones sobre el proyecto, cómo han trabajado y cómo se han sentido con la compartición de lo que han preparado-, y la realización de un grupo de discusión entre el profesorado implicado, y, por otra parte, la cumplimentación de un cuestionario por parte del alumnado a fin de conocer aspectos relativos a la propia práctica, completado por una lista de cotejo ponderada que el profesorado tendrá que ejecutar evaluando tanto a los grupos de trabajo como a cada uno de sus miembros. Las fuentes de donde se obtuvo la información fueron, por tanto, primarias, pues se recopiló directamente tanto del alumnado como de los propios docentes. El cuestionario que el alumnado efectuó sobre la experiencia y su utilidad se muestra en Figura 1.

En el estudio, además, se contemplaron dos estrategias de triangulación: la metodológica, al usar distintos instrumentos para obtener datos sobre las mismas dimensiones de análisis, y la triangulación del investigador, ya que el cuestionario y la lista de cotejo ponderada se han validado a través de Juicio de Expertos.

Para el análisis de los datos cuantitativos se utilizó el paquete estadístico SPSS y el análisis de los datos cualitativos se realizó a través del programa MAXQDA.

En cuanto a la población objeto de estudio, se conformó por todo el alumnado y profesorado implicado de alguna manera en la experiencia. Así equiparando muestra a población se puede señalar que participaron en las actividades, y por tanto en el estudio, 163

estudiantes y 10 docentes (cuatro del segundo ciclo de la etapa de educación primaria y seis del segundo curso de la etapa de educación secundaria).

Una vez plasmada la experiencia se va a exponer la investigación que sobre la propia práctica se ha llevado a cabo, a fin de conocer el grado de involucramiento de los estudiantes en las prácticas de aula como consecuencia de utilizar la metodología de ApS, siendo este el objetivo general de la investigación de la que se mostrarán más adelante los resultados.

Figura 1

Cuestiones planteadas al alumnado para que valore la experiencia puesta en marcha

Dimensión	Cuestión
Eficacia	Soy capaz de Recopilar información sobre el reciclaje y los ODS
	Puedo explicar algunas acciones podemos llevar a cabo, en relación al reciclaje y la protección del medio ambiente.
	Soy capaz de transmitir a los demás compañeros la información recopilada a usando aplicaciones informáticas
	Puedo redactar textos en español para explicar a los compañeros los contenidos trabajados.
	Puedo redactar textos en inglés para explicar a los compañeros los contenidos trabajados.
	Soy capaz de elaborar juegos para que los más pequeños aprendan jugando sobre el consumo responsable y el reciclaje
	Soy capaz de explicar a los compañeros los contenidos trabajados adaptando mi vocabulario a la edad de los mismos.
	Elaboro material audiovisual que ayuda a mis compañeros a entender el contenido trabajado.
Competencias	La experiencia me ha permitido aprender a buscar, seleccionar y analizar información sobre el tema trabajado.
	La experiencia me ha permitido aprender a elaborar y transformar la información sobre el tema trabajado para poderla transmitir a los demás.
	Gracias a la experiencia he aprendido a integrar las nuevas tecnologías en mi proceso de aprendizaje.
	La experiencia ha hecho posible que conozca y maneje más términos del tema trabajado en lengua inglesa, por lo que mi vocabulario al respecto se ha visto mejorado.
	Considero que la experiencia me ha ayudado a ser más creativo y ha estimulado mi atención.
	Gracias a la experiencia soy capaz de comunicar mejor a los demás aspectos sobre el tema trabajado.
	Gracias a la experiencia soy capaz de resolver dudas que surjan sobre el tema a mis compañeros
	La experiencia me ha hecho reflexionar sobre lo que aprendo.
Compromiso	Gracias a la experiencia comprendo un poco mejor la labor de mis maestros.
	La experiencia ha hecho que me sienta como una parte importante de mi grupo.
	Mi trabajo puede hacer que compañeros más pequeños aprendan mejor sobre los temas trabajados.
Motivación	Me he esforzado en hacer todo muy bien para que mis compañeros aprendan de mi trabajo.
	Esta experiencia ha hecho que tenga ganas de aprender cosas nuevas sobre el reciclaje y la protección del planeta.
Satisfacción	He trabajado muy a gusto con mis compañeros de clase en esta experiencia
	Me he sentido muy valorado por el resto de los compañeros de mi clase
	Me he sentido muy valorado por los compañeros de primaria a los que les explicamos el contenido
	Volvería a participar en una experiencia similar si me la propusieran los maestros
Utilidad metodología	La forma en la que hemos trabajado en clase me ha ayudado a aprender sobre reciclaje, protección del medio ambiente y compromiso con el planeta.
	Mi trabajo ha ayudado a los compañeros más pequeños a aprender sobre el reciclaje, protección del medio ambiente y compromiso con el planeta.
	El trabajo en grupo ha hecho posible que aprenda mejor el contenido trabajado.
	El tener que explicar a compañeros más pequeños lo trabajado en clase ha ayudado a comprenderlo mejor.

Hipótesis planteadas

De los objetivos enunciados anteriormente, se derivan una serie de hipótesis de investigación que van a dirigir este estudio y a las que finalmente se dará respuesta en el sentido de corroborar o refutar cada una de ellas, las cuales se enuncian a continuación:

- H1- Cuando se trabaja con experiencias de ApS el alumnado está más comprometido con su aprendizaje.
- H2- El grado de motivación de los estudiantes hacia sus prácticas de aula aumenta cuando se trabaja con experiencias de ApS.
- H3- Trabajar en el aula con experiencias de ApS hace que el alumnado esté más satisfecho con su aprendizaje.
- H4- Cuando se trabaja con experiencias de ApS el profesorado está más satisfecho con el aprendizaje que realizan sus estudiantes.
- H5- Los niveles de involucramiento de los estudiantes con sus prácticas de aula aumentan cuando se ponen en marcha una experiencia de ApS.

A continuación, se mostrarán los resultados obtenidos tras el análisis de los datos recabados a través de los instrumentos señalados anteriormente.

Resultados

Se exponen, a continuación, los resultados obtenidos tras el análisis de los datos, recogidos a través de los distintos instrumentos citados anteriormente: diarios de aprendizaje de estudiantes, donde estos referencian qué les ha parecido el proyecto, cómo han trabajado y cómo se han sentido al compartir su trabajo con compañeros y compañeras de menor edad; y el cuestionario que recoge la opinión del estudiante sobre el proyecto, dándole una valoración cuantitativa a aspectos relacionados con la eficacia del proyecto, las competencias que permite adquirir, el nivel de compromiso adquirido, la motivación generada hacia la experiencia y el aprendizaje, en general, la satisfacción con las prácticas realizadas y la utilidad de la metodología empleada. Por otro lado, también se muestran los resultados del grupo de discusión, realizado con el profesorado implicado, y de los datos obtenidos con la lista de cotejo que el mismo cuerpo docente cumplimenta al evaluar, tanto a los grupos de trabajo, como al alumnado de manera individual. Para un mejor entendimiento de los resultados, estos se presentan con los datos una vez triangulados y dando respuesta a los objetivos planteados en la investigación.

En primer lugar, hay que indicar que la experiencia descrita alcanzó los objetivos planteados, ya que un alto porcentaje de alumnos (87%) indicaron ser capaces de recopilar información sobre el reciclaje y la protección del medio ambiente y de explicar distintas acciones que se pueden llevar a cabo para poner en práctica ambos aspectos. Igualmente, se consideraron estar bastante preparados para comunicar a otros compañeros y compañeras aspectos relacionados con el tema (en torno a un 85%) y hacerlo tanto en español como en lengua inglesa (74%), planificando para ello juegos y actividades lúdicas con las que se puede transmitir mejor el contenido a compañeros de menor edad. En lengua inglesa baja el porcentaje porque influye el nivel del dominio de esa lengua extranjera, pero, en general, sigue siendo elevado.

Estos datos vienen corroborados por entradas en los distintos diarios de aprendizaje en los que el alumnado, en general, indica que, tras vivir la experiencia, se sienten más conocedores de los aspectos relacionados con el reciclaje y la protección del medio ambiente y que creen que sus compañeros de la etapa de educación primaria, a los que les han expuesto el tema, también han aprendido. El siguiente testimonio así lo demuestra (alum4B):

Creo que he aprendido bastante sobre el reciclaje. [...] A ver, formamos un grupo y nos repartimos lo que había que buscar, para tener luego una puesta en común. La «profe» nos dijo que la información había que presentársela a los niños chicos, por lo que no todo lo que encontramos servía. Volvimos a buscar poniendo en los buscadores “para niños”, así la información ya estaba un poco mejor.

Estos aspectos también vienen refrendados por el propio profesorado, tanto al haberlo manifestado en el grupo de discusión como al cumplimentar la lista de cotejo, al comprobar que la amplia mayoría de los alumnos, cuando están exponiendo el tema a los menores, saben de lo que están hablando (92%) y que, en general, asimila muy bien la propuesta de trabajo, se implica, se ilusiona y le da sentido a lo que aprende. Además, los resultados de los cuestionarios evidencian un conocimiento sólido sobre los temas tratados.

En cuanto a las competencias que el alumnado ha adquirido con la puesta en marcha de la experiencia, se puede indicar que se está ante un grupo de estudiantes que se sienten con mayor capacidad de buscar, seleccionar y analizar información sobre un tema y de elaborar y transformar dicha información para transmitirla a los demás (72 y 70%, respectivamente). Gracias a los trabajos previos realizados en otros cursos y etapas, la experiencia descrita permitió que el alumnado mejore su competencia digital, ya que ha tenido que integrar las

nuevas tecnologías en su proceso de aprendizaje (80%) y ha mejorado su competencia en lengua extranjera (inglés) al incrementar el vocabulario relacionado con el tema y su pronunciación en dicho idioma. En este sentido, se encuentran testimonios como el siguiente (alum27B): “A mí no se me da bien el inglés, sobre todo cuando tengo que hablarlo, pero encontramos una aplicación (deepl.com) que te ayuda a traducir y te lee el texto, así pudimos mejorar un poco la pronunciación”. Se trata de un alumnado más creativo e imaginativo (70%) y que se siente capaz de comunicar a los demás los aspectos trabajados en la experiencia (75%).

La parte en la que han tenido que situarse en el papel del docente, les permitió reflexionar sobre lo que han trabajado y les ha servido para ponerse en la piel de «maestro por un día», al tener que explicar a otros compañeros de menor edad el tema en cuestión, desarrollando así habilidades sociales y emocionales como la empatía y la compasión. De hecho, una alumna recordó una experiencia pasada similar (alum13A), cuando expresó que “... esto me recuerda a cuando tuvimos que explicar el tema de Europa a otros compañeros de primaria cuando estuvimos en 6º (educación primaria), me temblaba la voz cuando tenía que responder preguntas”. Estos datos fueron corroborados por los docentes al indicar que, en general, el alumnado ha crecido en competencias tales como la comunicativa, la reflexiva, la tecnológica o la competencia de aprender a aprender (buscar información, analizarla, filtrarla y transformarla). Destacaron especialmente el esfuerzo de los estudiantes por hacerse inteligibles para niños y niñas más pequeños, así como su implicación, en líneas generales, en todas las tareas encomendadas.

Respondiendo al tercer objetivo de investigación, se puede decir que se trata de un alumnado comprometido con la experiencia, ya que fue evidente el esfuerzo realizado para que estudiantes de menor edad comprendan lo expuesto. Se ha puesto de manifiesto que se han involucrado para que nadie se quede con dudas, dedicando tiempo para resolverlas, así lo reflejó la lista de cotejo del profesor y, en general, han expresado que se sienten como parte muy importante de su grupo (91,6%). De los datos analizados se puede decir que tanto alumnado como profesorado coincidieron en que el grado de compromiso con la experiencia y, por ende, con el aprendizaje, fue alto; en gran medida, fruto de la responsabilidad del servicio realizado a compañeros y compañeras de otra etapa, según lo pone de manifiesto un alumno (alum24B): “... todos sabemos qué podemos hacer y cuánto podemos hacer para tener buenas notas (resultados), pero nadie quiere quedar mal. Al final, todos intentamos hacer lo mejor que podemos, aunque cuesta llevar el ritmo de algunos compañeros”.

En general, alumnado y profesorado se sintieron satisfechos con la experiencia y así se evidenció tanto en las distintas entradas de los diarios de aprendizaje del alumnado como en las reflexiones de docentes en el grupo de discusión. Igualmente, el alumnado en un 92% indicó que repetiría la experiencia. Más allá de estos datos, hay que señalar que el alumnado no solo encuentra satisfacción en el desarrollo de las actividades realizadas, sino también en las estrategias de aprendizaje usadas, cómo han colaborado entre ellos para ofrecer un buen producto final y cómo los receptores de su trabajo los valoran y agradecen lo que han hecho.

Por último, y respecto a la metodología usada, el ApS, se puede indicar que vistos los resultados se considera una de las más útiles para motivar el aprendizaje intergeneracional. Al alumnado le gustó la forma en la que trabajaron en un 85% porque cree que su trabajo ayudó a otros compañeros a aprender sobre reciclaje y cuidado del medio ambiente (80%), algo que también manifiestan en los diarios de aprendizaje. El profesorado, por su parte, consideró que la metodología fue asimilada por el alumnado, que captó desde el primer momento en qué consistía el ApS (es importante recordar que no es la primera vez que se trabaja en este sentido

en este centro) y fue desarrollada tal y como se había planificado. De hecho, según manifiesta uno de los profesores (prof1) en lo aportado en los grupos de discusión:

... no creo que esto sea universal, ninguna metodología lo es, [...] hay muchos tipos de alumnos, muchos profesores, a los que no les va hacer estas cosas, porque son un jaleo. En mi caso, las primeras veces, cuando empezamos hace seis o siete años, los niños no habían hecho nunca, nunca habían trabajado este tipo de proyectos y, era agotador. Nada más que tener que leerse todas las cosas que se iban produciendo, dar la retroalimentación a los grupos, poner las notas... te hacía pensar en dejarlo, pero luego ves que el alumnado puede ser capaz. A ver, que algunas veces tienes más suerte que otras, porque hay grupos con los que no se conecta, no entienden lo que se les pide, pero, a ver, yo creo que si esto se convierte en algo planificado, que tiene un sentido para los chavales, algo se enciende en la mayoría de ellos, no sé, hay alumnos que no se motivan en otras actividades y en estas cosas, se les ve de otra forma.

El profesorado, que asistió a las puestas en práctica de las actividades de la componente «servicio» del proyecto, en su mayoría tutores de los cursos del 2º ciclo de Primaria, participaron en el proceso de evaluación y valoraron mucho cómo lo hicieron, destacando su esfuerzo por hacerse inteligibles por niños más pequeños y la involucración, en líneas generales en todas las tareas encomendadas. Según relató una de las profesoras en cuya clase recibieron uno de los talleres que hicieron los mayores, lo resume así (prof7):

... es una locura, porque están nerviosos los que vienen, están nerviosos los míos (se refiere a su grupo clase donde se realiza el servicio) y, a veces, no quiero, pero intervengo un poquito. Pero observo que niños y niñas que han pasado en primaria por mis clases, ahora son capaces de llevar un trabajo concreto para adelante que, cuando estaban en primaria, conmigo, pues... como que no demostraban ese nivel. Algo bueno habremos hecho [risas] ¿no? Me gusta, la verdad [...] es que me gusta ver cómo interactúan, porque, al final, cuando los mayores se marchan, en mi grupo siempre me preguntan si ellos también podrán hacer estas cosas cuando vayan a las clases de los mayores. [...] bueno, también les queda algo, claro, cuando hacen las actividades o los talleres que han preparado y les pregunto a los míos sobre qué han aprendido, la verdad es que me sorprende gratamente.

Discusión y Conclusiones

Una de las conclusiones a la que se ha llegado tras la puesta en marcha de esta experiencia es que, gracias a ella, el alumnado ha adquirido un compromiso ético, primero con ellos mismos, con sus compañeros y compañeras de menor edad en particular y con la comunidad en general, en la línea de lo expuesto por Pérez (2012), al decir que este tipo de experiencias (ApS) consiguen que se pueda aplicar el conocimiento académico para comprender mejor los problemas de la vida y contribuir a su resolución. En este caso, además, el conocimiento que asimila el alumnado está relacionado con los ODS, al trabajar aspectos como el reciclaje, el consumo responsable y la protección del medio ambiente, con los que se pretende conseguir una ciudadanía más comprometida con el entorno, desde lo local pensando en global, algo que ha estado presente a lo largo de toda la experiencia. Lo que evidencia un alumnado comprometido con el aprendizaje y muy motivado, quedando así la primera y la segunda hipótesis planteada corroborada, ya que el tipo de experiencia hace que dicho compromiso aumente de manera exponencial y que el estudiante se sienta más motivado a la hora de poner en práctica las actividades, lo cual contribuye a mejorar su bienestar personal y, por extensión, escolar, familiar y social.

Con este tipo de actividades se adquieren y perfeccionan competencias relacionadas con la búsqueda, selección y análisis de la información, así como su elaboración y transformación para ser transmitida de una manera activa, lúdica y participativa a los

compañeros de menor edad. En este sentido, cabe resaltar que se ha diseñado y puesto en marcha el proyecto bajo la premisa de la inclusión social, teniendo en cuenta la diversidad del alumnado al utilizar el Diseño Universal de Aprendizaje (DUA) -en consideración al alumnado con Necesidades Educativas Especiales- y al adaptar los contenidos al alumnado de menor edad.

Otro aspecto que se trabaja con esta experiencia es la competencia digital al integrar las nuevas tecnologías como parte del proceso; de esta manera, y paralelamente, se ve aumentada la motivación del alumnado, ya que las TIC son un elemento atractivo puesto que, cuando se trabaja con ellas, el alumnado muestra mucho más interés y más voluntad por aprender (Freeman, 2017; Area, et al., 2018; Amores-Valencia y De-Casas-Moreno, 2019). En este sentido, queda patente la mejora en la competencia digital y el bienestar emocional del alumnado participante.

Esta experiencia también ha permitido que el alumnado implicado, tanto de secundaria como de primaria, refuerza su competencia lingüística en inglés: por una parte, en cuanto a vocabulario, conceptos y expresiones relacionados con la temática trabajada y, por otra, en cuanto a estructuras gramaticales y otras destrezas: speaking (expresión oral), reading (lectura) y listening (escucha activa).

Dado que el proyecto se ha planteado desde una perspectiva lúdica, ha hecho posible potenciar el desarrollo cognitivo del alumnado, ya que el aprendizaje a través del juego desarrolla el pensamiento, estimula la atención, la creatividad y la imaginación, crea zonas de desarrollo potencial y fomenta el descentramiento cognitivo, haciendo que los estudiantes quieran jugar, y, por ende, aprender con el otro (López-Araujo, et al. 2022).

Se aprecia también que, una competencia altamente demandada en todos los sectores de la vida, a la par que suele ser, simultáneamente, un hándicap ampliamente manifestado, es la competencia comunicativa; entendida, según Munezane (2019) como la capacidad que un individuo tiene para utilizar una lengua en diferentes contextos culturales. Saber exponer una idea, un contenido o saber resolver las dudas del interlocutor, se hace esencial e indispensable siendo, por tanto, una competencia para trabajar desde la propia educación obligatoria. La experiencia ha permitido que el alumnado se entrene en dicha competencia al tener que transmitir en diversos formatos, orales y escritos, a otros compañeros y compañeras de menor edad información y formación respecto del tema trabajado. Ello ha contribuido a que los estudiantes de más edad se planteen aspectos relacionados, no solo con el contenido a transmitir, que debe estar adaptado a la edad de los receptores, sino con el cómo transmitirlo usando el lenguaje visual como complemento al lenguaje verbal.

Otra conclusión una vez analizados los resultados, es que tanto alumnado como profesorado están más satisfechos con el aprendizaje que realizan los primeros, cuando la metodología usada es el ApS. Queda así comprobada las hipótesis tercera y cuarta que se ha planteado en la investigación, por lo que el diseño y la formación del aprendizaje se han mejorado al ser un proyecto construido por los propios participantes, tanto el profesorado como el alumnado de secundaria implicado. En línea con esta conclusión, es necesario mencionar, además, que se aprecia un aumento del involucramiento de los alumnos con sus prácticas de aula gracias al tipo de metodología usada, dado que ha sido un agente activo dentro de la implantación y desarrollo del proyecto, lo cual viene a refrendar la quinta hipótesis planteada en este estudio, ya que en todo momento los estudiantes se ocupan de realizar las distintas actividades propuestas de la mejor manera posible, esforzándose por generar y transmitir la información a sus compañeros y compañeras de menor edad de la mejor manera posible para

su entendimiento, algo que además se ve reflejado en las lista de cotejo usadas por el profesorado en las evaluaciones.

Igualmente, y para terminar las conclusiones, se hace referencia a la consecución de una serie de objetivos, que no estaban previstos a priori cuando se plantea la experiencia, pero que se han alcanzado de manera colateral por el mero hecho de ponerlo en marcha; así se destaca:

- Reflexionar sobre el propio proceso de aprendizaje del alumnado de ESO, y
- Valorar la figura del docente, en tanto en cuanto, al ser docentes por un tiempo limitado, los estudiantes descubren todos los elementos que implican el proceso de aprendizaje y cómo influyen en él la atención, la motivación, la participación.

Se está, por tanto, ante una experiencia que ha dado sus frutos, ya que ha permitido trabajar un contenido esencial que, enmarcado en los ODS, debe ser implementado en la educación formal a fin de sensibilizar en cuanto al cuidado del planeta y su gestión de una manera más sostenible; todo ello desde una metodología activa que genera compromiso con el entorno cercano y con la comunidad en general como es el ApS que ha hecho posible que el aprendizaje generacional se lleve a cabo, además de potenciar en el alumnado competencias clave como la comunicativa, la reflexiva o la tecnológica, entre otras.

En síntesis, por todo lo anterior, se considera que el ApS es una metodología, que utilizada en la interacción entre diferentes generaciones y en contextos diversos, como el escolar, favorece -entre otras cuestiones- el aumento del bienestar personal y grupal, así como el respeto hacia la diversidad, además de contribuir a la innovación educativa a través de un diseño y formación de los procesos de enseñanza y aprendizaje adecuados a las necesidades tanto del alumnado como del profesorado.

Referencias

- Amador-Pérez, Á. D., Romero Palencia, A. & Guzmán Saldaña, R. M. E. (2019). Engagement académico. *Salud y Educación*, 8(15), 71-73. <https://doi.org/10.29057/icsa.v8i15.4907>
- Amores-Valencia, A. & De-Casas-Moreno, P. (2019). El uso de las TIC como herramienta de motivación para alumnos de enseñanza secundaria obligatoria estudio de caso Español. *Hamut'ay*, 6(3), 37-49. <http://dx.doi.org/10.21503/hamu.v6i3.1845>
- Hidalgo, M. E. (2021). Reflexiones acerca de la evaluación formativa en el contexto universitario. *Revista internacional de pedagogía e innovación educativa*, 1(1), 189-210. <https://doi.org/10.51660/ripie.v1i1.32>
- Area, M., Cepeda, O. & Feliciano, L. (2018). El uso escolar de las TIC desde la visión del alumnado de Educación Primaria, ESO y Bachillerato. *Revista Educatio Siglo XXI*, 36(2), 229-253. <https://doi.org/10.6018/j/333071>
- Bourn, D. (2015). From development education to global learning: Changing agendas and priorities. *Policy & Practice-A Development Education Review*, 20, 18-36.
- Bravo Lucas, E., Marcos Merino, J. M., Costillo Borrego, E., & Esteban Gallego, R. (2020). Análisis De Proyectos De Aprendizaje-Servicio Diseñados Por Maestros En Formación Inicial. *Campo Abierto. Revista de Educación*, 40(1), 5-19. <https://doi.org/10.17398/0213-9529.40.1.5>
- Calzada, F. J. (2020). Avanzar en el aprendizaje autónomo y social: integración de autoevaluación y evaluación por pares como herramientas de evaluación formativa. En M. C. Pérez-Fuentes (Coord.), *Innovación docente e investigación en educación* (pp. 211-219). Dykinson.

- Camero Rivero, S. & Rangel Preciado, N. (2020). Aprendizaje intergeneracional en contextos familiares y socio-educativos. Estudio de caso en la comarca extremeña de Sierra Suroeste. *International Journal of Sociology of Education*, 9(1), 1-33. <https://doi.org/10.17583/rise.2020.4210>
- Delors, J. (1996). “Los cuatro pilares de la educación” en La educación encierra un tesoro. Informe a la UNESCO de la Comisión internacional sobre la educación para el siglo XXI. Santillana/UNESCO
- Fredricks, J. A., Blumenfeld, P. C. and Paris, A. H. (2004). School Engagement: Potential of the Concept, State of the Evidence. *En Review of Educational Research*, 74(1), 59-109 <https://journals.sagepub.com/doi/10.3102/00346543074001059>
- Freeman, A., Adams, S., Cummins, M., David, A. & Hall, C. (2017). Informe Horizon. The New Media Consortium.
- García, T. (2021). Propuesta de Formación Inicial Docente para la Democracia y la Justicia Social Basada en el Aprendizaje-Servicio. *International Journal of Sociology of Education* [Publicado: Online first]. <http://dx.doi.org/10.17583/rise.123>
- Hermosín-Mojeda, M. J., Mora-Jauregui, B., Márquez-Díaz, J. R. & Triviño-García, M. A. (2021). En: Torres-Fernández, C., Estrella García, B. M., Fernández-Miranda, M. y Avendaño Delgado, H. L. (coords.). *La evaluación de las enseñanzas en los contextos digitales: Nuevas perspectivas y enfoques evaluativos* (pp. 69-80). Dykinson.
- López Araujo, J. G., Pozo Potosí, A. E., Bodero Aguayo, Y. C., & Loor Aguayo, N. J. (2020). El juego en el desarrollo intelectual del niño. *Universidad Ciencia y Tecnología*, 1(1), 97-106. Obtenido de <https://uctunexpo.autanabooks.com/index.php/uct/article/view/321>
- López-Pastor, V. M. (2009). *Evaluación formativa y compartida en educación superior. Propuestas, técnicas, instrumentos y experiencias*. Narcea.
- Mayor Paredes, D., & Rodríguez Martínez, D. (2016). Aprendizaje-servicio y práctica docente: una relación para el cambio educativo. *Revista de Investigación Educativa*, 34(2), 535-552. <https://doi.org/10.6018/rie.34.2.231401>
- Mosquera-Gende, I. (2017). Cambiando los roles, enseñando se aprende: el alumno profesor. Tiching blog. <https://blog.tiching.com/cambiando-los-roles-ensenando-se-aprende-alumno-profesor/>
- Munezane, Y. (2019). A new model of intercultural communicative competence: bridging language classrooms and intercultural communicative contexts. *Studies in Higher Education*, 46(2), 1-18. <https://doi.org/10.1080/03075079.2019.1698537>
- Pérez, A. I. (2012). *Educarse en la era digital*. Morata.
- Ruiz-Martín, H. (2021). *¿Cómo aprendemos? Una aproximación científica al aprendizaje y la enseñanza*. ISTF-Graó.
- Morón-Monge, H. y Solis-Espallargas, C. (2022). *¿Qué problemas socioambientales preocupan al futuro maestro de Educación Primaria?: Una Experiencia innovadora desde los ODS*. September, 897-902. https://www.researchgate.net/profile/Hortensia-Moron-Monge/publication/363485401_Que_problemas_socioambientales_preocupan_al_futuro_maestro_de_Educacion_Primeria_Una_Experiencia_innovadora_desde_los_ODS/links/631f5c35873eca0c0080c125/Que-problemas-socioambientales-preocupan-al-futuro-maestro-de-Educacion-Primaria-Una-Experiencia-innovadora-desde-los-ODS.pdf
- Triviño, M. A. (2014). Innovaciones docentes en la Universidad de Huelva: Percepciones del profesorado. Tesis Doctoral.
- Triviño, M.A., Márquez-Díaz, J.R., Álvarez-Díaz, K & Ruíz-Rodríguez, J.A. (2021). La evaluación formativa a través de Moodle en los contextos digitales. En Torres, et al (Coords). *La evaluación de las enseñanzas en contextos digitales: nuevas perspectivas y enfoques evaluativos*. Dykinson.
- UNESCO (2014). *Hoja de ruta para la ejecución del programa de acción mundial de educación para el desarrollo sostenible*. Unesco.
- Vallés, C., Ureña, N. & Ruiz, E. (2011). La evaluación formativa en docencia universitaria. Resultados globales de 41 estudios de caso. *Revista de Docencia Universitaria*, 9(1), 135-158.

El arte como estrategia didáctica: Una metodología visionaria del enfoque educativo STEAM

Art as a didactic strategy: A visionary methodology of the STEAM educational approach

Oswaldo Fabián Muñoz Paredes¹ <https://orcid.org/0009-0003-3179-6849>,
Byron Andrés Gómez Gómez¹ <https://orcid.org/0009-0002-7141-5935>

¹Universidad Nacional de Educación, Chuquipata, Ecuador
ofmunoz@unae.edu.ec, bagomez@unae.edu.ec



Esta obra está bajo una licencia internacional
Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0.

Enviado: 2023/09/26

Aceptado: 2023/12/20

Publicado: 2023/12/30

Resumen

El presente estudio se centra en proponer el empleo del arte como una estrategia didáctica: Una metodología visionaria del enfoque STEAM, el que tiene como finalidad realizar una investigación bibliográfica de fuentes confiables de estados del arte afines al tema de investigación. El tema planteado tiene una gran relevancia en la época actual, ya que se enfatiza el uso de recursos didácticos y tecnológicos tanto por parte de los estudiantes como de los educadores, por lo que el enfoque STEAM ofrece una integración efectiva entre las disciplinas que se abarcan principalmente en proyectos o actividades, que promuevan la resolución de problemas y el pensamiento científico para abordar los retos del siglo XXI. Además, la inclusión del arte dinamiza el ambiente educativo y enriquece la enseñanza, fomentando la creatividad y la innovación en los estudiantes. En conjunto, el enfoque STEAM prepara a los estudiantes para enfrentar los desafíos del mundo moderno de manera integral y proactiva.

Palabras clave: Ambiente áulico, bajo rendimiento académico, enfoque mixto, operaciones matemáticas, proceso de enseñanza aprendizaje.

Abstract

This study proposes using art as a didactic strategy: A visionary methodology of the STEAM approach. Its purpose is to conduct bibliographic research of reliable state-of-the-art sources related to the research topic. The topic raised has great relevance in the present time since the

Sumario: Introducción, Materiales y Métodos, Resultados y Discusión y Conclusiones.

Como citar: Muñoz, O. & Gómez, B. (2023). El arte como estrategia didáctica: Una metodología visionaria del enfoque educativo STEAM. *Revista Tecnológica - Espol*, 35(3), 169-180.
<http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/1079>

use of didactic and technological resources is emphasized both by students and educators. Hence, the STEAM approach offers an effective integration between disciplines mainly covered in projects or activities, which promote problem-solving and scientific thinking to address the challenges of the XXI century. In addition, including art energizes the educational environment and enriches teaching, fostering creativity and innovation in students. Overall, the STEAM approach prepares students to face the challenges of the modern world comprehensively and proactively.

Keywords: classroom environment, low academic performance, mixed approach, mathematical operations, teaching-learning process.

Introducción

El mundo se encuentra en constante avance en diferentes campos. En el caso del campo educativo, la educación se enfrenta al desafío de preparar a las nuevas generaciones para un futuro cada vez más diversificado. En este ámbito ha emergido un enfoque pedagógico visionario conocido como STEAM, que combina las siglas en inglés de ciencia, tecnología, ingeniería, matemáticas y el arte como entes fundamentales del proceso de enseñanza aprendizaje. El acoplar el arte en este enfoque no es solamente un adorno elegante, sino una potente estrategia didáctica, la que impulsa el pensamiento reflexivo, la creatividad y la solución de problemas en los educandos.

El arte en la educación no solamente brinda aspectos afectivos ni estéticos, sino también un aporte al desarrollo de habilidades y destrezas. La expresión artística en los educandos permite que expresen sus ideas de una mejor manera. Además, el arte brinda un ambiente idóneo ya sea en aprendizaje colectivo o individual y el diseño de proyectos interdisciplinarios, donde el estudiante sea capaz de poner en práctica los conocimientos de las áreas que se aborda a base de desafíos. Por lo tanto, la finalidad del presente artículo es realizar una revisión bibliográfica de estados del arte a partir de fuentes confiables para conocer algunas de las investigaciones actuales que se centran en este tema de estudio.

Es importante hablar acerca del enfoque educativo STEAM dado que es una nueva visión educativa que garantiza el desarrollo de un conocimiento transversal, ya que las áreas se trabajan de forma interdisciplinar y no aisladas para garantizar un aprendizaje contextualizado y significativo (Benítez y Barzallo, 2019) basado en el fortalecimiento de competencias de los educandos en cuanto al análisis y explicación. De esta manera, se están formando estudiantes que están en sintonía con el mundo actual, es decir, están involucrados en lo que se llama la cuarta revolución, que representa una sociedad basada en la innovación y el acceso al conocimiento.

El principal “objetivo de este enfoque es preparar a los estudiantes para resolver los problemas más acuciantes del mundo mediante la innovación, la creatividad, el pensamiento crítico, la comunicación eficaz, la colaboración y, en última instancia, los nuevos conocimientos” (Ortiz et al., 2021, p.15), formando así alumnos con una visión más holística y conectados con la realidad actual.

Este enfoque expone oportunidades peculiares que presentan una gran variabilidad en los proyectos innovadores que integran diversas áreas del conocimiento y variadas unidades curriculares (Santillán et al., 2019). Para el desarrollo de estas, los educandos deben seguir las etapas del enfoque STEAM:

- Experimentación: Se plantea una situación problemática que los alumnos deben abordar desde sus conocimientos previos.
- Teoría: Se muestra una representación de la teoría de forma guiada.
- Nueva experimentación: también conocida como la reexperimentación, la que comprende un término que, a partir de nuevas informaciones, surge la pregunta de cómo abordar la situación que se presenta.

Por último, se menciona el arte, dado que "es una herramienta de desarrollo interpersonal, de expresión de ideas y sentimientos, de promoción de cambios sociales y culturales" (Álvarez y Domínguez, 2012, p.4). Además, se considera como un instrumento que ayuda a fomentar el pensamiento crítico, generando percepciones más amplias del entorno.

Como se observa, el arte comprende creaciones realizadas por el ser humano, a través del cual se busca expresar los pensamientos, emociones y percepciones; además ayuda al individuo a desarrollar su personalidad, así como su creatividad y mediante esta construye nuevos conocimientos. Cabe mencionar que existen siete tipos de arte, los cuales son:

1. Literatura
2. Teatro
3. Música
4. Danza
5. Pintura
6. Dibujo
7. Escultura

El arte desempeña un rol fundamental en el campo educativo, puesto que, "el arte forma parte integral del desarrollo del ser humano, pues enseña a los jóvenes a pensar creativamente permitiéndoles resolver problemas y enfrentar desafíos que se presentan en sus vidas" (Mangual, 2017, p.1). Como se puede apreciar, el autor menciona que el arte juega un papel importante dentro del proceso de enseñanza - aprendizaje de los estudiantes, ya que mediante su implementación se logra que el alumno tenga una participación activa dentro del aula de clase. Incluso, el uso del arte hace que el educando, mientras recrea y distrae su mente, indirectamente vaya construyendo nuevos conocimientos.

El arte es una forma de expresarse ya sea a través de la literatura, el teatro, la música, la danza, etc., por tanto, este medio genera cambios de conducta en el estudiante, así mismo, García y Montenegro (2021) afirman que aplicar el arte en el proceso de enseñanza - aprendizaje proporciona reflexiones para obtener un pensamiento crítico; puesto que, la creatividad es vital para abordar nuevas experiencias que generen un aprendizaje significativo.

Por añadidura, la importancia que tienen el uso del arte en el proceso de enseñanza - aprendizaje aborda el desarrollo de manera crítica ya sea en escuelas, colegios y universidades, es por ello que Cortés y Grinspun (2019) señalan que "las nuevas formas de pensar el arte, su finalidad y métodos están cambiando la forma en que el arte se enseña y se realiza en la escuela" (p. 103). En consecuencia, para aplicar esta estrategia durante el proceso de enseñanza - aprendizaje se deben tener los materiales adecuados para estimular los hemisferios del cerebro.

Las estrategias metodológicas son los medios de los que se vale el docente para producir los cambios de conducta en el alumno durante el proceso de enseñanza y aprendizaje, pueden ser métodos, técnicas y recursos que se seleccionan de acuerdo con las necesidades de los educandos, además "es vital aplicar estrategias de enseñanza y aprendizaje que puedan

promover cambio de perspectiva en los alumnos” (Cachay y Rojas, 2021, p.17), esto quiere decir que las estrategias metodológicas comprenden un todo organizado de procedimientos, actividades y recursos que orientan el logro de objetivos.

Más aún, el arte es capaz de aumentar la memoria, lectura, atención y concentración, por lo que se puede desarrollar un mejor rendimiento en el área de las ciencias. De igual manera, Lorenzo (2022) afirma que “el uso de las artes resulta de especial interés en actividades terapéuticas para hacer emerger lo que sucede a nivel inconsciente en el individuo y desde ese conocimiento focalizar la acción hacia una posibilidad de mejora” (p. 7); por tal razón, es necesario utilizar el arte como una estrategia metodológica, ya que genera recuerdos e imágenes que promueven la autoestima y mejorar el rendimiento académico.

Materiales y Métodos

La metodología de esta investigación involucró una revisión bibliográfica rigurosa y sistemática de diversas bases de datos académicas y revistas especializadas. Durante este proceso, se seleccionaron con cuidado estudios y publicaciones que estaban directamente relacionados con el enfoque STEAM y su conexión con el arte en la educación. Se aplicaron criterios de inclusión y exclusión para garantizar la pertinencia y relevancia de los materiales revisados.

En este sentido, se examinaron artículos de revistas de renombre como *Ciencia Digital*, *Educación Matemática en la Infancia*, *Revista DIM (Didáctica, Innovación y Multimedia)*, *Revista Iberoamericana de Educación Matemática*, *Praxis y Dominio de las Ciencias*. Además, se recurrió a repositorios de trabajos de investigación y tesis de titulación para recopilar información valiosa en este ámbito.

Los resultados de esta revisión bibliográfica ofrecieron un sólido respaldo para la integración del arte en el enfoque STEAM. Se pudo observar que la combinación de disciplinas STEM con el arte en el proceso educativo fomenta un desarrollo integral en los estudiantes. El arte se mostró como una herramienta valiosa para potenciar la creatividad y la imaginación, estimulando su pensamiento crítico y capacidad para resolver problemas. Además, se destacó que la incorporación del arte en el enfoque STEAM impulsa una mayor motivación y participación de los estudiantes en el aprendizaje, ya que les permite abordar desafíos desde diversas perspectivas y aplicar conocimientos en contextos reales.

Asimismo, se encontró que la sinergia entre el arte y las disciplinas STEM facilita la creación de proyectos interdisciplinarios, lo que promueve un enfoque más holístico y conectado del conocimiento. Esta integración multidisciplinaria enriquece la experiencia educativa, alentando a los estudiantes a explorar diferentes áreas de conocimiento y desarrollar habilidades transferibles que son fundamentales en el mundo laboral y social actual.

En conclusión, los resultados de esta investigación resaltan la importancia del arte como una estrategia innovadora dentro del enfoque STEAM con base en los hallazgos de múltiples investigaciones, los que respaldan la relevancia de combinar el arte con las disciplinas STEM para impulsar el desarrollo completo de los estudiantes y prepararlos de manera efectiva para enfrentar los desafíos de una sociedad en constante cambio y evolución. La inclusión del arte en el enfoque STEAM emerge como una valiosa contribución a la educación contemporánea, proporcionando un enfoque pedagógico enriquecido y fundamentado en la mejora continua del aprendizaje.

Resultados y Discusión

Se realizó una búsqueda bibliográfica de 25 estados del arte o también conocidos como antecedentes de fuentes confiables relacionados con el tema de investigación del presente artículo científico. Esta información se presenta en la Tabla 1, la que se clasifica según autor y año, tema de investigación, metodología empleada, propuesta aplicada y aporte de cada investigación.

Tabla 1

Estados del arte revisados

AUTOR (AÑO)	TEMA DE INVESTIGACIÓN	METODOLOGÍA	PROPUESTA DE INTERVENCIÓN	APORTE DE LA INVESTIGACIÓN
Alsina y Salgado (2018)	“Land Art Math: una actividad STEAM para fomentar la competencia matemática en Educación Infantil”	Se trabaja con una muestra de 85 niños y niñas de 3 a 6 años y sus respectivas maestras.	Empleo de Art Math a los estudiantes mediante siete fases: 1. Identificación de materiales. 2. Organización y clasificación de materiales. 3. Características de los objetos. 4. Interacción para el diseño. 5. Creación del diseño. 6. Representación del diseño. 7. Resultado final.	Mediante el enfoque educativo STEAM empleado desde una perspectiva artística para la enseñanza de matemáticas ha sido factible en cuanto a la mejora en las competencias de alumnos de 3 a 5 años. Además, los retos creativos ayudaron a realizar conexiones de conocimientos matemáticos científicos y artísticos.
Rodríguez (2018)	“Proyecto Octopus: propuesta pedagógica fundamentada en la metodología STEAM para fortalecer el aprendizaje rizomático de los estudiantes de básica primaria.”	La metodología es cualitativa, dado que se centra en las interacciones humanas y la educación artística como medio para enseñar otros saberes, apoyados en STEAM y pensamiento rizomático. Además, esta se desarrolla desde un enfoque praxeológico.	La propuesta pedagógica se basa en STEAM y el arte para fomentar el pensamiento rizomático en estudiantes.	Mediante esta investigación se demuestra que, a través de la educación artística o la educación centrada en el arte, los estudiantes alcanzan múltiples avances considerables en distintas áreas del conocimiento.
Asinc y Alvarado (2019)	“STEAM como enfoque interdisciplinario e inclusivo para desarrollar las potencialidades y competencias actuales”	Utilizan una metodología que consiste en evidenciar y analizar la investigación desde el enfoque educativo STEAM.	En cuanto a la intervención se introducen diversas temáticas para motivar al educando, como ciencia, arte, robótica, literatura, ciencia ficción, comics e investigadores de metodologías afines.	Mediante el empleo de esta propuesta se mejoran las clases tradicionales, dado a que estas actividades STEAM son prácticas y creativas.
Azcaray (2019)	“Metodología para integrar el diseño en un proceso curricular STEAM a través del uso de las nuevas tecnologías creativas”	Empleo de la metodología Design thinking.	Desarrollo de actividades de carácter creativo y curricular en base a los pasos del Design thinking, haciendo uso de herramientas tecnológicas.	En la educación, el uso de tecnologías como la robótica y la fabricación digital ofrece una experiencia más individualizada y creativa. Estas herramientas brindan oportunidades para experimentar, diseñar y resolver problemas, lo que fomenta un aprendizaje dinámico y abarca diversas disciplinas. Al integrar estas tecnologías en el plan de estudios, se estimula la creatividad y el pensamiento crítico en los estudiantes, para enfrentarse a desafíos del presente y del futuro.

AUTOR (AÑO)	TEMA DE INVESTIGACIÓN	METODOLOGÍA	PROPUESTA DE INTERVENCIÓN	APORTE DE LA INVESTIGACIÓN
López (2019)	“Implementación y articulación del STEAM como proyecto Institucional”	Evaluar la aceptación y la efectividad de la implementación de STEAM en la institución educativa.	Empleo y conexión el sistema educativo STEAM como parte de un proyecto institucional.	Por medio del empleo del enfoque educativo STEAM como proyecto institucional tiene un impacto positivo en la educación, dado que potencia el proceso de enseñanza aprendizaje con un enfoque transdisciplinar e interdisciplinar, de manera sinérgica para obtener máximos beneficios en la educación.
Carmona et al. (2019)	“Formación inicial de profesores basada en proyectos para el diseño de lecciones STEAM”	Revisión de la literatura en cuanto a la formación de docentes desde un enfoque STEAM.	Incluir el aprendizaje basado en proyectos para la enseñanza y capacitación docentes desde un enfoque STEAM.	Al incluir el Aprendizaje Basado en Proyectos en el proceso de formación docente desde un enfoque STEAM es factible, dado que el docente en sus clases emplea y sabe cómo aplicarlo en diversas situaciones o contextos.
Diego et al. (2019)	“Proyectos STEAM con formato KIKS para el desarrollo de competencias clave”	Se realiza un estudio empleando los programas Erasmus+ y H2020, además el enfoque STEAM con formato KIKS, el proceso de aprendizaje se basa en proyectos.	Se establecen relaciones del enfoque educativo STEAM con el formato KIKS, además, se realiza un análisis de las competencias básicas de la educación secundaria.	La combinación del formato KIKS y el enfoque educativo STEAM, brinda facilidades en o competencias claves de los educandos en las diversas disciplinas que abarca STEAM., asimismo, mediante KIKS se potencia las competencias en lectoescritura y multilingüe, participación, entre otras.
Segura y Klapan (2019)	“Experiencias STEAM en América Latina como metodologías innovadoras de educación”	Búsqueda bibliográfica de experiencias del empleo de STEAM en América Latina.	La propuesta de intervención consiste en emplear experiencias tanto dentro como fuera del ámbito educativo formal como estrategia de aprendizaje, aplicando el enfoque educativo STEAM. Empleando actividades prácticas e interdisciplinarias para impulsar la creatividad y el pensamiento crítico en los educandos.	El aporte de la investigación se centra en demostrar que la experiencia de utilizar estrategias STEAM ha brindado resultados factibles en contextos educativos. El enfoque educativo STEAM ha permitido un acercamiento integral, artístico y tecnológico a los contenidos, rompiendo barreras y ofreciendo resultados positivos en diferentes países hispanohablantes.
Alsina (2020)	“Conexiones matemáticas a través de actividades STEAM en educación infantil”	Búsqueda de información acerca de STEAM e identificación de criterios de los educandos de educación infantil.	Ejecución de actividades STEAM en la educación infantil.	En esta investigación se establece que desarrollar una propuesta y aplicarla empleando actividades STEAM da buenos resultados en el ámbito educativo, ya que los niños en edades tempranas crean conexiones y se forman en un ambiente entre varias disciplinas, además, adquiere experiencia mejorando en sí su comprensión y se sugiere la necesidad de emplear este enfoque para futuros estudios ya que puede ser una herramienta facilitadora en el caso de la alfabetización.
Chechi (2020)	“Alternate reality game (arg) y steam: aprendizaje multidisciplinario en la enseñanza de química”	Se aplica a veintiocho educandos que estudian profesorado en la materia de química.	En el presente trabajo se debate acerca de las ventajas de Alternate Reality Game acerca del aprendizaje multidisciplinario enfocado en métodos activos, tales como STEAM, ABP	En este estudio luego de la integración ARG, ABP y STEAM para el proceso de enseñanza en química favorece el desarrollo colaborativo y un impacto emocional significativo. Además, dado que STEAM incluye

AUTOR (AÑO)	TEMA DE INVESTIGACIÓN	METODOLOGÍA	PROPUESTA DE INTERVENCIÓN	APORTE DE LA INVESTIGACIÓN
			(Aprendizaje basado en proyectos).	tecnología permite la formación actualizada.
García Mejía y García Vera (2020)	“Metodología STEAM y su uso en Matemáticas para estudiantes de bachillerato en tiempos de pandemia Covid-19”	En la presente se realiza una investigación documental.	El fin principal de la investigación es analizar la influencia del enfoque STEAM en matemática del Bachillerato.	Los autores llegan a la conclusión de que el enfoque STEAM es importante en el campo educativo dado que mediante este se transmiten conocimientos profundos a los educandos para lograr alcanzar el éxito en la asignatura. por lo que se recomienda emplear a los docentes. Además, mediante este se hace énfasis en la integración curricular o en los proyectos educativos que fortalecen el aprendizaje.
Meza y Duarte (2020)	“La metodología STEAM aplicada en el desarrollo de competencias y la resolución de problemas. Una nueva mirada en la mediación pedagógica al encuentro con el sentido del aprendizaje en los procesos educativos”	Sistematización teórica de fundamentos que respaldan al enfoque SRTEAM.	Búsqueda de información en fuentes confiables como por ejemplo el Currículo.	Por medio del presente se aporta que STEAM proporciona una visión holística e interdisciplinaria en el proceso de enseñanza aprendizaje, al integrar las áreas del conocimiento de manera creativa y dinámica se desarrolla habilidades en cuanto al pensamiento crítico y a la resolución de situaciones del mundo real. Además, este enfoque se puede emplear desde metodologías tales como el ABP, el aprendizaje expedicionario.
Muñoz (2020)	“Actitud hacia las ciencias naturales usando el enfoque STEAM”	Se realiza un estudio de carácter indagatorio de 10 estudiantes.	Empleo del enfoque interdisciplinario en el proceso de aprendizaje de Ciencias Naturales.	Al emplear el enfoque STEAM al proceso de enseñanza aprendizaje, se presentaron cambios positivos en sus actitudes hacia las Ciencias Naturales. Dado que este enfoque interdisciplinario y práctico contribuye al interés y a la visión de los educandos en esta área del conocimiento.
Greca et al. (2021)	“Diseño y evaluación de una secuencia de enseñanza-aprendizaje STEAM para Educación Primaria”	Modelo teórico isTEAM y el modelo SEA.	Presenta el diseño y la evaluación de una secuencia de enseñanza-aprendizaje (SEA) que incorpora el enfoque STEAM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Arte y Matemáticas) usando una metodología investigativa.	Los resultados obtenidos luego de la evaluación respaldan la efectividad del modelo demostrando un elevado nivel de competencias alcanzadas por los estudiantes más aún en el ámbito científico. Además, de deducir que la integración de los principios de diseño es útil para maestros interesados en aplicar este enfoque.
Lara (2021)	“Aplicaciones de la Projection-Based Augmented Reality en la enseñanza de las Artes Visuales a partir de las propuestas didácticas de José Val del Omar: una Investigación Educativa Basada en las Artes”	Investigación de inventos y enfoques didácticos del cineasta español José Val del Omar.	Proceso de enseñanza enfocado en la creación, haciendo empleo de los recursos tecnológicos.	La intelectualidad se debe desarrollar en pasos cortos, además, el artículo aporta que el estudiante debe desarrollarse ya sea por descubrimiento o la creatividad.
Pérez (2021)	“Desarrollo de Competencias del Siglo XXI en el Área de Ciencias Naturales a través del Enfoque STEAM”	La investigación se da de forma inductiva, en base a las observaciones se interpreta la realidad para posteriormente transformarla. La investigación es de tipo cualitativa.	Enseñanza basada en el aprendizaje por indagación, teniendo en cuenta los referentes en el enfoque STEAM y los derechos básicos de aprendizaje del séptimo grado.	Por medio del enfoque investigativo se obtienen muchas ventajas, dado que abarca conocimientos de manera abstracta. Además, ayuda a desarrollar habilidades cognitivas, tecnológicas, actividades prácticas, comunicación y trabajo cooperativo. También, permite

AUTOR (AÑO)	TEMA DE INVESTIGACIÓN	METODOLOGÍA	PROPUESTA DE INTERVENCIÓN	APORTE DE LA INVESTIGACIÓN
				formarse como educandos de manera íntegra y completa.
Ruiz (2021)	“Integrando STEAM en el aula bilingüe de Educación Primaria”	La metodología empleada es el uso de una segunda lengua para el proceso de enseñanza de los contenidos de Ciencias Naturales.	Aplicar el enfoque AICLE en el área de Ciencias Naturales para estudiantes de 6º de Educación Primaria.	Esta investigación permitió que los alumnos adquieran competencias comunicativas en el contenido específico de la materia y en el idioma extranjero.
Armijos y Dután (2022)	“Metodología STEAM para contribuir a la motivación y el rendimiento académico en Biología para tercero de Bachillerato, Unidad Educativa Herlinda Toral”	La investigación presenta un paradigma constructivista y un enfoque cualitativo para la interpretación de datos.	Se aplica la metodología STEAM en la, según lo establecido por el Libro del Ministerio de Educación. Esto llevó a la creación de un diseño experimental con enfoque interdisciplinario.	Luego de realizar una comparación entre grupos usando STEAM en el experimental y metodología tradicional en el de control. En el experimental mostró mayor motivación y mejor rendimiento académico, mientras que el de control no mostró cambios relevantes.
Barzola y Barrera (2022)	“Educación STEAM como metodología para el proceso de enseñanza aprendizaje de la física en primero A de bachillerato, UE César Dávila Andrade”	Se hace uso del paradigma sociocrítico, así mismo, en el estudio emplea un enfoque de investigación mixto, combinando datos cualitativos y cuantitativos.	La investigación investiga cómo la metodología educativa STEAM se emplea en la enseñanza de la física en el primer año de bachillerato en la UE César Dávila Andrade.	El artículo se enfoca en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física en Ecuador, utilizando la metodología STEAM. Se analizan aspectos teóricos y metodológicos importantes para la transformación educativa. La combinación de datos cualitativos y cuantitativos reveló mejoras significativas en el aprendizaje y el interés de los estudiantes, validando la efectividad de STEAM en el proceso educativo.
Castro (2022)	“Reflexiones sobre la educación STEAM, alternativa para el siglo XXI”	Se realiza un análisis a partir de las contribuciones teóricas y epistémicas.	Ampliar el conocimiento sobre las diversas perspectivas de los usuarios.	El enfoque educativo STEAM impulsa a contextos activos y multidisciplinarios, integrando ciencia, tecnología y arte en el proceso de enseñanza. Su implementación exige capacitación tecnológica y estrategias de vinculación para transformar metodologías tradicionales y preparar a los estudiantes para el futuro. El arte complementa la enseñanza y la creatividad es clave para dar solución a desafíos.
Camacho y Bernal (2022)	“Enfoque STEM / STEAM / STEAMH para la formación docente en Ciencias Naturales de secundaria. revisión sistemática exploratoria”	Se realiza una revisión sistemática-exploratoria acerca de STEM, STEAM y STEAMH.	Revisión bibliográfica de 50 artículos afines a la investigación.	Luego de la revisión detallada por los autores, aportan que es necesario que el proceso de enseñanza aprendizaje del estudiante, además de STEAM, enfocarse en el arte y en las humanidades es por ello que se propone el nuevo enfoque educativo STEAMH. dado que mediante ello se debe dar solución de problemas cotidianos mediante la transversalidad con otras asignaturas.
Intriago y Rivera (2022)	“El arte con enfoque STEAM en la enseñanza de la Biología, en Primer Año de Bachillerato General Unificado, D.M. de Quito, 2022-2023”	El enfoque de investigación es socioeducativo, el paradigma es mixto. Además, se realiza una investigación bibliográfica y una salida para aplicar el arte (salida de campo).	El empleo del arte desde un enfoque STEAM para el proceso de enseñanza de Biología de primero de BGB (Bachillerato general unificado).	En la presente se destaca que la enseñanza de Biología es baja, por ello se recomienda emplear el arte desde el enfoque educativo STEAM y de otras metodologías activas como el aula invertida, en trabajo operativo, para mejorar la enseñanza. Dado que el arte

AUTOR (AÑO)	TEMA DE INVESTIGACIÓN	METODOLOGÍA	PROPUESTA DE INTERVENCIÓN	APORTE DE LA INVESTIGACIÓN
				fomenta el desarrollo de habilidades comunicativas.
Jimenes (2022)	“Aprendizaje basado en proyectos con enfoque STEAM; una experiencia de integración entre matemáticas, ciencias naturales y artes en 6° grado del Colegio Mayor de San Bartolomé”	El diseño metodológico de la investigación tiene un enfoque cualitativo y un paradigma interpretativo.	Desarrollo y ejecución de una secuencia de actividades empleando la metodología ABP desde un enfoque STEAM.	Mediante la investigación se demuestra la eficacia del enfoque STEAM y la metodología ABP como métodos motivadores en el currículo educativo en la enseñanza de ciencias, matemáticas y arte. Asimismo, los estudiantes crearon un prototipo de navegación marina, desarrollando habilidades interdisciplinarias y mejorando su rendimiento académico.
Martín et al. (2022)	“Implementación de metodologías activas en asignaturas de Química en titulaciones STEAM (Ingeniería Química e Ingeniería en Tecnologías Industriales)”	Se trabaja con dos grupos de investigación: el grupo control y el tradicional expositivo.	Se propone el empleo del aula invertida en el proceso de enseñanza de química, dentro del STEAM.	El aprendizaje basado en juego desde un enfoque STEAM beneficia a los educandos al proponer la asimilación de competencias de carácter transversal.
Neira y Sánchez (2023)	“El enfoque STEM – STEAM en la Educación Científica: tendencias y perspectivas en publicaciones especializadas: una mirada desde ciencia, arte y tecnología”	Ampliar y mejorar la comprensión de las diversas perspectivas de los usuarios.	Revisión bibliográfica de fundamentos teóricos e investigaciones relacionadas.	El principal aporte es que se debe caracterizar las tendencias y aspiraciones que se tiene con el enfoque STEM y STEAM en relación a Tecnología, Ciencia y Arte. Dado que en los últimos años ha habido un aumento considerable en investigaciones con estos enfoques educativos, pero se señala la falta de claridad a nivel conceptual y de precisión en algunos aspectos. Como en la manera de emplear del docente.

Luego de la revisión exhaustiva realizada por los autores, algunas investigaciones revelaron una convergencia significativa de información sobre la integración del arte en el enfoque educativo STEAM, lo cual ha traído grandes beneficios como la potencialización de la creatividad y el pensamiento crítico del educando. Además, la incorporación del arte en el proceso educativo activa el interés y la motivación de los estudiantes, formándolos más comprometidos y motivados por su aprendizaje.

Además, el desarrollo de secuencias de actividades o proyectos permite al educando una mejor retención de contenidos, también se puede emplear STEAM con algunas metodologías o enfoques como en el caso de Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), por lo que se forma un aprendizaje enriquecedor en donde el educando es un investigador activo y creador de contenido, de esta manera dando lugar a un enfoque integral o disciplinar.

Ante estos hallazgos, el enfoque STEAM, desde una visión artística, promueve un aprendizaje más significativo y forma una conexión emocional que propicia actividades artísticas a los estudiantes a comprender mejor los conceptos y a encontrarles sentido en su vida diaria.

Se visualizaron también las metodologías empleadas en algunos casos, como por ejemplo el Design Thinking, una metodología innovadora y flexible que se adapta al proceso de aprendizaje del educando. En resumen, la búsqueda bibliográfica exhaustiva sirvió como

guía para futuras investigaciones, ya que permitió identificar el estado actual del conocimiento en el área de interés y las brechas que aún necesitan ser exploradas y evitar sus duplicaciones.

Conclusiones

En el presente estudio de síntesis y revisión bibliográfica se resalta la relevancia de las manifestaciones artísticas como un método enriquecedor del enfoque educativo STEAM. El arte surge para potenciar la educación, en cuanto a este artículo se aporta que la integración es de gran importancia para la preparación de educandos aptos para el futuro, dado que se enfatiza en la creatividad y la interconexión de las áreas del campo educativo. La inclusión del arte en el enfoque educativo STEAM hace que los estudiantes se involucren de manera más dinámica y colaborativa en su proceso de aprendizaje, lo que promueve la adquisición de saberes esenciales para enfrentar los desafíos del siglo XXI, como en el caso de las competencias científicas, creativas y digitales.

En resumen, la integración del arte en el enfoque STEAM es una oportunidad valiosa para mejorar el proceso educativo, fomentar el desarrollo integral de los estudiantes y prepararlos para ser ciudadanos creativos, reflexivos e innovadores en una sociedad cada vez más compleja en cuanto a la ciencia y tecnología. Cabe destacar que los docentes deben seleccionar las estrategias idóneas para que el aplicar este enfoque educativo de resultados favorables.

Reconocimientos

Queremos expresar nuestro agradecimiento a la Universidad Nacional de Educación y a la Universidad de Investigación de Tecnología Experimental Yachay y, en particular, a nuestros queridos docentes, quienes nos han brindado enseñanzas valiosas que han sido fundamentales para la elaboración de este artículo científico. Su dedicación y apoyo nos han inspirado a profundizar en el tema y a llevar a cabo esta investigación.

Es importante mencionar que este proyecto no requirió de ninguna inversión económica, ya que toda la información utilizada fue recopilada de fuentes confiables y accesibles. Esto demuestra que, con determinación y esfuerzo, podemos realizar trabajos de calidad y contribuir al avance de la ciencia y la educación.

Nuestra gratitud es sincera y nos sentimos comprometidos a seguir avanzando en la búsqueda de nuevos conocimientos y aportar al desarrollo de la educación. Este artículo es solo el inicio de nuestro camino en la investigación, y esperamos seguir creciendo y aportando al campo académico en el futuro. Agradecemos a todos aquellos que nos han brindado su apoyo y confianza en este proyecto.

Referencias

- Alsina, Á. y Salgado, M. (2018). Land Art Math: una actividad STEAM para fomentar la competencia matemática en Educación Infantil. *Educación Matemática en la infancia*. https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/52983/revistas_uva_es__edmain_article_view_5886_4406.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Alsina, Á. (2020). Conexiones matemáticas a través de actividades STEAM en Educación Infantil. *UNIÓN. Revista Iberoamericana de Educación Matemática*, 16(58), 168-190. <http://funes.uniandes.edu.co/26090/1/Alsina2020Conexiones.pdf>
- Álvarez, S. y Domínguez, M. (2012). La expresión artística: Otro desafío para la educación rural. *Revista Electrónica Educare*, 16(3), 115-126. <https://www.redalyc.org/pdf/1941/194124728008.pdf>

- Armijos, O. y Dután, M. (2022). *Metodología STEAM para contribuir a la motivación y el rendimiento académico en Biología para tercero de Bachillerato, Unidad Educativa Herlinda Toral*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de Educación]. Repositorio de la Universidad Nacional de Educación. <http://repositorio.unae.edu.ec/handle/56000/2348>
- Asinc, E. y Alvarado, S. (2019). STEAM como enfoque interdisciplinario e inclusivo para desarrollar las potencialidades y competencias actuales. *Identidad Bolivariana*, 1-12. <https://identidadbolivariana.itb.edu.ec/index.php/identidadbolivariana/article/view/59/43>
- Azcaray, J. (2019). *Metodología para integrar el diseño en un proceso curricular STEAM a través del uso de las nuevas tecnologías creativas*. [Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Valencia]. Repositorio de la Universidad Politécnica de Valencia. <https://riunet.upv.es/handle/10251/125704#>
- Barzola, E. y Barrera, M. (2022). *Educación STEAM como metodología para el proceso de enseñanza aprendizaje de la física en primero A de bachillerato, UE César Dávila Andrade*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de Educación]. Repositorio de la Universidad Nacional de Educación. <http://repositorio.unae.edu.ec/handle/56000/2808>
- Benítez, E. y Barzallo, S. (2019). STEAM como enfoque interdisciplinario e inclusivo para desarrollar las potencialidades y competencias actuales. *Identidad Bolivariana*, 1-12. <https://identidadbolivariana.itb.edu.ec/index.php/identidadbolivariana/article/view/59>
- Cachay, H. y Rojas, R. (2021). Estrategias metodológicas para la educación ambiental de los estudiantes. *Revista Epistemia*. 5(1), 1-19. <https://revistas.uss.edu.pe/index.php/EPT/article/view/1884/2437>
- Camacho, E. y Bernal, A. (2022). Enfoque STEM / STEAM / STEAMH para la formación docente en Ciencias Naturales de secundaria. Revisión sistemática exploratoria. *CIEG*. 42-56. <https://revista.grupocieg.org/wp-content/uploads/2022/06/Ed.5642-56-Camacho-y-Bernal.pdf>
- Carmona, J., Arias, J. y Villa, J. (2019). Formación inicial de profesores basada en proyectos para el diseño de lecciones STEAM. https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/15590/1/CarmonaMesaJaime_2019_Formaci%C3%B3nProfesoresSTEAM.pdf
- Castro, P. (2022). Reflexiones sobre la educación STEAM, alternativa para el siglo XXI. *Praxis*, 18(1), 158-175. <https://revistas.unimagdalena.edu.co/index.php/praxis/article/view/3762>
- Cechi, A. (2020). Alternate reality game (arg) y steam: aprendizaje multidisciplinario en la enseñanza de química. *Revista Areté - Revista Amazônica de Ensino de Ciências*. <http://177.66.14.82/handle/riuea/3271>
- Cortés, L. y Grinspun, N. (2019). La importancia del cuerpo en las prácticas pedagógicas en artes visuales. *Perspectiva Educacional. Formación de profesores*. 58(3), 102-126. Recuperado de: https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-97292019000300102&script=sci_arttext
- Diego, J., Blanco, T., Laso, Z. y Lavicza, Z. (2021). Proyectos STEAM con formato KIKS para el desarrollo de competencias clave. *Comunicar: Revista científica iberoamericana de comunicación y educación*, (66), 33-43. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7696990>
- García Mejía, R. y García Vera, C. (2020). Metodología STEAM y su uso en Matemáticas para estudiantes de bachillerato en tiempos de pandemia Covid-19. *Dominio de las Ciencias*, 6(3), 163-180. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7491407>
- García, R. y Montenegro, C. (2021). La mediación en los proyectos pedagógicos: artistas docentes como creadores y creadoras de relación desde las artes visuales. *Revista Colombiana de Educación*. 1(82), 83-106. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7963660>
- Greca, I., Ortiz, J. y Arriasecq, I. (2021). Diseño y evaluación de una secuencia de enseñanza-aprendizaje STEAM para Educación Primaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*. 18(1), 1-19. <https://rodin.uca.es/handle/10498/24340>
- Intriago, G. y Rivera, J. (2022). *El arte con enfoque STEAM en la enseñanza de la Biología, en Primer Año de Bachillerato General Unificado, DM de Quito, 2022-2023*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Central del Ecuador]. Repositorio de la Universidad Central del Ecuador. <https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/df2226c5-6608-44ed-b4bc-bdc2309c80fd/content>

- Jiménez, R. (2022). *Aprendizaje basado en proyectos con enfoque STEAM; una experiencia de integración entre matemáticas, ciencias naturales y artes en 6° grado del Colegio Mayor de San Bartolomé*. [Tesis de Magister, Pontificia Universidad Javeriana]. Repositorio de la Pontificia Universidad Javeriana. <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/63039>
- Lara, R. (2021). *Aplicaciones de la Projection-Based Augmented Reality en la enseñanza de las Artes Visuales a partir de las propuestas didácticas de José Val del Omar: una Investigación Educativa Basada en las Artes*. <https://digibug.ugr.es/handle/10481/70861>
- López, M. (2019). Implementación y articulación del STEAM como proyecto institucional. *Latin American Journal of Science Education*. 6(0), 1-8. https://www.researchgate.net/profile/Marco-Lopez-Gamboa/publication/333878831_Implementacion_y_articulacion_del_STEAM_como_proyecto_institucional/links/5d0a569f458515ea1a714436/Implementacion-y-articulacion-del-STEAM-como-proyecto-institucional.pdf
- Lorenzo, M. (2022). El arte como generador de emociones: estudio de ocho narrativas de estudiantes de posgrado. *Revista Humanidades*. 12(2), 1-29. Recuperado de: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/humanidades/article/view/50893/51446>
- Mangual, L. (2017). La importancia del arte en la educación de nuestros hijos. *Diarios las Américas*. <https://www.diariolasamericas.com/opinion/la-importancia-del-arte-la-educacion-nuestros-hijos-n4138188>
- Martín, M., García P., Fuentes, M. y Robustillo, D. (2022). Implementación de metodologías activas en asignaturas de Química en titulaciones STEAM (Ingeniería Química e Ingeniería en Tecnologías Industriales). 62-63. *Dialnet-Edunovatic2022*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8834163>
- Meza, H. y Duarte, E. (2020). *La metodología STEAM aplicada en el desarrollo de competencias y la resolución de problemas*. Una nueva mirada en la mediación pedagógica al encuentro con el sentido del aprendizaje en los procesos educativos, 105-128. <https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/18658/Libro%20de%20Memoria%20de%20Congreso%5B14780%5D.pdf?sequence=1&isAllowed=y#page=105>
- Muñoz, N. (2020). *Actitud hacia las Ciencias Naturales usando el enfoque STEAM*. [Tesis de Profesora, Universidad del Bío - Bío]. Repositorio de la Universidad del Bío – Bío. <http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/3622/1/Mu%c3%b1oz%20Carvajal%2c%20Nicol%20Mar%c3%ada%20Paz.pdf>
- Neira, M. y Sánchez, V. (2023). El enfoque STEM–STEAM en la educación científica: tendencias y perspectivas en publicaciones especializadas: una mirada desde ciencia, arte y tecnología. <http://repositorio.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/18439/EL%20ENFOQUE%20STEM.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Ortiz, J., Sanz, R. y Greca, I. (2021). Una mirada crítica a los modelos teóricos sobre educación STEAM integrada. *Revista Iberoamericana de Educación*, 87(2), 13-33. <https://doi.org/10.35362/rie8724634>
- Pérez, M. (2021). *Desarrollo de Competencias del Siglo XXI en el Área de Ciencias Naturales a través del Enfoque STEAM*. [Monografía, Universidad Nacional de Colombia. Repositorio de la Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/79393/1036664141.2021.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Rodríguez, M. (2018). *Proyecto Octopus: propuesta pedagógica fundamentada en la metodología STEAM para fortalecer el aprendizaje rizomático de los estudiantes de básica primaria*. [Tesis de Licenciatura, Corporación Universitaria Minuto de Dios]. Repositorio de la Corporación Universitaria Minuto de Dios. <https://repository.uniminuto.edu/handle/10656/6421>
- Ruiz, D. (2021). Integrando STEAM en el aula bilingüe de educación primaria. *DIM: Didáctica, Innovación y Multimedia*, 0(39). 1-15. <https://www.raco.cat/index.php/DIM/article/view/388772>
- Santillán, J., Cadena, V., y Cadena, M. (2019). Educación STEAM: entrada a la sociedad del conocimiento. *Ciencia Digital*, 3(3.4.), 212-227. <https://cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/CienciaDigital/article/view/847>
- Segura, W. y Caplan, M. (2019). Experiencias STEAM en América Latina como metodologías innovadoras de educación. *Academia.edu*.



EFL University Students' Perception of Immediate Oral Corrective Feedback in Two Costa Rican Private Institutions

Percepción de los estudiantes universitarios de inglés como lengua extranjera sobre la corrección oral inmediata en dos instituciones privadas costarricenses

Graciela Ferreiro Santamaria¹ <https://orcid.org/0009-0005-3976-8783>

¹Universidad Latina de Costa Rica, San José, Costa Rica
graciela.ferreiro@ulatina.net



Esta obra está bajo una licencia internacional
Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0.

Sent: 2023/09/26
Accepted: 2023/12/14
Published: 2023/12/30

Abstract

In recent years, there has been extensive research focusing on oral corrective feedback (CF), an essential aspect of English as a second/foreign language (ESL/EFL) learning from the teachers' and the linguists' point of view, but very little on the students' perspective. Most higher education programs in Latin America make great efforts to reinforce their EFL programs because of the language's relevance to most professional development. Aiming to contribute to improving strategies for corrective feedback that foster better oral communication, this research gathers learners' insight about oral corrective feedback given by teachers in EFL courses at two private universities from San Jose, Costa Rica. This research is descriptive, transversal and quantitative in nature. The data collection required the implementation of an online questionnaire, which was answered voluntarily by 160 A1/A2 students of the EFL program from these universities. They were interrogated on their general attitude towards CF and the importance they give to it, the frequency with which they like to receive feedback, which type of errors they consider should be corrected and the preference for error correction from a selection of seven standard error correction types. The obtained results demonstrate positive perceptions regarding the feedback received from teachers on all types of errors. The participants expressed a desire to be permanently corrected when there is a deviance in grammar, vocabulary, or pronunciation. The preferred method of corrective feedback was explicit correction, followed by recast and clarification; metalinguistic correction and non-verbal cues were the least liked. The findings corroborate the necessity to include oral corrective feedback on grammar, vocabulary and pronunciation as expected by the students.

Summary: Introduction, Research Design and Method, Results and Discussion and Conclusions and Implications.

How to cite: Ferreiro, G. (2023). EFL University Students' Perception of Immediate Oral Corrective Feedback in Two Costa Rican Private Institutions. *Revista Tecnológica - Espol*, 35(3), 181-192. <http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/1076>

Keywords: corrective feedback, perception of feedback, frequency of feedback, type of corrective feedback.

Resumen

En los últimos años, ha habido una amplia investigación centrada en la realimentación correctiva oral (CF), un aspecto esencial en el aprendizaje del inglés como segunda lengua/lengua extranjera (ESL/EFL) desde el punto de vista de los profesores y los lingüistas, pero muy poco desde la perspectiva de los estudiantes. La mayoría de los programas de educación superior en América Latina hacen grandes esfuerzos para reforzar sus programas de EFL debido a la relevancia del idioma para la mayoría del desarrollo profesional. Con el objetivo de contribuir a mejorar las estrategias de realimentación correctiva que promueven una mejor comunicación oral, esta investigación recoge la percepción de los estudiantes sobre la realimentación correctiva oral dada por los profesores en los cursos de EFL en dos universidades privadas de San José, Costa Rica. Esta investigación es de carácter descriptivo, transversal y cuantitativo. La recolección de datos requirió la aplicación de un cuestionario en línea, el cual fue respondido voluntariamente por 160 estudiantes A1/A2 del programa EFL de estas universidades. Se interrogó sobre su actitud general hacia la CF y la importancia que le conceden, la frecuencia con la que les gusta recibir realimentación, qué tipo de errores consideran que deberían corregirse y la preferencia por la corrección de errores de entre una selección de siete tipos estándar. Los resultados obtenidos demuestran percepciones positivas respecto a la realimentación recibida de los profesores sobre todo tipo de errores. Los participantes expresaron su deseo de ser corregidos permanentemente cuando se produce una desviación en la gramática, el vocabulario o la pronunciación. El método preferido de realimentación correctiva fue la corrección explícita, seguida de *recast* y la clarificación; la corrección metalingüística y las señales no verbales fueron las que menos gustaron. Los resultados corroboran la necesidad de incluir comentarios correctivos orales sobre gramática, vocabulario y pronunciación, tal y como esperan los estudiantes.

Palabras clave: Realimentación correctiva, percepción de corrección, frecuencia de realimentación, tipo de realimentación correctiva.

Introduction

The topic of feedback and error correction has been debated extensively by second language teachers and researchers for decades. While some schools of thought, like Behaviorism, saw errors as something negative and recommended immediate correction, other experts such as Krashen (1982) and Truscott (1999) have argued its limited contribution to language acquisition. With the emergence of communicative approaches, errors are seen as evidence of learners' linguistic development, not as an obstacle to avoid (Rezaei et al., 2011).

Whether or not to correct students' oral errors and how to do so is a constant concern for most EFL teachers. Even though errors in oral performance are expected in the classroom as part of the natural acquisition process (Edge, 1989, as cited by Eyengho & Fawole, 2017, p.46), there is also a general sense that teachers must promote good communication in their students.

Most of the literature about strategies for corrective feedback is based on teachers' and linguists' criteria. For example, extensive research has examined the values of corrective feedback, revealing that it has a positive role in L2 learners' language development (Russell & Spada, 2006; Mackey & Goo, 2007; Li, 2010; Lyster & Saito, 2010; Lyster et al., 2013; Nassaji, 2016 as mentioned by Ha & Nguyen, 2021; Tavacoli, & Nourollah, 2015).

Most investigations have explored facilitators' perspectives on oral correction and the correlation between their pedagogical practices and learners' learning preferences (Ha & Nguyen, 2021; Inci-Kavak, V., 2019; Tsuneyasu, 2016; Kahir, 2015; Tomczyk, 2013; Cathcart & Olsen, 1976; Hawkey, 2006; McCargar, 1993; Oladejo, 1993; Peacock, 2001; Schulz, 1996, 2001 all cited by Katayama 2007;). Most of them have revealed a mismatch. On the other hand, learners' opinions and preferences for error correction seem to be disregarded (Oladejo, 1993).

As error signaling could cause some anxiety in learners, thus increasing the affective filter, this research aims to examine students' perception toward immediate oral corrective feedback to contribute to developing their communicative skills. The main objective of this study is to describe the attitude of EFL students and their perception towards immediate oral corrective feedback employed by language teachers in private university classroom situations.

Literature review

Errors

In 1967, Corder introduced the distinction between systematic and non-systematic errors; he indicated that "errors of performance are considered as mistakes, reserving the term error to refer to the systematic errors of the learner from which we can reconstruct his knowledge of the language to date" (Corder, 1967, p. 167).

Addressing every single error made in the classroom would be useless and time-consuming. The purpose of correction is to make sure that incorrect structures, vocabulary, and pronunciation are not construed as appropriate by learners. Four major categories are described regarding the type of errors made in EFL classrooms.

- a) Grammatical (morpho-syntactic) errors, which, according to Nancy Lee (1991), are tackled by teachers who tend to emphasize grammatical accuracy and to provide immediate corrective treatment to morpho-syntactic errors.
- b) Discourse errors, especially in spoken discourse, are analyzed to promote accurate communication without undermining the learners' confidence. So, feedback is usually provided at the end of the speech.
- c) Phonologically induced errors are, as the term suggests, pronunciation and/or intonation errors. This type of error is a sensible area where fossilization tends to take place and where there is a risk of communication breakdown if the unattended error is severe enough to affect intelligibility.
- d) Lexical errors: Like morpho-syntactic errors, lexical errors are habitually corrected by teachers, as they are easily pointed out and usually are significant in the conveyance of meaning (Lee, 1991).

Only grammatical, lexical, and phonological errors were considered for this investigation since delayed feedback was not the primary concern.

Corrective feedback

There are several ways to approach corrective feedback. Yang and Lyster (2010, p. 237) defined corrective feedback as "a reactive type of form-focused instruction which is considered to be effective in promoting noticing and thus conducive to L2 learning" (as cited by Milla Melero 2011, p. 20).

Suzuki (2004) defined corrective feedback as a pedagogical technique teachers use to draw attention to students' erroneous utterances with the intention of modified output (cited by Lee, 2013).

Undeniably, this complex phenomenon serves several functions (Chaudron, 1988, cited by Tavacoli & Nourollah, 2016). The most evident one is showing the learners, who might need to be made aware of the situation, that there is a problem in their production. Corrective feedback helps the teachers provide scaffolding and improves the learners' use of the L2. Past research has shown that giving feedback effectively contributes to learners' grammatical, morphological, and phonological development (Carroll & Swain, 1993; DeKeyser, 1993; Havranek & Cesnik, 2003; Rosa & Leow, 2004 as cited by Tavakoli & Nourollah, 2016).

Types of corrective feedback

Lyster and Randa (1997) have distinguished six types of oral corrective feedback. The first is explicit correction, which refers to a clear indication that the word or utterance is incorrect and the provision of the correct form. The second form is recast, which involves the teacher reforming the part or all of the student's utterance minus the error. The third type is clarification request, when instructors indicate to learners either that the teacher has misunderstood their utterance or that the utterance is ill-formed in some way. Usually, this involves using a question for clarification, thus its name. The fourth type, elicitation, refers to three techniques that professors use to elicit the correct form from the student directly: 1) teachers elicit completion of their utterance by strategically pausing to allow students to "fill in the blank"; 2) teachers use questions to elicit correct forms (e.g., "how do you say...?"), and 3) teachers occasionally ask students to reformulate their utterances. The fifth type of error correction is repetition, which refers to the instructors' repetition of the erroneous utterance, usually adjusting their intonation to highlight the error. Finally, metalinguistic feedback contains either comments, information, or questions related to the correctness of the student's utterance without explicitly giving the correct form.

Metalinguistic information generally provides grammatical metalanguage that refers to the nature of the error (e.g., "An adjective is needed") or a word definition for lexical errors. In addition to the preceding six feedback types, the authors included a seventh category called multiple feedback, which referred to combinations of more than one type of feedback in one teacher's turn (Lyster & Randa, 1997).

For this investigation, the combination of types was not considered. A seventh option for corrective feedback was included in the survey: using non-verbal cues to indicate a problem with the utterance, the words used, or the pronunciation of a word. Professors often shake their heads, signal a no with their fingers, or frown their eyebrows as an indication of error, expecting the learners to react and self-correct the problem. Delayed feedback was not taken into consideration for this investigation.

Attitudes and perception

Attitude, according to Dr. Pickens (2020), "is a mindset or a tendency to act in a particular way due to both an individual's experience and temperament" (p.44). Generally, attitudes are described as positive or negative towards an issue. Attitude surveys are usually designed using 5-point Likert-type ("strongly agree–strongly disagree") or frequency ("never–very often") response formats (Pickens, 2020).

On the other hand, Pickens considered that perception is closely related to attitude, which, as explained by Lindsay and Norman (1977), is "a process by which organisms interpret and organize sensations to produce a meaningful experience of the world" (as cited by Pickens, 2020 p. 52).

Studies such as Schultz's (1996) done on foreign language students at a higher-education level and Anker's (2000), which expanded over four years (as cited by Gutierrez et al. 2020, pp. 12-13) have found that most of the learners have a positive attitude towards error correction.

Ryan's (2012) research revealed that survey respondents complained about the eventual absence of correction because that would deprive them of learning (cited by Gutierrez et al. 2020, p. 13).

Research Design and Method

This is descriptive research aiming at addressing the following research questions:

1. What is the general attitude toward oral corrective feedback among EFL students in two Costa Rican private universities?
2. To what extent do students prefer to be corrected?
3. Which errors do students consider should be prioritized in their correction (pronunciation, vocabulary, and grammar)?
4. What are the students' preferences for types of error correction methods?
5. Do students perceive corrective feedback as effective for the improvement of oral communication?

The data collection took place from August 2022 to February 2023 and the participants were 160 university EFL students ranging from 18 to over 40 years of age who were at the time taking one of the courses of the program offered by two private universities as part of the curricula for majors not related to education. All of the participants' native language is Spanish and their level of proficiency is A1/A2. The sample represents the students who were willing to participate in the on-line survey voluntarily.

Instrument

The instrument was applied to all the participants in their native language (Spanish) to avoid misunderstanding. Because classes were conducted mainly remotely, the instrument was digital (See appendix 1). The first section includes general information about the learners' background such as gender, age group, major and course level.

The second section addressed research questions 1, 2 and 5 about the students' general opinions on the correction of oral errors in the classroom and its effectiveness. The section contained five statements: whether or not learner errors should be corrected, how students feel when they are corrected, and when learner errors should be corrected (i.e., constantly or selectively). The participants were asked to indicate their degree of agreement or disagreement using a Likert scale from 1 to 5.

The third section addressed research question 3 and asked about students' preferences for classroom error correction of different aspects of the language, such as grammar, phonology, and vocabulary. Instead of the term phonology, the words "pronunciation, and intonation," were used in the questionnaire. Participants rated each item on a 5-point scale, with 1 representing never and 5 representing always with respect to frequency of correction.

The last section addressed research question 4 and asked learners to rate eight different methods of error correction frequently used by EFL teachers. The rating for students' opinions about each method was measured on a 5-point scale, ranging from 1 representing bad to 5 representing excellent.

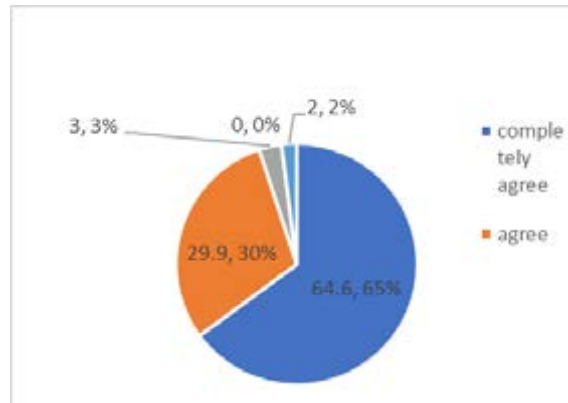
The instrument was validated through expert judgement (Escobar-Pérez & Cuervo-Martínez, 2008).

Results and Discussion

Most of the participants were young adults ranging from 18 to 25 years old; 56,9% were female, 44,5% male and 0.6% identified as non-binary, who were at the time A1 /A2 level (CEFR) at a private university in San Jose, Costa Rica.

Figure 1

Students' opinion about the importance of oral corrective feedback in the classroom



The overall attitude of the participants to corrective feedback, as seen in Figure 1, is that an overwhelming majority of 95% considered that receiving feedback from professors is essential or very important, matching the perception that feedback contributes to the improvement of their proficiency (Figure 2) which is consistent to the findings of Abarca (2008) in her research on college students in a Costa Rican public university where “it can be concluded that, in these students’ opinion, error correction by the teacher is an asset” (Abarca, 2008, p.24). The research conducted by Gutierrez et al. (2020) in a Chilean private college arrives at similar conclusions. Tomczyk (2013) also concluded, “The study makes it clear that corrective feedback is considered to be a crucial part in the language learning, and it is even expected by most students” (p.930).

Figure 2

Students' opinion about corrective feedback contributing to the improvement of their proficiency

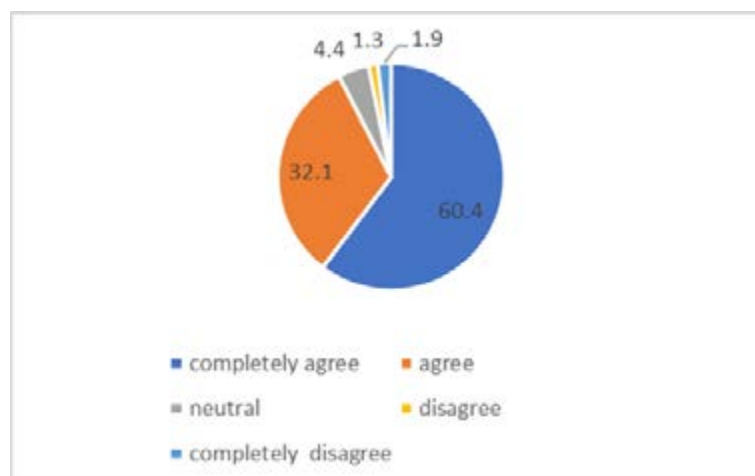
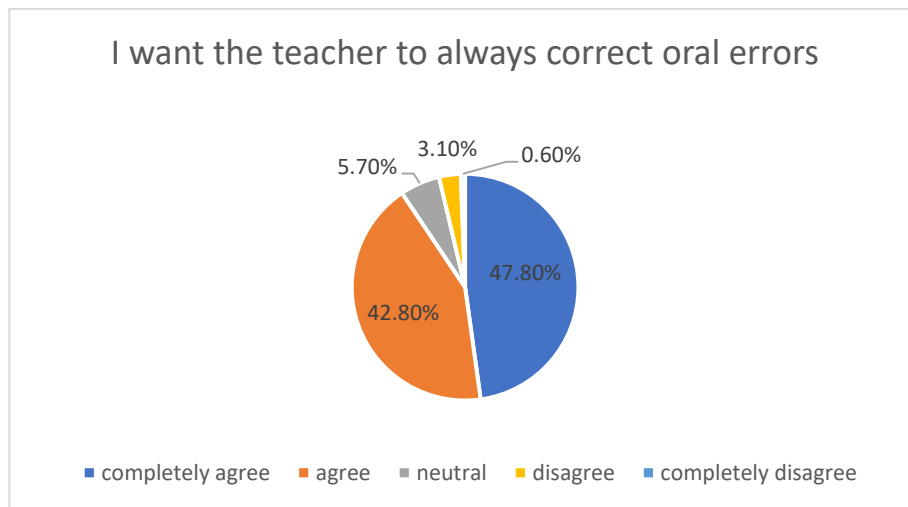
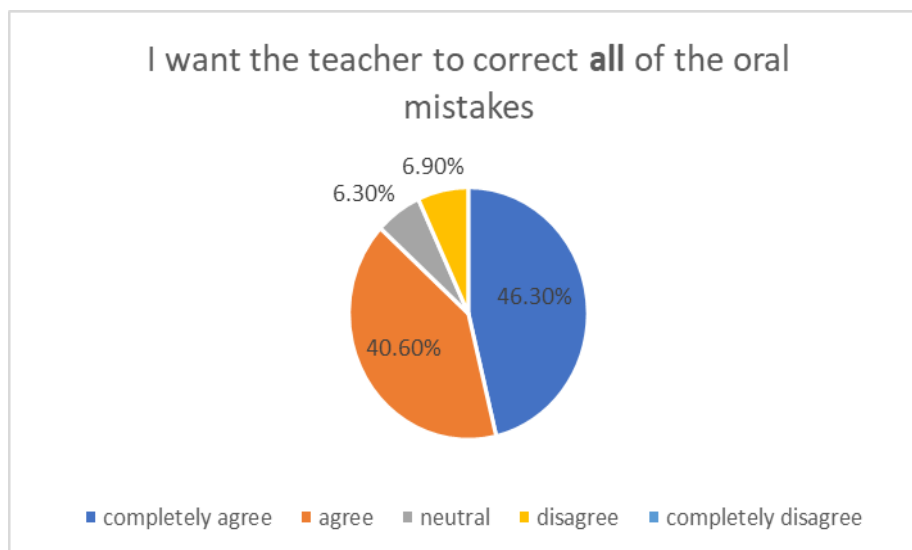


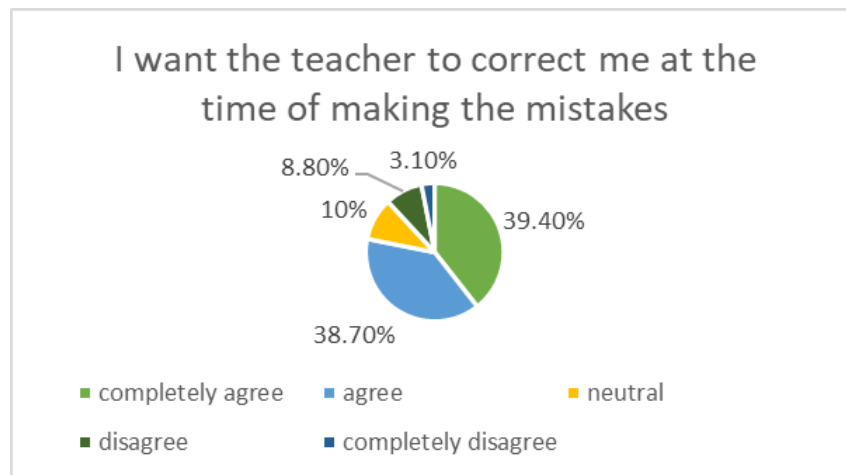
Figure 3*Students' opinion on the frequency of error correction*

Regarding the frequency of correction (Figure 3), 91% of the participants considered that teachers should always correct oral production. This seems to confirm the idea that learners are expecting some corrective feedback, and they perceive it as part of the learning process.

Figure 4*Students' opinion on the amount of correction*

As seen in Figure 4, 87% reported their desire to have all the mistakes corrected which is later confirmed in the following question about which type of errors should be corrected (figure 6).

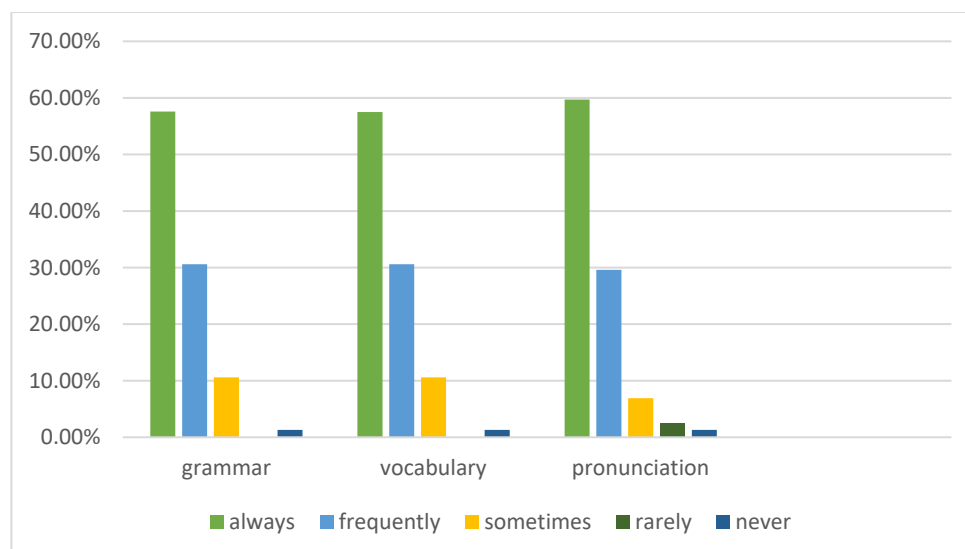
In terms of the moment of correction, displayed in Figure 5, 78% of the participants agreed that the correction should be immediate, 13% disagreed or strongly disagreed and 10% were neutral. This seems to be consistent with Alamri and Fauwzi's (2016) research in Saudi Arabia which pointed out that "the majority of students prefer immediate correction for all types of errors including fluency and accuracy errors." (p. 63). Ananda et.al (2017) also conclude that students' preference for oral error corrective feedback in the classroom is immediately when the error is committed.

Figure 5*Students' opinion on the time of correction*

On the other hand, Tomczyk's study (2013) done with secondary schools and technical colleges where English is taught as a foreign language in Poland revealed that 45,2% of the students preferred immediate correction (p.928). The discrepancy may be attributed to cultural aspects or maturity of the learners.

The questionnaire also gathered the opinion about which aspect requires more attention, grammar, vocabulary, or pronunciation. The results were very similar, as can be observed in Figure 6. Grammar and vocabulary have 57.6% and pronunciation has 59.7%. Tomczyk's study (2013) revealed that 64.4% of learners considered pronunciation errors to be more important; 57.6% grammatical errors and 39.6% lexical errors (p.927) which seems to be consistent with the present results.

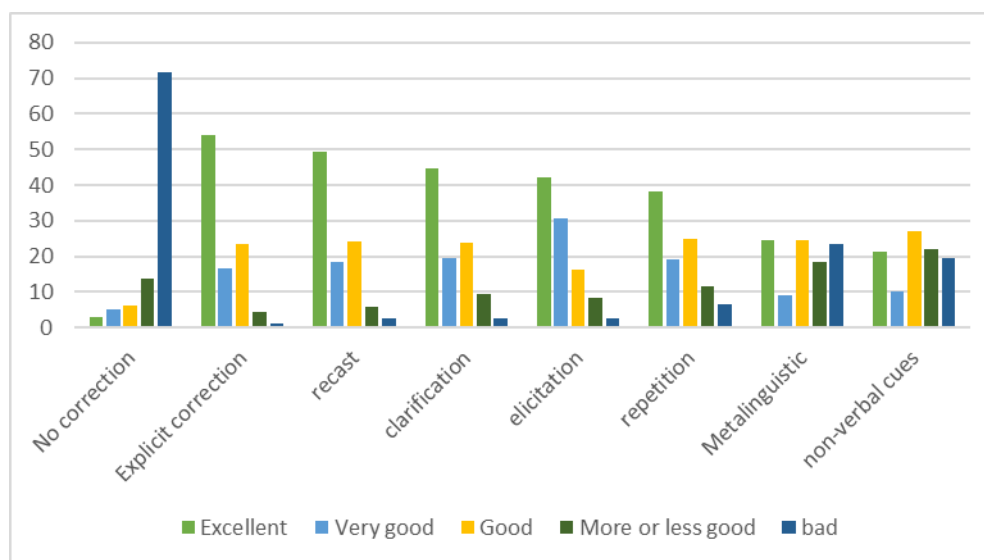
Most learners want correction in the three areas mentioned. Many teachers would be tempted to focus on global errors which hinder communication and be more lenient about local errors. But from the learners' perspective it appears that they consider grammar, lexicon, and phonology as equally important.

Figure 6*Student's opinion on which errors require more attention*

This result is consistent with Oladejo's research (1993) in Singapore and Katayama's (2007) study in Japan as well as Tomczyk's study (2013) conducted in Poland. Zhang and Rahimi (2014) looked at Iranian undergraduate students' beliefs and found that they valued the errors influencing communication the most, followed by frequent errors (cited in Lee, 2013 p. 2). Similar results were obtained by Espinoza Murillo and Rodríguez Chaves (2016) in a public university in Costa Rica.

Figure 7

Learners' opinion about types of error correction used by their professors



The participants of this study were asked to categorize seven types of error correction used by professors rating them from bad to excellent, the six defined by Lyster and Randa (1997) and non-verbal cues. As shown in Figure 7, the three most preferred were explicit correction (54.1% of participant considered it excellent), recast (49.4% excellent) and clarification (44.7% excellent) followed by elicitation (42.1% excellent). Metalinguistic feedback and non-verbal cues were considered bad methods of giving oral feedback, while no correction was the least preferred by the learners. This lack of interest in metalinguistic corrective feedback could be attributed to the level of the participants who were primarily at A1/A2. In beginner levels it seems natural that students feel more comfortable when they are directly indicated what is wrong with their utterances or given the correct form rather than having to figure it out by themselves. Non-verbal cues could be less obvious to the learners and therefore perceived not as effective as other methods.

This finding is similar to what Alamri and Fawzi (2016) reported: "recast and explicit correction were considered helpful by the majority of students. While approximately 60% of students reported that repetition of error and clarification request are helpful techniques. Elicitation and ignoring were the two least preferred techniques" (p. 64).

Gutierrez et al (2020), on the other hand, reported that the subjects of their study in Chile preferred metalinguistic corrective feedback in the first place, followed by recast and explicit correction.

Lwin & Yang (2021) found that Chinese EFL university learners in their study preferred elicitation the most and metalinguistic feedback the least.

Anandaet.al. (2017) in their study conducted with university students indicated “that most of the students agree to prefer to Repetition (65%), Elicitation (56%), Clarification Request (52%), Explicit correction (46%), Metalinguistic Feedback (43%), and prefer for being neutral on Recast (36%)”.

Conclusions and Implications

As for the first research question, related to what the general attitude toward oral corrective feedback among EFL students in two Costa Rican private universities is, it can be concluded that learners in this context have a positive attitude to corrective feedback, which is consistent with Gutierrez et al. (2020), Tomczyk (2013) and Ananada et al. (2017). Students are aware of its relevance for improvement and consider it essential.

For the second research question, "To what extent do students prefer to be corrected?" it can be concluded that they expect constant feedback on grammar, vocabulary and pronunciation from their instructors. The participants viewed all types of errors as requiring equal attention, consistent with the results reported by Katayama in Japan (2007) and Alamri and Fawzi (2016) in Iran.

Corrective feedback plays a vital role in the learning process, and most students want to be constantly corrected. This aligns with the conclusions of Alamri and Fawzi (2016) in Iran, Ha and Nguyen (2021) in Vietnam, Gutierrez et al (2020) in Chile, Tomczyk (2013) in Poland, Ananda et al. (2017) in Indonesia and Abarca (2008) in Costa Rica.

Regarding the best time for correction, most of the participants of this study indicated their desire to be given feedback when making a mistake. Similar results were reported by Abarca (2008): "However, it can be concluded from the results that these students feel confident if they are (1) informed about their errors and (2) allowed to correct them immediately" (p.26).

Regarding learners' preferences towards a specific approach or corrective feedback, explicit correction is the best evaluated, followed by recast and clarification. This finding indicates that beginner-level learners favor a more direct approach to feedback and are less responsive to more subtle forms of error indication.

Understandably, students will react more positively to clear indications of errors, which do not leave room for doubt or confusion. This reaction is aligned with Alamri and Fawzi's (2016) and Abarca's (2008) findings. Furthermore, Tavakoli and Zarrinabadi (2016) reported that explicit corrective feedback leads to lower anxiety in students.

Professors need to seriously consider the use of oral corrective feedback, considering the learners' needs and expectations, not just their professional criteria. As suggested by Espinoza and Rodriguez (2016), it would be advisable to inform the students about the corrective techniques to be applied.

Further research might explore more advanced students' perspectives on oral corrective feedback as they might have different preferences. The students' background and level of competence in the language can influence the preference for corrective methods.

References

- Abarca Amador, Y. (Enero-julio 2008) Learner attitudes toward error correction in a beginners English class
Revista Comunicación, Volumen 17, año 29, No. 1, Enero-Julio, 2008 (pp. 18-28).
- Aguilera Leyva, M. (Nov 12, 2020) Preferences toward Oral Corrective Feedback in EFL classrooms at ESPOCH . *Ciencia Digital*, 4(4.1), 58-80. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v4i4.1.1454>
- Alamri, B. & Fawzi, H. (2016) Students' Preferences and Attitude toward Oral Error Correction Techniques at Yanbu University College, Saudi Arabia. *English Language Teaching*, Vol. 9, No. 11, 59-65.
- Ananda, D. R., Febriyanti, E. R., Yamin, M., & Mu'in, F. (2017). Students' preferences toward oral corrective feedback in speaking class at English department of lambung Mangkurat university academic year 2015/2016. *Theory and Practice in Language Studies*, 7(3), 176-186. <https://doi.org/10.17507/tpls.0703.03>
- Corder, S.P (Nov. 1967) The Significance of Learners' Errors. *IRAL International Review of Applied Linguistics in Language Teaching*, Vol. 4, 161-170.
- Escobar-Pérez, J. & Cuervo-Martínez, A. (2008). Validez de contenido y juicio de expertos: una aproximación a su utilización. *Avances en Medición*, 6, 27-36.
- Espinoza Murillo, L. & Rodríguez Chaves, J.D. (2016) Corrective Feedback in Conversation Courses at CEIC, Alajuela Site. *Revista de Lenguas Modernas*, N° 24, 2016, 295-316.
- Eyengho, T. & Fawole, O. (2017) Students' Attitude towards Oral Error Correction Techniques Employed by Secondary School Language Teachers in South Western Nigeria. *Journal of Social Science for Policy Implications*, June 2017, Vol. 5, No. 1, 46-51. DOI: 10.15640/10.15640/jsspi.v5n1a5
- Gutiérrez, A., Arancibia, C., Bustos, C., Mora, F., Santibáñez, X., & Flores, M. (2021). Students' perceptions of oral corrective feedback given by teachers in communicative approach English courses from an EFL pedagogy program at a private university. *Lenguas Modernas*, (56), 9–26. Recovered from <https://revistas.uchile.cl/index.php/LM/article/view/61507>
- Ha, X.V. & Nguyen L.T. (June 2021) Targets and Sources of Oral Corrective Feedback in English as a Foreign Language Classrooms: Are Students' and Teachers' Beliefs Aligned? *Frontiers in Psychology*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.697160>
- Inci-Kavak, V. (January 2019) Exploring the Gap between Instructors' and Learners' Preferences about Error Correction. *ELT. Journal of Theoretical Educational Science*, 13(1), 116-146. <http://dx.doi.org/10.30831/akukeg.537175>
- Junfei Li, & Dingliang Tan, (2022) Resurveying Corrective Feedback Meta-Analysis, *Mobile Information Systems*, vol. 2022, Article ID 3444160, 9 pages, <https://doi.org/10.1155/2022/3444160>
- Katayama A. (2007) Japanese EFL Students' Preferences toward Correction of Classroom Oral Errors. *The Asian EFL Journal*, 9(4), 289-305.
- Krashen, S.D. (1982). *Principles and practice in second language acquisition*. Oxford: Pergamon Press.
- Lee, E. (June, 2013) Corrective feedback preferences and learner repair among advanced ESL Students. *Science Direct*, 41(2), 217-230. <https://doi.org/10.1016/j.system.2013.01.022>
- Lee, N. (1991) Notions of "error" and appropriate corrective treatment. *Hong Kong Papers in Linguistic and Language Teaching*, v14, 55-70 <https://www.semanticscholar.org/paper/NOTIONS-OF-%27ERROR%27-AND-APPROPRIATE-CORRECTIVE-Lee-Baptist/27698674ccdeb7d4bf8b80ce2fe5761ca516f791>
- Lizazi-Mbanga, B. & Mapulanga, P. (Aug 2021) Factors that influence attitudes to and perceptions of public libraries in Namibia: user experiences and non-user attitudes. *SA Jnl Libs & Info Sci* 2021, 87(2).

- Lorincz, K (2014) L2 Learner Perceptions of Interactional Feedback, 1: Vol. 3 , Article 10. Available at: https://repository.stcloudstate.edu/stcloud_ling/vol3/iss1/10
- Lwin, S. M., & Yang, D. (2021). Oral corrective feedback in a chinese university EFL classroom context. *Malaysian Journal of ELT Research*, 18(2), 32-47. doi: <https://doi.org/10.52696/WIVS9084>
- Lyster, R., & Ranta, L. (1997). Corrective feedback and learner uptake: Negotiation of form in communicative classrooms. *Studies in second language acquisition*, 19(1), 37-66.
- Milla Melero, R (2011) Corrective feedback in oral interaction: A comparison of a CLIL and an EFL classroom. Master Thesis. Universidad Pais Vasco.
- Oladejo J. (1993) Error correction in ESL Learners` preferences. *TESL Canada Journal*, (10)2, 71-89.
- Pickens, J. (2020) Attitudes and Perceptions Chapter 3 in Borkowski, N. and Meese, K.A., 2020. *Organizational behavior in health care*. Jones & Bartlett Learning . <https://pdf4pro.com/view/attitudes-and-perceptions-jblearning-com-45ed70.html>
- Rezaei, S., Mozaffari, F., & Hatef, A. (March 2011) Corrective Feedback in SLA: Classroom Practice and Future Directions. *International Journal of English Linguistics*.1(1).
- Tavacoli, M & Nourollah Z. (June, 2016): Differential effects of explicit and implicit corrective feedback on EFL learners' willingness to communicate. *Innovation in Language Learning and Teaching*, DOI: 10.1080/17501229.2016.1195391
- Tomczyk, E. (September 2013) Perceptions of Oral Errors and Their Corrective Feedback: Teachers vs. Students. *Journal of Language Teaching and Research*, Vol. 4, No. 5, pp. 924-931.
- Truscott, J. (1999). What's wrong with oral grammar correction. *The Canadian Modern Language Review*, 55(4), 437-456. <https://doi.org/10.3138/cmlr.55.4.437>
- Tsuneyasu, M. (2016) Teacher's tendencies and Learner's preferences regarding corrective feedback types. *International Christian University Repository*. oai:icu.repo.nii.ac.jp:00004450



Digital Competences of English University Teachers at Universidad Americana of Costa Rica

Competencias Digitales de los Docentes de Inglés de la Universidad Americana de Costa Rica

Mario Esteban Alpízar Rodríguez¹ <https://orcid.org/0000-0003-0254-5680>

¹Universidad Americana, San José, Costa Rica
mario.alpizar1@uamcr.net



Esta obra está bajo una licencia internacional
Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0.

Sent: 2023/09/26
Accepted: 2023/12/14
Published: 2023/12/30

Abstract

Technology has come to society bringing with it an endless number of new applications and accessories that have facilitated the daily life of many at work, school and family level. These technologies have impacted all spheres of society, so the process of education is permeated by these changes, and therefore all levels of education. In the case of university teaching, the role of the teacher is in a period of change, in which the teacher must have the adequate and effective technological knowledge and skills. So, the objective of this study is to identify the digital competences of university teaching staff, in this case, the teachers of the English Language Teaching major of Universidad Americana, through an interpretative qualitative study. It was intended to know through an in-depth interview applied to the English teachers, about the knowledge on the use of new technologies in their courses. Within the results, it can be ascertained that English Language teaching staff of Universidad Americana of Costa Rica have an appropriate level of digital teaching competences despite the fact that they have obtained through empirical means, with a self-taught attitude and with their own experimentations in the teaching and learning process. Among the recommendations, it can be mentioned that the use of ICT leads to a process of constant updating of new applications, devices and software, which should be a teaching commitment to be carried out for life.

Keywords: Digital competences, teachers' competences, didactical resources use, technological competences, Information and Communication Technologies.

Summary: Introduction, Method, Results and Discussion and Conclusions and Recommendations.

How to cite: Alpízar, M. (2023). Digital Competences of English University Teachers at Universidad Americana of Costa Rica. *Revista Tecnológica - Espol*, 35(3), 193-210.
<http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/1080>

Resumen

La tecnología ha llegado a la sociedad trayendo consigo un sinnúmero de nuevas aplicaciones y accesorios que han facilitado la vida diaria de muchas personas en el trabajo, la escuela y la familia. Estas tecnologías han impactado en todas las esferas de la sociedad, por lo que el proceso educativo está impregnado de cambios, y esto aplica a todos los niveles de educación. En el caso de la docencia universitaria, el papel del profesor está en un período de cambio, en el que el docente debe tener los conocimientos y habilidades tecnológicas adecuadas y efectivas. Por lo tanto, el objetivo de este estudio es identificar las competencias digitales del personal docente universitario, en este caso, los profesores de la carrera de Enseñanza del Idioma Inglés de la Universidad Americana, a través de un estudio cualitativo interpretativo. Se indagó, a través de una entrevista de profundidad aplicada a los docentes de inglés, su conocimiento sobre el uso de las nuevas tecnologías en sus cursos. Dentro de los resultados, se puede afirmar que el personal docente de enseñanza del idioma inglés de la Universidad Americana de Costa Rica tiene un nivel adecuado de competencias digitales a pesar de haberlas adquirido de forma empírica, con una actitud autodidacta y a través de sus propios experimentos y adaptaciones en el proceso de enseñanza y aprendizaje. Entre las recomendaciones, se puede mencionar que el uso de las TIC conduce a un proceso de actualización constante de nuevas aplicaciones, dispositivos y software, lo cual debería ser un compromiso docente que se lleve a cabo de por vida.

Palabras clave: Competencias digitales, competencias docentes, uso didáctico de recursos, competencias tecnológicas, Tecnologías de la Información y Comunicación.

Introduction

Information and Communication Technologies (ICT), defined as technological resources composed of equipment, devices, programs and applications necessary for the storage and transmission of information through the Internet interface, have impacted most spheres of society due to the need for acceleration and efficiency in the so-called digital society (Borromeo and Ramírez, 2016; Echeverría, 2014).

Education is one of the spheres of society that has been influenced and permeated by these new technologies, transforming the educational field and its actors. Teachers are an essential part of the teaching process and greatly influence learning. Therefore, it is vital that they have the appropriate skills, knowledge and competences to promote and establish suitable spaces for knowledge creation and skills development through the use of ICT, according to the demands of the 21st century (Carballo, et al, 2015).

When competence is dimensioned to the actions of the teacher, a variety of teaching competences are linked to the interdisciplinary field covering pedagogical, curricular, didactic aspects, among others. Through the Common Framework of Digital Teaching Competence, issued in Spain in 2017, there is a basis for digital teaching competences in the context of higher education. To reinforce the previous statement, the study of Salinas, Benito, and Lizana (2014) indicates that among the components that must include are both technological knowledge and the pedagogical aspect, as well as the effect of technological devices on both people and the teaching process.

The teacher does not only need to be literate in the use of technologies but also to combine different teaching competences and adapt them to an integral use of technologies. Additionally, the teacher must be a learning companion, requiring skills that allow the development of a complex set of tasks and skills that involve support in the cognitive, socio-affective, and didactic plans (Gros, 2011).

Based on this premise, the purpose of this research is to describe the digital skills possessed by university teachers of the English Teaching major and its graduate programs at the three campuses of Universidad Americana in Costa Rica.

Background on models and frameworks of digital teaching competences

Digital competences are described by Sánchez, Gama, and Zanatta (2015) as the knowledge and management of ICT by users. The teacher, through digital competences, is able to design materials and instructional strategies according to the needs of the current century, adapting to the technological advancements of the time (Aguirre & Ruiz, 2012).

Among the diverse models of digital teaching competences analyzed, some examples include:

Tabla 1

Digital competences models

Model's author	Description
iSkills (2007)	Developed by the Educational Testing Service, from now hereinafter ETS, measures the ability to think critically in a digital environment through a series of real-world tasks.
NETST (2008)	The National Educational Technology Standards for Teachers model developed by the International Society for Technology in Education, hereinafter ISTE, specifies the conditions for an adequate integration of technology in education.
Koehler and Mishra (2008)	The TPACK model (Technological Pedagogical Content Knowledge), updated in 2016 with a second edition, focuses on the knowledge and skills teachers need to meaningfully integrate technology into instruction in specific content areas.
ACTIC model (2009)	The model of the ACTIC project (Accreditation of Competences in Information and Communication Technologies), developed jointly by various departments of the government of Catalunya, highlights eight competences broken down into competency actions.
Pozos (2010)	The model focuses on the integration of the Digital Competence of University Professors in their Professional Teaching Development.
Prendes (2010)	The model named "Competencias TIC para la docencia en la Universidad Pública Española" allows the analysis of competences exclusively within the university context.
UNESCO (2008, 2016)	The framework called the "UNESCO ICT Competency Framework for Teachers" is an update of the original version published in 2008. This framework encompasses both the technological aspects in conjunction with the aspects related to the pedagogical work, within the term competence.
Carrera and Coiduras (2012)	The model focuses on inquiring about the components of digital competence that are common to teachers and students.
Larraz (2013)	The model developed called "Digital Competence at the University", defines the concept of digital competence and proposes a rubric to work around four literacies: informational, technological, multimedia and communicative.
Ferrari (2013)	The DIGCOMP model by the Institute for Prospective Technology (IPTS) of the European Commission, is a project on digital competence to improve the understanding and development of this competence at European level.
Fraser et al (2013)	The DigiLit Leicester framework, created with the collaboration of the Department of Education of Leicester (United Kingdom), Montfort University and 25 schools in the city, distinguishes 6 areas of competence.
Ramirez and Casillas (2014)	In their book called "Háblame de TIC. Tecnología Digital en la Educación Superior", talk about new skills and digital knowledge for university teachers.
Rangel (2015)	Presents the proposal of a profile of digital teaching competences and describes thirteen competences grouped into three dimensions: technological, informational and pedagogical.
INTEF (2017)	The model "Marco Común de Competencia Digital Docente", developed by Instituto Nacional de Tecnologías Educativa y de Formación del Profesorado from Spain, hereinafter INTEF, makes a proposal that specifies digital competence through 21 sub-competences organized into 3 levels of domain and five competence areas.

Model's author	Description
Pinto, Cortés, and Alfaro (2017)	The Spiral Development Model of TICTACTEP Competences focuses on teaching practices, on the flexible and genuine use of digital technology, beyond its instrumental use and its pedagogical articulation, oriented to educational innovation.

Source: Own elaboration based on Durán, et al (2016).

The previous models encompass a number of different competences based on the various contexts in which they are implemented and developed. For the purposes of this research, they are counted and analyzed to understand the corresponding components, elements, and acquire different perspectives on them. Additionally, the study conducted by Durán, Gutiérrez, and Prendes (2016) is of great assistance in comprehending the different models or frameworks of digital teaching competences and how these models can be classified according to dimensions or categories. This analysis is presented in the following table, which is used to synthesize the information.

Tabla 2

Dimensions and competences

Dimensions	Authors	Identified Competences
Technical knowledge of devices, applications, networks, among other ICTs	Koehler and Mishra (2008)	The technological competences described as knowledge about technological capabilities and applications.
	ACTIC model (2009) Prendes (2010)	They coincide about the knowledge, management and use of devices, operating systems, processing of text, image, numerical, data, audio, and video files, as well as navigation and communication through the network
	UNESCO (2011) Carrera and Coiduras (2012) Rangel (2015)	They coincide about the knowledge about devices, computer tools and network applications, and ability to evaluate their didactic potential. There is an informational dimension that includes localization and retrieval skills, ethical, and legal analysis, and selection of information.
	Larraz (2013)	Considers two categories, the technological one that includes competences such as digital citizenship, the organization and management of hardware and software, the processing of data in different formats and network communication and the second category called multimedia that includes competences such as creation of multimedia messages from a critical dimension.
	Ramirez and Casillas (2014)	Digital knowledge in terms of technological appropriation by teachers, instead of digital skills. Therefore, they include skills as part of practical knowledge.
	Larraz (2013)	Communication of knowledge from an international approach, then technological communication, digital citizenship, and the creation of multimedia messages.
	Ramirez and Casillas (2014)	Includes elements of communication, such as: the use of WhatsApp, chat, email, social networks, distributed learning platforms, blogs, video calls and text messages, the use of social web services to subscribe, read, publish, participate in forums, consult <i>wikis</i> , and use social networks.
Communication and information	ETS (2007)	Knowledge to collect and / or retrieve information from the network
	ACTIC model (2009) Ferrari (2013)	They coincide on the efficient treatment and management of the information existing in the web encourages collaboration, creation and participation in virtual media
	Carreras and Coiduras (2012) Fraser et al. (2013).	
	Koehler and Mishra (2008)	It includes two categories, one of pedagogical competences and another of disciplinary competences.
Pedagogical, methodological, didactic and evaluative elements	UNESCO (2011)	It includes the categories of curriculum, assessment, and pedagogy
	Pozos (2010)	The didactic, curricular, and pedagogical aspect around the use of ICT, which contemplates the planning and design of learning experiences in face-to-face, virtual and hybrid environments.

Dimensions	Authors	Identified Competences
	Carrera and Coiduras (2012)	The design of activities and situations of learning and evaluation that incorporate ICT according to their didactic potential.
	Rangel (2015)	It includes the pedagogical dimension in its profile of digital competences, which is structured of competences such as critical and favorable attitude to the possibility of integrating ICT in teaching practice, design and implementation of teaching and learning strategies mediated by ICT.
	Pinto, et al (2017)	Composed of technological, pedagogical, communicative, management and research competences, whose spiral format allows enriching the educational process based on the potential impact on innovation processes and social appropriation of knowledge.
Cybersecurity, access to adequate and updated equipment, instruction, digital identity, legality, and ethics around the use of ICT	ISTE (2008)	They coincide in promoting responsibility and digital citizenship
	ACTIC model (2009)	
	Fraser et al. (2013)	
	Pozos (2010)	It includes diversity, ethics and responsible use of ICT and awareness about the environment, health, and occupational safety with the use of ICT in the teaching profession
	Ramirez and Casillas (2014)	Digital citizenship composed of more specific elements to reflect on the duty of safety, access, and instruction for both the teacher and the educational community
Teacher training on the use of ICT	Prendes (2010)	Teacher training and innovation with ICT for the performance of its tasks.
	Fraser et al. (2013)	Technology that supports professional development
	UNESCO (2008)	The ability to create, distribute, share, and use new knowledge by integrating technological skills in all its contexts, including university teaching

Source: Own elaboration based on *Durán, Gutiérrez, and Prendes (2016)*.

This table enabled us to understand the contributions of the different models analyzed regarding the types of competences present in other contexts and how they can be structured based on different categories or dimensions depending on the educational scenarios in which they are developed. As well, it is of great importance to understand the field, how the competences can be classified, which one of them are really necessary for the teacher's work and which ones are contemplated from different perspectives and also, they were relevant to distribute these competences among different dimensions in the instrument.

Use of ICT in University Teaching

A large number of tools, resources, media, and formats enable didactic strategies to facilitate the construction of knowledge according to the needs of students in the educational environment of the 21st century (Basantes et al., 2017).

First, Clavijo and Quintero (2012) identified areas of improvement through a mixed methodology. These areas include pedagogical training on the use of ICT and the multiplicity of teaching requirements and challenges required to achieve an efficient and appropriate integration of these technologies. Similarly, Echeverría (2014), through a quantitative study based on the opinions of teachers at the School of Counseling and Special Education of the University of Costa Rica, highlights the importance of teacher training on the didactic use of ICT.

Additionally, the quantitative research by Ramirez and Borromeo (2016) presented the results of two postgraduate studies, identifying teacher training on the use of ICT and the underutilization of resources as weaknesses resulting from a lack of training. This coincides with the findings of the research conducted by Rodríguez, Restrepo, and García (2017), which emphasizes, through a quantitative approach, the underutilization of technological resources by teachers due to a lack of appropriate training in the use of ICT.

Considering the aforementioned cases, it is evident that the use of ICT is not solely about the management and technical knowledge of applications, capabilities, networks, and software. It is important to complement technical knowledge with didactic aspects in the context of university work. The routes taken by teachers in this regard must align with the curriculum of each course and program. The mixed study conducted by Fallas (2014) allowed for the consolidation of ICT competences and identified that dedication and interest in ICT by teachers, along with reflective use focused on the design and development of learning experiences that apply creative and productive approaches, are necessary.

Another interesting case regarding interest and teaching commitment to the use of ICT is highlighted in the qualitative study carried out by Chaves, Chaves, and Rojas (2015). This study identified and analyzed areas of improvement such as the optimal level of ICT use by teachers and bridging the gap in terms of the physical technological resources available on campus and the wide range that exists in the market.

In the quantitative study by Sánchez et al (2015), among the identified areas of improvement, there is a particular emphasis on the lack of promotion of the production and management of digital resources by both students and teachers. Additionally, continuous updating and teacher training on different ICTs, as well as the need for digital skills in relation to the teaching profession, are highlighted.

The analysis conducted allows us to understand that there is indeed an underuse of ICT, as well as its potentialities, in the context of university teaching. Furthermore, relevant elements such as training, the didactic approach, technical knowledge, and the commitment of teachers to update devices and utilize the features of these resources, as well as the need for digital skills among university teachers, have been identified.

Context and approach to the research problem

At this point, the following guiding question arises for this research process: What are the digital competences possessed by university teachers of the School of English Teaching at Universidad Americana?

The English Teaching program at Universidad Americana is taken into consideration, as it has been the place of work for the researcher for over 7 years. The study aims to address the university teachers of the said school across the three campuses of Universidad Americana in Costa Rica. Furthermore, considering the context of the institution and the existing research conducted to date, it can be noted that the issue of digital competences in university teachers of the English Teaching program has not been previously addressed.

Based on the previously assessed background and analysis, the research question for this project is as follows: What are the digital competences possessed by university teachers of the English Teaching program at Universidad Americana in Costa Rica?

General objective

To describe the digital competences possessed by university teachers of the English Teaching program at Universidad Americana of Costa Rica.

Specific objectives

1. To identify the digital competences possessed by university teachers of the English Teaching program.

2. To understand the digital competences possessed by university teachers of the English Teaching program.

Method

Research focus

This research process is based on elements of qualitative research, specifically a phenomenological approach, as it aims to understand the reality of the digital competences that university teachers possess. As a phenomenological study, the intention is to gain insights through a qualitative approach by exploring the perspectives of the subjects related to the study problem. They will express their management and knowledge about the use of new technologies. This study follows an interpretative approach, as described by Ceballos-Herrera (2009), who argues that reality is constructed by the people involved in the problem being studied. Their individual perspectives converge, shaping the ontological character of the object of study. Building upon Ceballos' work (2009), the interpretative qualitative paradigm aims to reduce the separation between the object of study and the individuals involved.

In terms of its axiological character, Ceballos (2009) states that knowledge is a personal elaboration, and the importance given to the reality of each participant may vary. Therefore, the researcher must acknowledge their own experience or intentions regarding the object of study to ensure the research process remains unbiased.

Participants

To conduct this research, Universidad Americana of Costa Rica was selected, specifically focusing on the university teachers of the English Teaching program from the three existing campuses in the national territory. Since this program is currently undergoing reaccreditation by the National Accreditation System of Higher Education of Costa Rica, it is interesting to analyze this particular unit and determine the digital competences possessed by these individuals.

The selection of participants was based on voluntary participation, as the opportunity was offered to several teachers taking into account their differing schedules. Subsequently, convenience sampling was employed (Tamayo, 2001) using criteria such as representativeness of each campus, the type of course taught, age group, among others. Furthermore, in order to include samples from all three campuses that constitute the population, teachers were chosen from each campus, namely San José, Cartago, and Heredia.

Data Collection instruments

As indicated by Robles (2011), the in-depth interview is the ideal instrument as it follows a conversational model between equals, enabling a deeper understanding of the context related to the object of study. This instrument will facilitate the acquisition of characteristics and fundamental aspects from the interviewees and those involved with the object of study.

Development and implementation of the instrument

The dimensions addressed in the interview are as follows: Teacher Training on the use of ICT, which includes four items; Appropriation and Teaching Experience, which includes four items; Digital Literacy, which is structured by seven items; and Challenges and Teaching Commitment, which consists of five items.

It is worth noting that the instrument was validated through the judgment of experts in the field. Three teachers with expertise in the use and appropriation of ICT in university teaching provided their observations to refine the questions and ensure the validity of the in-

depth interview instrument. To ensure a conducive context for data collection without any intervention, the interviewees were asked to convene in a virtual meeting room on the Microsoft Teams platform of Universidad Americana. This approach adhered to the health protocols of the university in response to the Covid-19 pandemic.

Data Analysis

The data is entered into the Atlas.Ti software to facilitate appropriate data analysis. This enables the categorization, encoding, and organization of the obtained information into data families.

Through the use of the Atlas.Ti software, it is possible to identify keywords that generate inputs for further analysis. Additionally, this software allows the information from the answers to be captured in semantic networks, enhancing understanding and presenting relevant information in a visual manner.

Results and Discussion

The first section provided information regarding the demographics of the individuals interviewed, including their age range, their profession, their number of years of teaching experience in university level and their highest academic degree.

Tabla 3

Demographics

Age range	Profession	Number of years teaching experience in higher education	Highest academic degree
This characteristic spans from 30 to 49 years old	English teachers in the university	The range varies from 5 to 23 years	Three of the interviewees hold a Graduated English Language Teaching Degree
	They have additional jobs in the Ministry of Public Education or private educational institutions, and even in other fields such as sociology and finance analysis.		Three of the interviewees hold a master's degree related with Education
	It highlights the reality in the country, where it is common and necessary to have multiple jobs for economic, professional, or experiential reasons.		

Source: Own elaboration based on the obtained information.

The information is gathered and analyzed using the Atlas.Ti software. The first category is represented by a semantic web, which enhances understanding of the data relationships.

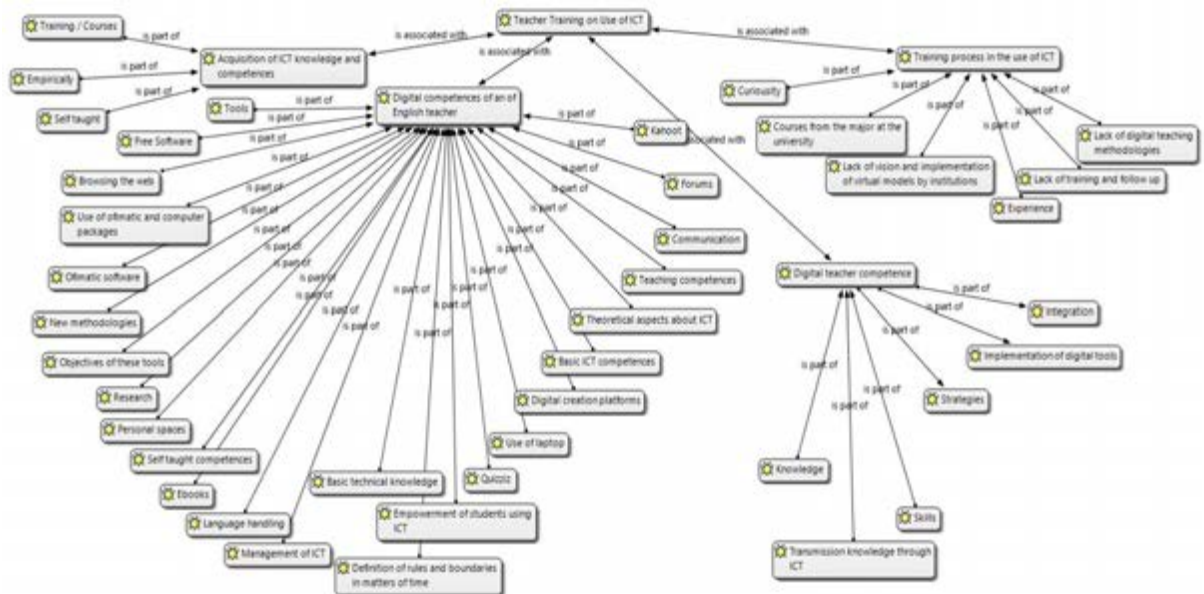
Continuing with the second section of the interview, which focuses on Teacher Training on the use of ICT, the majority of university teachers in the English teaching program at Universidad Americana are familiar with the term "digital teaching competence." They agree that it encompasses the knowledge, skills, and strategies required for implementing ICT, including the use of technological tools to create learning environments, promote communication, and enhance the teaching process.

These teachers have acquired their digital ICT skills through a combination of self-learning and online training offered by other institutions. It is worth noting that all interviewees

agree on being self-taught and express a willingness to experiment with new digital tools, especially during the pandemic.

Figure 1

Category: Teacher Training on the use of ICT



Source: Own elaboration through Atlas.Ti

Regarding their training process in the use of ICT, different perspectives emerge. In some cases, they describe it as simple, as some of them are digital natives with prior experience in using ICT tools. They also highlight the attitudes required for experimentation and integration, such as patience and careful consideration to maximize the use of these technologies.

In other cases, they indicate that the training process was complicated due to the lack of institutional training and follow-up on methodologies and techniques that integrate the use of ICT, such as creating learning environments, adopting new perspectives, and implementing virtual or distance learning models.

Moving on to the essential digital competences that university teachers in the English teaching program should possess, they point out the importance of understanding the theoretical aspects of ICT, knowing how to use tools and their objectives, creating and utilizing digital platforms, engaging in forums, using tools like Quizziz, Kahoot, and eBooks. Several interviewees agree that having basic technical knowledge about ICT, such as familiarity with hardware and devices, internet browsing skills, and promoting student empowerment in ICT usage, is crucial.

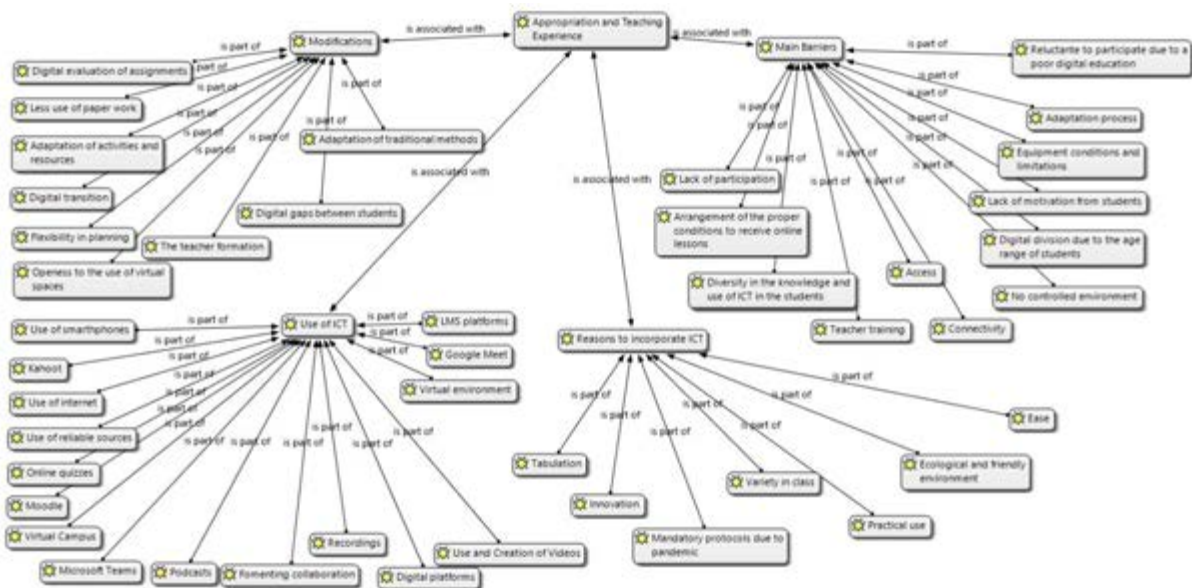
Additional criteria include defining rules and boundaries for using these tools, respecting service hours and personal spaces, adopting new methodologies, utilizing office packages, employing IOs, Linux, and free software, utilizing digital platforms, and continuously updating knowledge about these tools.

The next section of the interview focused on Appropriation and Teaching Experience, specifically regarding the use and integration of ICT in their courses. Teachers expressed varied

perspectives, with some emphasizing their teaching methodologies while others focused on the specific tools they use. The following semantic web provides further details on this category.

Figure 2

Category: Appropriation and Teaching Experience



Source: Own elaboration through Atlas. Ti

Some teachers indicated that they encourage collaboration, the use of the internet, reliance on credible sources, and the utilization of virtual environments. Others focus on the tools they employ to develop their courses, but they do not describe the methodologies or techniques they apply or their intended purposes. Some of the mentioned tools include Moodle, Microsoft Teams, Google Meet, online quizzes, digital platforms, video podcasts, Kahoot, interactive boards, recordings, and the use of the university's virtual campus.

In addition to the mandatory transition to virtual education due to protocols and the pandemic, teachers cite various reasons for incorporating ICT. These include fostering innovation, facilitating access, ensuring ease of use, enhancing practicality in aspects of rules, organization, and evaluation, and staying updated with teaching knowledge. They also mention the ecological benefits of using these technologies to promote environmentally friendly practices.

Regarding the main barriers faced in integrating ICT into university teaching, teachers highlight limited access and connectivity to the internet for students residing in remote rural areas. They also mention a lack of enthusiasm, motivation, and reluctance among students to participate in virtual environments due to inadequate education and digital culture. Another relevant aspect is the lack of diversity in ICT usage among students, as well as challenges related to adaptation processes, insufficient suitable equipment, and controlled spaces to facilitate virtual classes.

Moving on to changes or modifications made in didactic activities through the use of ICT, some teachers indicate that the changes are minimal because they possess training or experience in ICT and feel confident in its use. In other cases, a transition from traditional methods to new ones that incorporate ICT is observed. Additionally, the digital transition accelerates certain actions such as evaluation, data tabulation, and automated checks. The

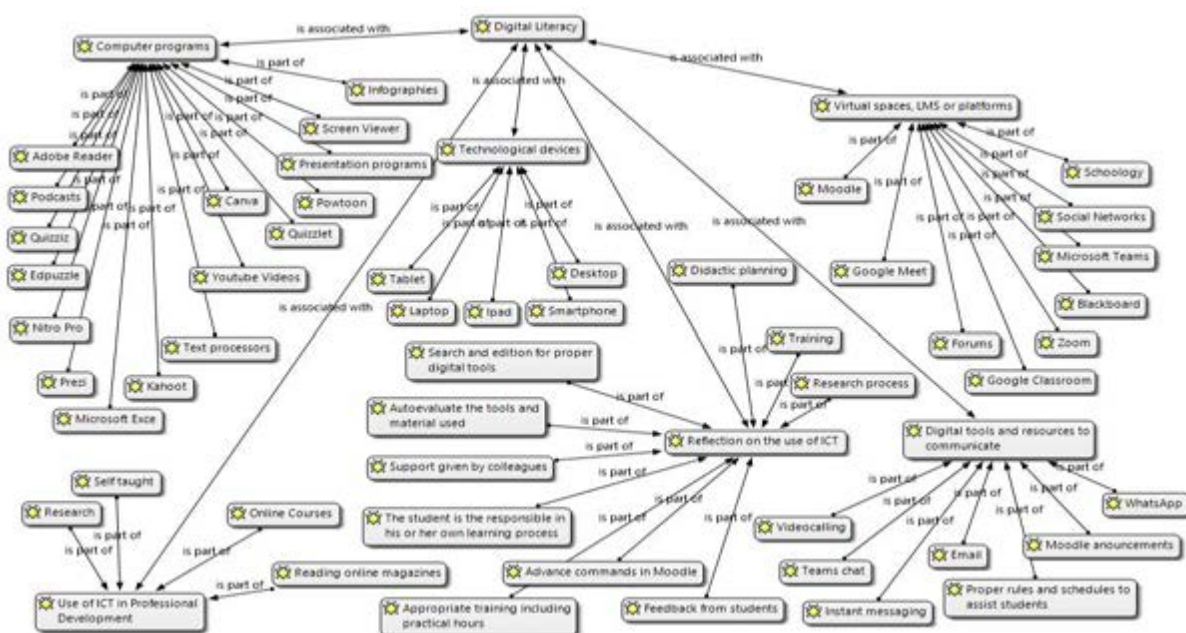
promotion of paperless practices in favor of the environment is also emphasized as a notable change in their courses.

Other cases involve trial and error in the process of integrating ICT, considering different student conditions, addressing gaps in digital literacy, and dealing with limited support from educational institutions. Furthermore, changes resulting from the inclusion of videos, audios, digital platforms, and other innovations, such as students recording videos using puppets and scripts, are mentioned.

For the third section, a semantic web is displayed to enhance understanding of the relationships within the data.

Figure 3

Category: Digital Literacy



Source: Own elaboration through Atlas. Ti

Regarding Digital Literacy, teachers indicated that among the tools they use are office programs such as Microsoft Excel, PowerPoint, Word, and Outlook, as well as other word processors. They also mentioned websites like Canva and Prezi for creating presentations, including the use of infographics. Other tools mentioned include PowToon, Kahoot, Quizizz, Quizlet, Nitro, Edpuzzle, podcasts, Adobe Reader, and YouTube for video creation and editing.

To facilitate communication in the classroom, professors utilize virtual spaces and collaboration platforms with educational purposes. These include Microsoft Teams and Moodle, which are the official communication channels of the university. Additionally, email and instant messaging applications in Teams and Moodle are used. For communication within the student and academic community, teachers mentioned WhatsApp groups, forums, announcements in Moodle, Google Meet, Zoom, social networks, and video calls. Some teachers have also had experiences with Google Classroom.

Interestingly, no teacher mentioned the use of Cambridge LMS and Cambridge One, despite the fact that these platforms are required for the development of service English courses and oral communication courses at the university.

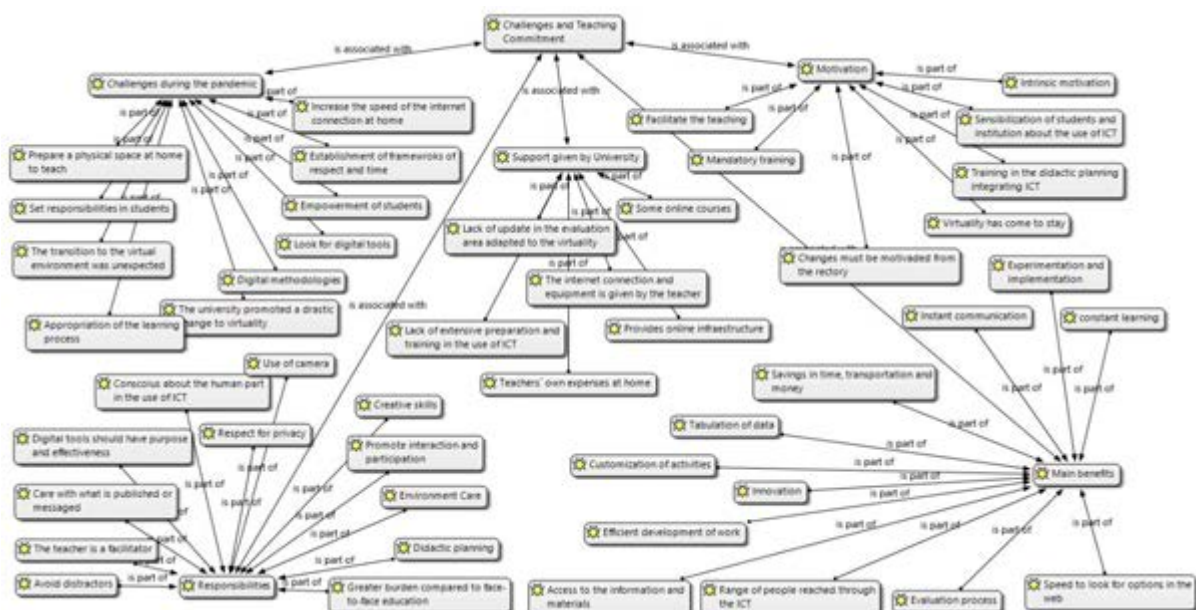
In terms of technological devices, teachers use personal computers, including both desktop and laptop computers. They also utilize smartphones, and in a few cases, tablets and iPads. Regarding their own professional development using ICT, some teachers mentioned attending training courses, while those who consider themselves self-taught mentioned reading online materials such as research papers and magazines. They also mentioned using manuals and online videos for assistance.

Teachers emphasize the importance of reflecting on the use of ICT and identifying areas in which they need to improve their knowledge and application to enhance their teaching. They recognize that reflection is extremely necessary in guiding the process of didactic planning. Teaching planning is considered the ideal time to evaluate experiences with the use of ICT, including tools, materials, and recommendations from colleagues that have proven to be productive. Areas for improvement within ICT mentioned by teachers include the use of advanced commands in Moodle and feedback obtained from students through Google Forms.

The final semantic web provides the concluding information for the last category to be analyzed, which pertains to challenges and teaching commitment.

Figure 4

Category: Challenges and Teaching Commitment



Source: Own elaboration through Atlas.Ti

In the last section regarding Challenges and Teaching Commitment, the teachers mentioned that several factors motivate the use of ICT to support the teaching process. These include mandatory and updated courses or training on the use of ICT and the methodologies and techniques associated with them. Intrinsic motivation plays a role in the duty to use ICT in the classroom. These new technologies should be seen as allies that facilitate the teaching process, and there should be awareness among students and the institution about their use.

At this point, it is mentioned that changes must come from the administration, who are the leaders of the university, by promoting training and support for both teachers and students. Currently, such support has been minimal.

Regarding the responsibilities that come with the use of ICT, teachers indicate that clear rules and instructions must be stipulated to avoid distractions such as social networks or chats during class. Privacy should also be respected, as students are responsible for their own learning process, and the teacher serves as a facilitator. Other points to consider are that didactic tools must have a purpose, and both the teacher and the student must understand it. Interaction and participation in class should be promoted by turning on the camera and using the microphone.

Among the benefits that teachers have obtained from the use of ICT are efficient work development, experimentation and implementation, quick and agile searches for tool options on the Internet, information tabulation, the opportunity to customize activities based on students' English proficiency level, instant communication, access to materials and information, economic savings and time saved on transportation and meals in university facilities, and finally, innovation.

The teachers mention that they faced several challenges during the adaptation of their courses to a completely virtual environment due to the pandemic. These challenges include searching for digital tools and methodologies, defining student responsibilities regarding the learning process, empowering students, and establishing rules and boundaries in virtual environments.

Other significant challenges include finding an ideal physical space to teach classes, preparing the work area, improving Internet connection speed, purchasing accessories and additional equipment, all of which resulted in financial expenses for the teachers. The transition to the virtual environment was unexpected, and the university promoted a drastic shift to virtuality without providing further preparation for the teachers due to the pandemic situation.

In response to the last question in the interview about the university's support in terms of infrastructure and preparation in the use of ICT, the teachers indicated that the university provides online technological infrastructure through Microsoft Office 365, which includes Microsoft Teams, Moodle, the virtual campus and, the rest of applications of Microsoft. However, the equipment and connection are provided by the teachers themselves, resulting in financial expenses borne by the teachers.

Additionally, it is mentioned that extensive preparation or training in the use of technologies was not provided, although short courses were offered to address this issue. However, these short training sessions would be much more effective in a face-to-face or hybrid model where practical aspects can be developed, rather than solely focusing on the theoretical part.

Conclusions and Recommendations

As can be seen, the English teachers of Universidad Americana of Costa Rica have acquired their level of digital teaching competences through empirical means and online courses. However, they have always approached it with a self-taught attitude and their own experimentation in the teaching and learning process. Patience and caution were identified on the part of teachers when planning and using ICT tools in their courses. Therefore, they do not take it lightly, as they are also interested in verifying the theory behind each new tool, application, methodology, or technique that they use.

There is still confusion among the teaching staff regarding what digital teaching competences truly encompass. This confusion is evident in their responses when asked about

certain software or features, where they tend to focus solely on the tools or didactic materials they use as teachers. It should be understood that a competence is composed of several elements, with the tools being just one part.

Regarding the identification of digital competences by the English teaching staff of Universidad Americana of Costa Rica, an appreciation of theoretical aspects of ICT can be observed. They also show an understanding of the possible objectives, uses, and methodologies in the classroom. It is evident that there is a trial period to improve and adapt the didactic use of ICT in their classes. Teachers use software packages and office programs, create and use platforms, utilize online forums and eBooks, and employ other types of software such as iOS or Linux, including free software. Additionally, they make use of virtual platforms for the development of their activities, encouraging both individual and collaborative work among their students to promote student empowerment. Some of these platforms include learning management systems (LMS) like Moodle and Microsoft Teams. They also mention using other options as contingency plans or in other institutions where they work. Examples of different LMS they are familiar with include Blackboard, Schoology, and Google Classroom. As for virtual meeting platforms, they use Zoom and Google Meet.

Among the applications these teachers use are Kahoot, Quizziz, Quizlet, presentation programs such as Microsoft PowerPoint, Prezi, or Canva, word processors, Powtoon, Screen Viewer, Edpuzzle, among others. For communication purposes, the most common applications used are WhatsApp and email, although very few use the instant messaging features of Microsoft Teams or Moodle. Additionally, one aspect that received significant attention is the definition of rules, limits, and schedules related to attention, class, communication, and personal spaces between students and teachers, as well as among colleagues.

Most teachers primarily use laptops and smartphones, while very few use tablets. Another important aspect related to devices is that they possess some technical knowledge of the equipment and hardware they operate. This indicates the importance of avoiding the need to call technical support, allowing any device-related issues, connectivity problems, or other eventualities to be addressed as soon as possible without disrupting class time.

Within the understanding of these digital teaching competences, it can be noted that teachers are interested in new methodologies to guide their work through the use of ICT. Since the transition to virtual environments due to the pandemic, they have faced challenges such as lack of student motivation, interest, and commitment, as well as technical difficulties such as poor-quality connectivity and interference due to weather or inadequate infrastructure. These problems can be addressed through training, and it is even suggested that such training should be mandatory for educational institutions as we move toward a completely virtual or bimodal era.

It is emphasized that thorough planning allows reflection on the used ICT tools and methodologies, thereby improving the curriculum and the learning process.

Based on the above, it can be concluded that the English teaching staff of Universidad Americana of Costa Rica has described their digital teaching competences due to their interest in innovation, improving their classes, and the abrupt transition caused by the pandemic.

Among the recommendations, it should be mentioned that the use of ICT needs a constant process of updating knowledge about new applications and software. This should be a lifelong commitment for teachers. Furthermore, there must be a commitment not only from

the teachers but also from the universities to provide their English teachers with the appropriate equipment and infrastructure to carry out their work in the most effective way possible. This can be achieved through training, not only at a theoretical level but also at a practical level to develop their digital teaching competences. As the English teachers mentioned, ICT provides numerous benefits, such as tools that expedite the planning and mediation process in both teaching and learning, which is very helpful for them.

References

- Aguirre, G., & Ruiz, M. (2012). Competencias digitales y docencia: una experiencia desde la práctica universitaria. *Innovación educativa (México, DF)*, 12(59), 121-141. Recuperado en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-26732012000200009&lng=es&tln=es.
- Borromeo, C., & Ramírez, M. (2016). Uso de redes sociales en docentes de lengua inglesa y pedagogía: ¿Diferencias por disciplina? *Revista Ensayos Pedagógicos*, 189-205. <https://doi.org/10.15359/rep.esp-16.10>
- Chaves, O., Chaves, L., & Rojas, D. (2015). La realidad del uso de las TIC y su mediación pedagógica para enriquecer las clases de inglés. *Revista Ensayos Pedagógicos*, 10(1), 159-183. <https://doi.org/10.15359/rep.10-1.8>
- Carrera, F.X. & Coiduras, J.L. (2012). Identificación de la competencia digital del profesor universitario: un estudio exploratorio en el ámbito de las ciencias sociales. *REDU. Revista de Docencia Universitaria*, 10(2), 273–298. <https://doi.org/10.4995/redu.2012.6108>
- Ceballos-Herrera, F. (2009). El informe de investigación con estudio de casos. *Magis, Revista Internacional de Investigación en Educación*, Vol 1, Número 2, pp 413-423. Retrieved from: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=281021548015>
- Clavijo, A., & Quintero, L. M. (2012). Una experiencia de formación inicial de docentes de inglés para la inclusión de las TIC en la enseñanza de lenguas. *Folios*, 1(36), 37–49. Retrieved from: <https://doi.org/10.17227/01234870.36folios37.49>
- Council of Europe, (2019). Teacher competences for languages in education: Conclusions of the project. European Centre for Modern Languages. Retrieved from: <https://www.ecml.at/Portals/1/5MTP/Bleichenbacher/CEFRILT-conclusions-EN.pdf?ver=2019-11-29-150323-533>
- Departament de Governació i Administracions Públiques. (2009). 89/2009, de 9 de juny, pel qual es regula l'acreditació de competències en tecnologies de la informació i la comunicació (ACTIC). *Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya*. Retrieved from: <https://cido.diba.cat/legislacio/1194689/decret-892009-de-9-de-juny-pel-qual-es-regula-lacreditacio-de-competencies-en-tecnologies-de-la-informacio-i-la-comunicacio-actic-disposicio-derogada-departament-de-governacio-i-administracions-publiques>
- Durán Cuartero, M., Gutiérrez Porlán, I., & Prendes Espinosa, M. (2016). Análisis Conceptual de Modelos de Competencia Digital del Profesorado Universitario. *Revista Latinoamericana De Tecnología Educativa - RELATEC*, 15(1), 97-114. <https://doi.org/10.17398/1695-288X.15.1.97>
- Echeverría, A. C. (2011). TICS en la formación inicial y permanente del profesorado de Educación Especial: Universidad de Costa Rica. *Departamento de Didáctica y Organización Escolar, Facultad de Educación, Universidad Complutense de Madrid*. Retrieved from: <https://eprints.ucm.es/12593/1/T32960.pdf>
- Echeverría, A. C. (2014). Usos de las TIC en la docencia universitaria: opinión del profesorado de educación especial. *Actualidades Investigativas en Educación*, 14(3). *Universidad de Costa Rica*. Retrieved from: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/aie/article/view/16131>

- ETS, (2007) Digital Transformation: A Framework for ICT Literacy. A Report of the International ICT Literacy Panel. *ETS Report of the International ICT Literacy Panel*. Retrieved from: https://www.ets.org/research/policy_research_reports/publications/report/2002/cjik
- Fallas -Navarro, Stephanie. (2014). El aprendizaje en contexto abierto. *InterSedes, 15(31), 6-19*. Retrieved from: http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2215-24582014000200001&lng=en&tlng=es
- Fraser, J., Atkins, L. y Richard, H. (2013). DigiLit leicester. Supporting teachers, promoting digital literacy, transforming learning. *Leicester: Leicester City Council (CC BY-NC 3.0)*. Retrieved from: <http://www.josiefraser.com/wp-content/uploads/2013/10/DigiLit-Leicester-report-130625-FINAL.pdf>
- Gros, B. (2011). Evolución y Retos de la Educación Virtual, Construyendo el e-learning del Siglo XXI. *UOCInnova, Editorial UOC, p. 51-71*. ISBN: 978-84-9788-406-8.
- INTEF (2017). Marco Común de Competencia Digital Docente. Instituto Nacional de Tecnología Educativa y de Formación del Profesorado. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, Gobierno de España. Retrieved from: https://aprende.intef.es/sites/default/files/2018-05/2017_1020_Marco-Com%C3%BAn-de-Competencia-Digital-Docente.pdf
- ISTE, (2008). National educational technology standards for teachers. *Washington DC: International Society for Technology in Education*. Retrieved from: <https://people.umass.edu/pelliott/reflections/netst.html>
- Koehler, M. J. & Mishra, P. (2008). Handbook of technological pedagogical content knowledge (TPCK) for educators. *New York: Routledge*. Retrieved from: <https://doi.org/10.4324/9781315771328>
- Larraz, V. (2013). La competència digital a la Universitat. (Tesis Doctoral. Programa de doctorat de la Universitat d'Andorra.) Retrieved from: <https://www.tdx.cat/handle/10803/113431>
- Martínez, P., (2006). El método de estudio de caso: estrategia metodológica de la investigación científica. *Pensamiento & Gestión, (20), 165-193*. ISSN: 1657-6276. Retrieved from: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=64602005>
- Pinto, A., Cortés, O. & Alfaro, C. (2017). Hacia la transformación de la práctica docente: modelo espiral de competencias TICTACTEP. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación, núm. 51, julio, 2017, pp. 37-51*. Retrieved from: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=36853361004>
- Pozos, K. (2010). La Competencia Digital del Profesorado Universitario para la Sociedad del Conocimiento: Aproximación a un Modelo y Validación de un Cuestionario de Detección de Necesidades de Formación Continua. *V Congreso de formación para el trabajo. Granada, 24- 27 de junio de 2009*. Retrieved from: https://www.academia.edu/485126/La_Competencia_Digital_del_Profesorado_Universitario_para_la_Sociedad_del_Conocimiento_Un_Modelo_para_la_Integraci%C3%B3n_de_la_Competencia_Digital_en_el_Desarrollo_Profesional_Docente
- Prendes, M. (2010). Competencias TIC para la docencia en la Universidad Pública Española: Indicadores y propuestas para la definición de buenas prácticas: Programa de Estudio y Análisis. Informe del Proyecto EA2009-0133 de la Secretaría del Estado de Universidades e Investigación. Retrieved from: <http://www.um.es/competenciatic>
- Ramírez, A. & Casillas, M. (2014). Háblame de Tic. Tecnología Digital en la Educación Superior. *Editorial Brujas*.
- Rangel, A. (2015). Competencias docentes digitales: propuesta de un perfil. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación, (46), 235-248*. ISSN: 1133-8482. Retrieved from: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=368/36832959015>
- Robles, B., (2011). La entrevista en profundidad: una técnica útil dentro del campo antropológico. *Cuicuilco, 18(52), 39-49*. ISSN: 1405-7778. Retrieved from: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=35124304004>

- Sánchez, C., Gama, J., & Zanatta, E. (2015). Competencias Digitales en Docentes Universitarios. *Memorias del XIII Congreso Nacional de Investigación Educativa. México*. Retrieved from: <https://www.comie.org.mx/congreso/memoriaelectronica/v13/doc/2564.pdf>
- Salinas, J., Benito, B. de, & Lizana, A. (2014). Competencias docentes para los nuevos escenarios de aprendizaje. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 28(1), 145–163. Retrieved from: <https://www.redalyc.org/pdf/274/27431190010.pdf>
- Tamayo, G. (2001). Diseños muestrales en la investigación. *Semestre Económico*, 4(7). Retrieved from: <https://revistas.udem.edu.co/index.php/economico/article/view/1410>
- UNESCO. (2008). Normas UNESCO sobre Competencias en TIC para Docentes. Retrieved from: https://www.campuseducacion.com/blog/wp-content/uploads/2017/02/Normas_UNESCO_sobre_Competencias_en_TIC_para_Docentes.pdf
- UNESCO, (2011). UNESCO ICT Competency Framework for Teachers. Retrieved from: <http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002134/213475e.pdf>
- Vargas, I., (2012). La entrevista en la investigación cualitativa: nuevas tendencias y retos. *Revista Electrónica Calidad En La Educación Superior*, 3(1), 119-139. Retrieved from: <https://doi.org/10.22458/caes.v3i1.436>

Annex

QUESTION GUIDE
IN-DEPTH INTERVIEW

UNIVERSIDAD AMERICANA
I also want to mention that

Good afternoon Mr. /Mrs. / Miss. _____
the comments and information you provide will be very valuable for the research project called "**The digital competences of the university teachers of the baccalaureate and bachelor's degree in English Teaching major of Universidad Americana**". This in-depth interview is aimed at teachers' staff on the subject of study. It should be clarified that all the information collected will be used confidentially and anonymously. In advance, you are thanked for your collaboration.

Interviewee Profile:	
What is your age?	
What is your profession?	
How many years of teaching experience do you have?	
What is your highest academic degree?	
Categories	Questions
Teacher Training on the use of ICT	<ol style="list-style-type: none"> 1. What do you understand by "digital teacher competence"? Have you heard about the term before? 2. Did you acquire your ICT knowledge and competences empirically or through training? Explain. 3. Can you describe your training process in the use of ICT? 4. In your experience, what digital competences should a university teacher of English teaching possess? Why?
Appropriation and Teaching Experience	<ol style="list-style-type: none"> 5. How do you use and incorporate the use of ICT into your courses? 6. What are the reasons for incorporating ICT into your courses? 7. As a teacher, are the main barriers to incorporating ICT into everyday use in university teaching? 8. What changes or modifications have you made in the didactic activities mediated by the use of ICT since the beginning of your teaching career? Why have you made these changes?
Digital Literacy	<ol style="list-style-type: none"> 9. What kind of computer programs do you use in your teaching and professional work? (e.g. Excel, Photoshop, PowerPoint, etc.) 10. What virtual spaces do you use to encourage communication in the classroom? 11. What learning management platforms or systems do you use in the development of your classes? (Examples of platforms like Teams, Zoom, Google Meet; and learning management systems such as Moodle, Blackboard, Schoology, among others). 12. What technological devices and applications do you use or link to perform these activities? 13. Do you use ICT in your own professional development, and how? 14. Do you spend time reflecting on how ICTs contribute to improving your teaching practice? What ICT do you think should strengthen your knowledge and applications for your improvement as a teacher? 15. Do you typically use digital tools and resources to communicate with your students and colleagues?
Challenges and Teaching Commitment	<ol style="list-style-type: none"> 16. How could teachers be motivated to include the use of ICT to support teaching? 17. What responsibilities does the use of ICT in class entail? 18. What are the main benefits you get from using ICT? 19. What challenges did you face during the pandemic, having to adapt your courses to a virtual environment? 20. Does the university provide you with infrastructure and preparation in the use of ICT for your teaching tasks? In what way?

Información para Autores



Evaluación por pares

La *Revista Tecnológica Espol - RTE* es una revista arbitrada que se rige por el sistema doble par anónimo. Los artículos enviados por los autores son evaluados en previamente por el Comité de Redacción para comprobar si se ajustan a las normas de edición y a las políticas temáticas de la revista. Cuando el artículo pasa ese primer filtro es enviado a dos evaluadores externos expertos en la temática abordada por el autor. Para cumplir y defender la ética de la investigación, estos evaluadores desconocen el nombre de el/los autores/as y la identificación de la/s institución/es a la que pertenece el artículo, encargándoseles dictaminar si responde a los intereses científicos de la revista y si procede su publicación. En la valoración final, los revisores deciden entre las siguientes opciones: publicable, publicable con modificaciones menores, publicable con modificaciones mayores o no publicable. En el caso de que haya disparidad de opinión entre revisores del Comité Científico, se someterá al juicio de un tercer experto, que dirimirá en conflicto de pareceres.

En el siguiente link [Guía de revisores](#), se detalla paso a paso el proceso de evaluación a seguir por los pares ciegos asignados

Las responsabilidades específicas de los revisores se encuentran declaradas en el link [Código de ética y buenas prácticas de publicación](#).

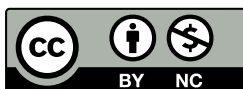
Derechos de autor (Copyright)

Los originales publicados, en las ediciones impresa y electrónica, de la *Revista Tecnológica Espol - RTE*, bajo derechos de primera publicación, son propiedad de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), Guayaquil, República del Ecuador, siendo absolutamente necesario citar la procedencia en cualquier reproducción parcial o total de los contenidos (textos o imágenes) publicados. RTE proporciona un acceso abierto e inmediato a su contenido, pues creemos firmemente en el acceso público al conocimiento, lo cual no obsta para que la cita de la fuente sea obligatoria para todo aquél que desee reproducir contenidos de esta revista.

De igual modo, la propiedad intelectual de los artículos o textos publicados en la revista RTE pertenece al/la/los/las autor/a/es/as, quienes conservan sus derechos de autor y dominio irrestricto de su obra.

Esta circunstancia ha de hacerse constar expresamente de esta forma cuando sea necesario.

Todo el contenido de RTE mantiene una licencia de contenidos digitales otorgada por Creative Commons.



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons
Atribución-NoComercial 4.0 International.

Directrices para autores

Los textos postulados deben:

1. Corresponder a las categorías universalmente aceptadas como producto de investigación.
2. Ser originales e inéditos.
3. Sus contenidos responden a criterios de precisión, claridad y brevedad.

Se clasifican en:

3.1. Artículos. En esta sección se publican:

- 3.1.1. Artículos de investigación científica o tecnológica: presenta de manera detallada los resultados originales de proyectos terminados de investigación. La estructura generalmente utilizada contiene cuatro aportes importantes: introducción, metodología, resultados y conclusiones.
- 3.1.2. Artículo de reflexión o ensayo: presenta resultados de investigación terminada desde una perspectiva analítica, interpretativa o crítica del autor, sobre un tema específico recurriendo a fuentes originales.
- 3.1.3. Artículo de revisión: resultado de una investigación terminada donde se analizan, sistematizan e integran los resultados de investigaciones, publicadas o no, ya sea en el campo científico, artístico o artístico tecnológico, con el fin de dar cuenta de los avances y las tendencias de desarrollo.

Próximos Volúmenes

PROGRAMACIÓN

Vol. 36, Núm. 1

Volumen Abierto Semestral

- i. Convocatoria abierta: envío de hasta el 30 de abril de 2024
- ii. Notificación de artículos seleccionados después de revisión por pares ciegos: hasta el 15 de mayo de 2024
- iii. Publicación del volumen: 30 de junio de 2024

PROGRAMACIÓN

Vol. 36, Núm. 2

Edición Especial: **Justicia Social en el mundo contemporáneo**

- i. Convocatoria abierta: envío de artículos hasta Marzo 15, 2024
- ii. Notificación de artículos seleccionados después de revisión por pares ciegos: hasta el 15 de julio de 2024
- iii. Publicación del volumen: 15 de septiembre de 2024

Próximos Volúmenes

PROGRAMACIÓN

Vol. 36, Núm. 3

Volumen Abierto Semestral

- i. Convocatoria abierta: envío de artículos hasta el 30 de septiembre de 2024*
- ii. Notificación de artículos seleccionados después de revisión por pares ciegos: hasta el 30 de noviembre de 2024*
- iii. Publicación del volumen: 30 de diciembre de 2024*

PROGRAMACIÓN

Vol. 37, Núm. 1

Volumen Abierto Semestral

- i. Convocatoria abierta: envío de artículos hasta el 30 de abril de 2025*
- ii. Notificación de artículos seleccionados después de revisión por pares ciegos: hasta el 15 de mayo de 2025*
- iii. Publicación del volumen: 30 de junio de 2025*

PROGRAMACIÓN

Vol. 37, Núm. 2

Volumen Abierto Semestral

- i. Convocatoria abierta: envío de artículos hasta el 30 de septiembre de 2025*
- ii. Notificación de artículos seleccionados después de revisión por pares ciegos: hasta el 30 de noviembre de 2025*
- iii. Publicación del volumen: 30 de diciembre de 2025*

NOTE: For interest in publications of special issues, universities and organizations related to research are invited to contact us at nsolorza@espol.edu.ec

NOTA: Para interés en publicaciones de volúmenes especiales, se invita a universidades y organizaciones relacionadas con investigación a contactarnos a nsolorza@espol.edu.ec



espol

EDUCAMP 2023
DISEÑANDO LA EDUCACIÓN DEL FUTURO

UTECH
UNIVERSIDAD DE INGENIERÍA
Y TECNOLOGÍA 



rte.espol.edu.ec