



RTE

Revista Tecnológica ESPOL

Vol. 35, N° 1 (2023)

ISSN 0257-1749

e-ISSN 1390-3659

DOI 10.37815/rte

Edición abierta multidisciplinaria:

Gestión Empresarial, Sostenibilidad e Ingenierías



Guayaquil, Ecuador
Vol. 35, Núm. 1 (2023)
Junio, 30

DOI: 10.37815/rte.v35n1



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, M.Sc.
 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)

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)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Diana Llamel Rodríguez Arteaga, M.Sc.
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
e-mail: dirodrig@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

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,
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@epoch.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)

Carmen Mireya Lapo Pauta, Ph.D.
 Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador
 e-mail: cmlapo@utpl.edu.ec
 ORCID: 0000-0002-5246-083X

Cesar Zenet López Cruz, Ing.
 Instituto Tecnológico Superior del Sur del
 Estado de Yucatán, México
 e-mail: cesarzenet@hotmail.com
 ORCID: 0000-0003-3103-9226

Daniel Moran Zuloaga, Ph.D.
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
 e-mail: dmoran@espol.edu.ec
 ORCID: 0000-0002-1517-2732

Danny Ochoa Correa, Ph.D.
 Universidad de Cuenca, Ecuador
 e-mail: danny.ochoac@ucuenca.edu.ec
 ORCID: 0000-0001-5633-1480

Daynet Sosa del Castillo, Ph.D.
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
 e-mail: dasosa@espol.edu.ec
 ORCID: 0000-0001-5403-9072

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

Efren Vinicio Herrera Muentes, M.Sc.
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
 e-mail: eherrera@espol.edu.ec
 ORCID: 0000-0002-0347-1014

Emma Danielly Torres Navarrete, Ing.
 Universidad Técnica Estatal de Quevedo,
 Ecuador
 e-mail: etorres@uteq.edu.ec
 ORCID: 0000-0002-9212-5593

Holger Ignacio Cevallos Ulloa, M.Sc.
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
 e-mail: hcevallo@espol.edu.ec
 ORCID: 0000-0003-0576-6710

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

Juan Manuel Peralta Jaramillo, Dr.
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
 e-mail: jperal@espol.edu.ec
 ORCID: 0000-0001-9812-2281

Leonardo Mario Estrada Aguilar, M.Sc.
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
 e-mail: mestrada@espol.edu.ec
 ORCID: 0000-0002-0015-534X

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

Maria Alejandra Ruano, M.Sc.
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
e-mail: maruano@espol.edu.ec
ORCID: 0000-0001-6455-1686

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

Mariela Sanchez Diaz, M.Sc.
Consultora energetica, Chile
e-mail: exergia20@gmail.com
ORCID: 0000-0002-5054-8221

Miguel Ángel Gutiérrez Soto, Mgs.
Universidad Adventista de Chile, Chile
e-mail: miguelagutierrez@unach.cl
ORCID: 0000-0003-0048-9208

Mijail Eduardo Arias Hidalgo, Ph.D
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
e-mail: mijedari@espol.edu.ec
ORCID: 0000-0002-6738-9458

Paolo Piedrahita, Dr.
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
e-mail: ppiedra@espol.edu.ec
ORCID: 0000-0002-4403-6326

Pedro Eduardo Nivelá Morante, M.Sc.
Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí,
Ecuador
e-mail: eduquevedo2011@hotmail.com
ORCID: 0000-0003-3033-0767

Pedro Fabrizio Zanzzi Diaz, Ph.D.
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
e-mail: pzanzzi@espol.edu.ec
ORCID: 0000-0002-1396-6854

Rebeca Helena Juez Oyola, M.Sc.
Enfoque group, Ecuador
e-mail: rjuez@enfoquegroup.com
ORCID: 0000-0002-0087-9591

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

Rogean Moraes Ribeiro, Ph.D.
Faculdade Luciano Feijão, Brasil
e-mail: rogeanemoraes@yahoo.com.br
ORCID: 0000-0003-4106-3289

Washington Asdrual Macias Rendon, M.Sc.
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
e-mail: wamacias@espol.edu.ec
ORCID: 0000-0003-2742-5132

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

Wilton Eduardo Romero Black, M.Sc.
Universidad Técnica de Machala, Ecuador
e-mail: weromero@utmachala.edu.ec
ORCID: 0000-0001-5200-1361

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

Patricia Alexandra Caballero Roldan, M.Sc
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador

Customer Service

Daniela Isabela Villón Martínez
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador

Traducciones en idioma extranjero

English

Joyce Nan, BA.
Griffith University, Australia

Diseño, Diagramación y Portada

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



e-revist@s

REDIB | Red Iberoamericana
de Innovación y Conocimiento Científico



Google
Scholar

publons

ROAD



INDEX
COPERNICUS

MIAR

Identificadores

ORCID
Connecting Research and Researchers



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 fomentando la investigación científica y tecnológica. En esta ocasión, presenta la edición abierta multidisciplinaria **Volumen 35 N°1** con temas relacionados a la **"Gestión Empresarial, Sostenibilidad e Ingenierías"**.

En esta edición abierta semestral incluimos artículos relacionados a las áreas de las ciencias sociales y gestión, de las ciencias naturales y de la vida, y de ingenierías y tecnología. Se incluyen contribuciones de autores nacionales y extranjeros afiliados a destacadas instituciones de educación superior locales e internacionales.

Los temas de ciencias sociales y gestión que presentamos incluyen investigaciones pertinentes al problema de la vinculación de la universidad con la sociedad. Entre ellos, artículos sobre la dualidad de la empresa y la universidad en la gestión del talento humano, el caso de los cambios en la estructura de financiamiento de empresas dedicadas a la floricultura en Ecuador y un análisis de la evolución de la fabricación nacional de bebidas no alcohólicas y de las importaciones entre 2019 y 2021.

En el área de las ciencias naturales y de la vida, priman los temas de sostenibilidad. Uno de los artículos muestra los métodos actuales de tratamiento y reciclaje de desechos industriales que se emplean en las curtiembres de Ecuador y de todo el mundo. Además, se presenta un estudio de caso sobre los productores de arroz en Ecuador en cuanto al conocimiento, la percepción y las prácticas de los agricultores sobre la aplicación de plaguicidas.

Finalmente, en las áreas de ingenierías y tecnologías, se incluye un artículo que describe un estudio para analizar la variabilidad espacial de los perfiles de velocidad en canales abiertos con alta rugosidad, una propuesta de la metodología para evaluar el rendimiento de las plantas solares fotovoltaicas utilizando la ciencia de datos, y un artículo en inglés que se refiere a los drones militares autónomos. Este último de gran relevancia en el mundo de la geopolítica.

Aprovechamos para expresar una vez más nuestra gratitud a los autores, revisores y a todo el equipo editorial por sus contribuciones y su confianza en la publicación de este nuevo e interesante volumen.

¡Bienvenidos a disfrutar de su revista **RTE!**

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

Katherine Salvador Cisneros, Ph.D.
Directora Ejecutiva Editorial
Revista Tecnológica ESPOL - RTE

Editorial

The **Technological Journal ESPOL - RTE** (acronyms in Spanish) continues to promote scientific and technological research. On this occasion, it presents the open multidisciplinary edition **Volume 35, Issue 1**, with “**Business Management, Sustainability, and Engineering**” topics

In this biannual open edition, we include articles related to the areas of social sciences and management, natural and life sciences, and engineering and technology. Contributions from national and international authors affiliated with renowned local and international higher education institutions are included.

The social sciences and management topics we present include research relevant to the issue of university-society engagement. Among them are articles about the duality of company and university in human talent management, the case of changes in the financing structure of flower-growing companies in Ecuador, and an analysis of the evolution of national non-alcoholic beverage manufacturing and imports between 2019 and 2021.

In the field of natural and life sciences, sustainability topics prevail. One of the articles showcases the current methods of treatment and recycling of industrial waste used in Ecuadorian tanneries and worldwide. Additionally, a case study is presented on rice producers in Ecuador regarding farmers' knowledge, perception, and practices related to pesticide application.

Finally, regarding engineering and technology, an article describes a study analyzing the spatial variability of velocity profiles in highly rough open channels. There is also a proposed methodology for evaluating the performance of photovoltaic solar plants using data science and an English article discussing autonomous military drones, which is highly relevant in the world of geopolitics.

We would like to express our gratitude once again to the authors, reviewers, and the entire editorial team for their contributions and trust in the publication of this new and interesting volume.

Welcome, and enjoy your **RTE** journal!

Nayeth Solórzano Alcívar, PhD.
Editor in Chief
Technological Journal ESPOL – RTE

Katherine A. Salvador Cisneros, Ph.D.
Executive Director
Technological Journal ESPOL - RTE

Índice

Edición abierta multidisciplinaria:

Ciencias Sociales y Gestión

- 12 *Dualidad empresa-universidad para la gestión del talento humano / Company-university duality for the management of human talent*
- 29 *Cambios en la estructura de inanciamiento: caso florícola ecuatoriana / Changes in the financing structure: Ecuadorian floriculture case*
- 51 *Evolución de la importación versus la fabricación nacional de bebidas no alcohólicas en Ecuador período 2019 – 2021 / Evolution of imports versus national manufacture of non-alcoholic beverages in Ecuador period 2019 - 2021*

Ciencias de la vida

- 66 *Actualidad de tratamientos y procesos de reciclaje de los residuos industriales de curtiembres en Ecuador y el mundo / Current treatment and recycling processes of industrial waste from tanneries in Ecuador and the world*
- 88 *Conocimiento, percepción y prácticas de los agricultores sobre la aplicación de plaguicidas: un estudio de caso de productores de arroz en Ecuador / Farmer's knowledge, perception and practices of pesticide application: a case study of rice growers in Ecuador*

Ingeniería y Tecnología

- 105 *Análisis de la variabilidad espacial de los perfiles de velocidad en canales abiertos con elevada rugosidad / Analysis of the spatial variability of the speed profiles in open channels with roughness*
- 120 *Metodología para la evaluación de desempeño de plantas solares fotovoltaicas a través del uso de la ciencia de datos / Methodology for evaluating the performance of photovoltaic solar plants through the use of data science*
- 137 *Technological developments and implications of autonomous military drones: prospects in global geopolitics / Desarrollos tecnológicos e implicaciones de los drones autónomos militares: perspectivas en la geopolítica mundial*

Ciencias Sociales y Gestión



Dualidad empresa-universidad para la gestión del talento humano

Company-university duality for the management of human talent

Sara de Jesús Jaya Cabrera¹ <https://orcid.org/0000-0001-6496-0623>
Ángel Dionisio Aguilar Chamba¹ <https://orcid.org/0000-0002-8918-3047>

¹Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador
sara.jaya@unl.edu.ec, angel.aguilar@unl.edu.ec



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

Enviado: 2023/01/17

Aceptado: 2023/04/17

Publicado: 2023/06/30

Resumen

Los programas de formación dual han mostrado ser de gran ayuda en el proceso de instruir a profesionales altamente capacitados. Los países que han adoptado el modelo dual con éxito han visto como sus profesionales se han convertido en el motor de productividad de sus economías. Muy pocos países en Latinoamérica han adoptado este modelo de formación, y aunque en Ecuador se norme a la formación dual, RCP-SO-19-N° .282-2018, en la práctica no se ha adoptado este modelo. En este artículo se realiza un estudio en el marco de la formación dual con un enfoque en las empresas del giro de las tecnologías de información y comunicación (TIC). A través de un enfoque cualitativo se analizó la factibilidad de aplicar programas de formación dual en Ecuador y se determinó que en el campo de las TIC es necesario una mayor participación de las empresas privadas en la formación de estudiantes ya sea en formación dual o pasantías. Se determinó que es necesario comunicar e incentivar desde los organismos gubernamentales a las empresas y universidades, y que es necesario una mayor coordinación entre empresa y universidad para adoptar los programas de formación dual.

Palabras clave: Formación dual, formación profesional, formación académica, empresa.

Abstract

Dual training programs have proven to be of great help in the process of training highly qualified professionals. Countries that have successfully adopted the dual model have seen their professionals become the productivity engine of their economies. Very few countries in Latin America have adopted this training model, and although Ecuador has a regulation on dual

Sumario: Introducción, Revisión de literatura, Metodología, Resultados y Discusión y Conclusiones.

Como citar: Jaya, S. & Aguilar, A. (2023). Dualidad empresa-universidad para la gestión del talento humano. *Revista Tecnológica - Espol*, 35(1), 12-28.
<http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/1003>

training, RCP-SO-19-N°.282-2018, this model has not been adopted. In this article, a study is conducted in the framework of dual training, focusing on companies in information and communication technologies (ICTs) sector. The feasibility of applying dual training programs in Ecuador was analyzed through a qualitative approach. It was determined that in the field of ICTs, private companies need greater participation in the training of students, whether in dual training or internships. It was established that it is necessary to communicate and provide incentives from government agencies to companies and universities and that greater coordination between companies and universities is required to adopt dual training programs.

Keywords: Dual training, professional training, academic training, business.

Introducción

El presente estudio se concentra en la siguiente pregunta de investigación: ¿La administración de los recursos humanos, debería tomar en cuenta a los estudiantes universitarios como fuente de empleo? Este análisis se puede definir como un medio de investigación del entorno social referente a la administración del talento humano.

La característica principal del problema de investigación se fundamenta en que el mercado laboral es un entorno dinámico, donde se visibiliza la necesidad de contar con personal altamente capacitado en nuevas tendencias y tecnologías (Ching-Chiang y Carrera, 2020). Por otra parte, en las sociedades del conocimiento, la ventaja competitiva que pueden perseguir las empresas es contar con personal preparado para los retos laborales que están en constante cambio (Hughes, 2016), por lo que contar con una función desarrollada de Talento Humano marca una diferencia entre el éxito o fracaso de la estrategia de una empresa (Franch y Carmona, 2018). Ante esta necesidad de las empresas de contar con talento humano preparado surge el inconveniente de cómo contar con el personal que posea todas las habilidades específicas que requieren los puestos de trabajo.

Para analizar esta problemática es necesario mencionar sus causas, entre estas se puede señalar la falta de coordinación entre la academia y las empresas, la cual resulta en profesionales con falta de preparación en habilidades específicas del mercado laboral. Ante esta problemática surge la frustración del estudiante que desea participar en una plaza de empleo, pero que no cuenta con la experiencia requerida. Este desfase entre oferta y demanda laboral es una brecha que las universidades o instituciones de educación superior deben superar (Zeichner, 2010).

De modo que, es evidente que el personal de talento humano de una empresa u organización debe contratar personal calificado con experiencia en su campo de trabajo, esto asegura un desempeño eficiente de la persona que es contratada, y asegura los objetivos estratégicos (Sims, 2002, p. 107). Pese a ello, esta necesidad no va en sincronía con la preparación que algunas universidades ofrecen a sus estudiantes en torno a salir graduados y preparados para los retos laborales. Por estas razones, tiene sentido que las universidades y empresas creen programas de prácticas preprofesionales o pasantías (Ching-Chiang y Carrera, 2020). Sin embargo, estas no son fuentes de empleo adecuado que sean perdurables más allá de un periodo o semestre (Hughes, 2016). Por lo tanto, el reto para el personal de recursos humanos es identificar las necesidades de experiencia que se requieran para un puesto de trabajo determinado, analizar las ofertas de estudios de las universidades y ofrecer programas a los estudiantes que les permita adquirir la práctica requerida para un puesto laboral; todo esto con la finalidad de poder contratar a las personas más calificadas, manteniendo la competitividad de la empresa.

Un programa de formación que ha tenido un impacto significativo en el sistema económico y social es el conocido como Entrenamiento Dual, donde se destina días de formación práctica directa de los estudiantes en empresas que remuneran sus actividades y una porción de días de la semana es destinada a la formación académica teórica. Este programa, implementado con éxito en el sistema educativo de países como Alemania, ha permitido a las empresas llevar procesos de innovación acelerados al contar con personal joven, altamente capacitado y que ha sido un modelo que se desea implementar en otras economías (Euler, 2013; Franch y Carmona, 2018).

Por otra parte, la capacitación universitaria basada en proyectos ha demostrado tener resultados positivos en la formación de personal para las ofertas laborales. Si las empresas se coordinan con las universidades pueden ofrecer programas de pasantías que ayuden al estudiante a prepararse en las habilidades requeridas para un empleo en su área específica. Sin embargo, si estos programas terminan y el estudiante no mantiene su plaza de trabajo, solo queda con la experiencia laboral, que puede resultar insuficiente. En cambio, si existe la motivación del estudiante al saber que, si se esfuerza en su programa de prácticas en una empresa podrá mantener su plaza de trabajo, esto puede resultar en un cambio en la sinergia entre oferta laboral, empresa y universidad (Ching-Chiang y Carrera, 2020).

Objetivos

Para llevar a cabo esta investigación se ha planteado analizar la dualidad empresa-universidad para la gestión del talento humano. Así mismo se plantea analizar la incidencia de los programas de pasantías y formación dual en los resultados de eficiencia laboral. Estudiar la realidad actual en torno a programas de formación dual en Ecuador y proponer formas efectivas de vinculación empresa-universidad. Por último, analizar la efectividad de las prácticas preprofesionales con base en aprendizaje basado en proyectos y trabajos como instrumento de vinculación profesional.

Contribución

La contribución de este trabajo se enmarca en analizar la factibilidad de aplicar programas de formación dual académica empresa-universidad, limitado a empresas del giro de las Tecnologías de Información y Comunicaciones (TIC) para determinar si debe existir una mayor coordinación entre empresas y universidades, con base en este sector del conocimiento.

Revisión de literatura

Los programas de formación dual aplicados al ámbito ecuatoriano han sido estudiados en algunos trabajos (Espinoza, 2020; Junez, Moya, y Morales, 2018). La investigación de Espinoza (2020) resalta que la formación dual va más allá de una práctica preprofesional. Es decir, la responsabilidad es compartida entre la empresa y la institución educativa, siendo la empresa la que recurre al aprendizaje de forma práctica a través del trabajo directo que realizan los estudiantes, atendiendo los objetivos estratégicos. Sin embargo, la formación dual está normada en Ecuador a través del Reglamento de Régimen Académico, por lo que es necesario concienciar al sector empresarial sobre los beneficios de invertir en el aprendizaje de los estudiantes a través del trabajo directo en los puestos laborales, acompañando esta formación con la parte académica que proporcionan las instituciones de educación superior.

En cuanto a, el estudio de Méndez, Solís, y Morales (2019) indica que en Ecuador existen programas de educación dual en las áreas técnicas y tecnológicas, las cuales contribuyen en siete sectores productivos estratégicos. Esta investigación concluye que existe la factibilidad de la contratación de estudiantes en empresas bajo el modelo de formación dual

ya que existen los espacios productivos que requieren profesionales calificados que bien pueden ser profesionales duales.

Entorno dinámico del mercado laboral

Entorno al mercado laboral del sector de las TIC, de acuerdo con cifras de la AESOFT (2011), el sector de software ecuatoriano en 2020 se proyectó ingresos en torno a USD 1.500 millones y 24.000 plazas de empleo. Estratégicamente la situación geográfica del país convierte al mismo en un lugar interesante para el desarrollo de negocios relacionados con las tecnologías y servicios informáticos. Los datos proporcionados por el Servicio de Rentas internas (SRI) y por el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, indican que las ventas del sector software presentan un crecimiento compuesto anual del 13 % en los últimos cinco años (AESOFT, 2011; PromPerú, 2011; PROCHILE, 2012).

Dualidad empresa universidad

Adicionalmente, Göhringer (2002) y Euler (2013) mencionan que la formación dual moderna se refiere a la formación profesional de empleados jóvenes que han terminado la educación secundaria, tal como se lleva a cabo en países como Alemania. Según Gessler y Peters, (2017), “los programas de formación dual intentan equilibrar de igual manera la educación (en la escuela) y la formación (en la empresa) para cualificar, educar y socializar a la próxima generación.

La formación dual en Latinoamérica se evidencia principalmente como la formación de técnicos para industrias específicas como la manufactura. En estos se registran programas de formación dual que conllevan una experiencia laboral mínima en el sector productivo (Carranza, Gonzales y Ojeda, 2016).

Gestión del talento humano en el marco de la dualidad empresa-universidad

Según Noe, et. al (2006), la gestión del talento humano se refiere a las políticas, prácticas y sistemas que influyen en el desempeño de los empleados y que tiene un papel clave en la eficacia y competitividad de una empresa, ya que mantener buenas prácticas de gestión del talento humano puede llevar a una empresa a lograr obtener una ventaja competitiva. Estas prácticas incluyen el estudio y análisis de las necesidades del talento humano, la atracción y selección del talento. En este sentido, cuando la gestión del talento humano se enmarca en los programas de formación dual, estas prácticas son llevadas en un proceso organizado que conlleva la cooperación entre empresa universidad. Es decir, se va más allá de la atracción y selección del talento humano, al integrar a la formación del potencial talento dentro de la empresa con el apoyo de los centros de formación. Es así como la gestión del talento humano en ambiente duales se vuelve un proceso continuo de formación en las necesidades específicas de las empresas.

El beneficio de los programas de formación en la gestión del talento humano se refleja en que el estudiante además de adquirir los conocimientos específicos que se requieren en la empresa, también adquiere la cultura organizacional (Pogatsnik, 2018). Los programas de formación dual pueden ayudar en este aspecto ya que facilitan el desarrollo de una cultura de aprendizaje en la empresa. Sin embargo, el personal de talento humano debe integrar en el conocimiento de los requisitos estratégicos a todo el personal de la empresa, incluyendo a los estudiantes de formación dual para que estas estrategias sean comprendidas (Garavan, 2016).

Programas de actualización de conocimientos Empresa - Universidad

Un programa coordinado entre empresa y universidad tiene el potencial de cerrar la brecha entre oferta laboral y personal capacitado para un trabajo específico (Ching-Chiang y

Carrera, 2020). Desde el punto de vista del talento humano, el trabajador es el eje de crecimiento de una empresa (Ton, 2014). Por esto, las empresas que invierten en la capacitación de su personal constantemente son más efectivas y rentables. Sin embargo, al invertir en capacitaciones es indispensable definir qué habilidades desarrollar en los empleados. Esta necesidad, se puede reforzar si el desarrollo de habilidades es coordinado con las universidades o instituciones de educación superior (Por qué invertir en capacitación de empleados, n.d.).

Aprendizaje basado in situ

Este es un sistema de aprendizaje que nace de la academia y que tiene como eje la participación de los estudiantes en proyectos que llevan a cabo en una empresa cuando el estudiante ha adquirido una base de conocimiento teórica que le permita cumplir con las actividades prácticas.

Según (Ching-Chiang y Carrera, 2020), no es suficiente que una empresa ofrezca programas de pasantías o que las universidades tengan ofertas de formación académica sin un desarrollo práctico en el proceso de aprendizaje. Es decir, debe existir una coordinación entre la empresa y la universidad para combinar la formación basada en proyectos y los programas de pasantías o prácticas pre-profesionales. Los resultados que presenta esta investigación indican que el proceso de aprendizaje basado en proyectos combinado con la experiencia práctica lleva al estudiante a estar preparado para el mercado laboral. Sin embargo, si no existe la coordinación adecuada entre universidad y empresa y si el estudiante que es contratado en una empresa no recibe una remuneración que lo motive a esforzarse en cumplir con las tareas encomendadas, difícilmente estas iniciativas pueden llegar a dar resultados (Vidal, 2018).

Cabe mencionar que existe una diferencia entre pasantías y prácticas pre-profesionales. Las pasantías son actividades de aprendizaje basadas en la aplicación de conocimientos, las cuales tienen una retribución económica de una tercera parte del salario básico unificado ecuatoriano, con el correspondiente aporte a la seguridad social del pasante; mientras que las prácticas pre-profesionales son tareas de aprendizaje exclusivamente de formación académica sin retribución económica (Ministerio del Trabajo, n.d.).

Aprendizaje basado en requerimientos duales Empresa - Universidad

Este tipo de aprendizaje es un pilar de la educación vocacional, en donde el modelo dual de aprendizaje ha demostrado tener éxito. Específicamente, un aprendizaje tal como el que se plantea en un modelo dual consiste en la preparación de la fuerza de trabajo desde una etapa temprana, es decir cuando el trabajador es un estudiante. En este modelo dual, los estudiantes adquieren las habilidades requeridas en puestos de trabajo específicos de una empresa en coordinación con la academia. Estos modelos de entrenamiento del personal se llevan a cabo de dos a tres años para formar al estudiante, el cual debe destinar el 60% de sus actividades en una empresa y el 40 % restante en actividades de formación académica en un centro de estudios. Aquí la supervisión recae en la empresa que acepta al estudiante y lo forma para desempeñar sus funciones como un empleado más. La inversión en la formación también recae en programas gubernamentales que apoyen este tipo de modelo de educación (Franch y Carmona, 2018).

Según Euler (2013), con un modelo de educación dual, se desarrollan habilidades de la fuerza laboral para cumplir con las necesidades prácticas del mercado laboral. Este desarrollo debe ser combinado con aspectos académico teóricos propios de la carrera, logrando así la integración de la teoría con la práctica. Para establecer el modelo dual, la participación de la empresa es esencial para el aprendizaje del estudiante. Por último, los costos de preparación de los estudiantes pueden ser compartidos entre los gobiernos y el sector empresarial.

Casos de éxito

Los casos de éxito son más abundantes en países desarrollados, donde los procesos de innovación en las empresas las han llevado a posicionarse como músculo de desarrollo. Un caso de éxito de la forma de reclutar fuerza laboral altamente capacitada es el de las “Mittelstand” en Alemania. Este tipo de empresas conforman cerca del 60% de las fuentes laborales y constituyen un pilar de la economía alemana. Estas empresas al no poder captar al personal con las competencias necesarias para un empleo determinado, debido a los nuevos requerimientos de los trabajos, han optado por planes para reducir esta brecha, entre los que se incluye incremento de salarios, planes de pensiones y oportunidades de educación superior, siendo esta última la clave para atraer nuevo talento (Federal Ministry for Economic Affairs, 2019; Glawogger, 2020).

En el trabajo de Bravo, Peirano, Sevilla y Weintraub (1999), se destaca la aplicación de los programas de formación dual en Chile como un éxito debido a la pertinencia y la realidad nacional del país que ha permitido superar las barreras de implementación de este sistema gracias a la asistencia del Gobierno Alemán. La implementación de estos programas duales se inició previo a una reforma educativa dado que hubo consenso para que el trabajo tenga una oferta diversificada a través de la educación. Entre los principales beneficios se menciona la apertura de los jóvenes al mercado laboral, una capacitación docente técnico-profesional y el interés conjunto de los jóvenes y de las empresas por participar en estos programas de formación dual.

Entre los casos de éxito específicos de la aplicación de un sistema dual de preparación está la empresa de software Veda (Alemania), la cual ha lanzado un programa conocido como ‘laboratorio de innovación’ en los cuales se contratan estudiantes que rotan entre diferentes proyectos. También existen empresas las cuales entrenan a su personal en programas que les permita adquirir las habilidades necesarias para desempeñarse en sus puestos (Glawogger, 2020).

El caso de la aplicación del modelo de formación dual de la empresa Repsol en España, nos indica que surgió de las necesidades que tienen los jóvenes para incorporarse al mundo laboral debido a la falta de experiencia y el desfase entre lo que se aprende en la academia y lo que se debe poner en práctica en el trabajo. Es así como Repsol implementó en España el programa de formación dual a través de prácticas que se realizan de forma presencial en la empresa y que ocupan una tercera parte de la formación del estudiante. Es así como los alumnos adquieren experiencia, así como las habilidades técnicas necesarias para desenvolverse en el mundo laboral. Este caso de éxito responde a la demanda del mercado español el cual, según datos del Centro Europeo para el Desarrollo del Entrenamiento Vocacional, en España se necesitarán un personal más técnico y muy calificado en áreas como la administración, finanzas, mecatrónica, sistemas computacionales, entre otros (Fernández-Henarejos y Hernández-Prados, 2017).

De los casos de éxito analizados en esta sección se evidencian las ventajas de los programas de formación dual que han sido exitosos en otros países y se observa que ha llevado al éxito a estos programas de formación. Se puede destacar que el elemento importante en el éxito de un programa de formación dual es la cooperación de las empresas con los centros de formación profesional que esté respaldado por las entidades gubernamentales de educación. Es importante mencionar que el éxito de la aplicación de estos programas depende de un estudio necesario para adaptar estas innovaciones a la realidad del país o comunidad que desee implementarlo, esto se debe a que no siempre es sencillo implementar programas que tienen éxito en otros países a la realidad de otro (Gessler y Peters, 2017).

Metodología

El marco metodológico de este estudio aplicó un enfoque cualitativo. Este método de investigación tenía como fin identificar las cualidades del objeto de estudio ya que permitió obtener una formulación teórica para identificar las cualidades del objeto de estudio (Reyes, 1999). Este método se apoya en la observación y del análisis de la información obtenida a través de la técnica de encuesta (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

Procedimiento

La recopilación de información sobre la aplicación de programas de formación dual tiene como objetivo proponer formas efectivas de vinculación empresa-universidad para dar respuesta a la pregunta de investigación: ¿La administración de los recursos humanos, debería tomar en cuenta a los estudiantes universitarios como fuente de empleo?

El análisis se desarrolló a través de la técnica de encuesta lo que ha permitido cuantificar y comparar los datos recopilados. Esta información se obtuvo de una muestra representativa conformada por 176 estudiantes de dos universidades: Universidad Nacional de Loja (UNL), Universidad Internacional del Ecuador (UIDE) y Universidad Tecnológica Empresarial de Guayaquil (UTEG). Esta muestra fue seleccionada a base del objetivo de estudio, donde los participantes fueron estudiantes de diferentes carreras relacionadas con Tecnología, como lo son las ingenierías de ciencias de la computación, telecomunicaciones y tecnologías de información.

Se desarrolló dos encuestas diferentes, una para los estudiantes de las carreras relacionadas con la tecnología y otra encuesta para empresarios del giro de las TIC con la finalidad de analizar la factibilidad de aplicar programas de formación dual académica empresa-universidad para determinar si debe existir una mayor coordinación entre empresas y universidades, con base en este sector del conocimiento.

Los datos recopilados fueron analizados usando la espiral de análisis de datos presentada por Creswell y Poth (2016), que enmarca el diseño de estudios cualitativos. También se tomó en cuenta el manejo de la información en lo referente a la privacidad, la confidencialidad y la protección de la información de los participantes de las encuestas (Ching-Chiang y Carrera, 2020).

Una vez aplicado el instrumento de encuestas, los resultados se identificaron a través de la estadística descriptiva que permitió llevar a cabo el análisis e interpretación de la información obtenida. Para determinar el tamaño de la muestra de 176 estudiantes para las encuestas, como se indica en la Sección 3.A, se utilizó como guía el estudio de Torres y Salazar, (2006). Dada una población total de 400 estudiantes de carreras de TI de UNL, UIDE y UTEG, tomando en cuenta el estándar de 95 % como nivel de confianza para el cálculo del tamaño de la muestra y como rango de variación, de las respuestas de la población, un margen de error de cinco por ciento, se determinó que el tamaño de la muestra sería de 163 estudiantes, lo cual concuerda con la muestra total de 176 estudiantes que se utilizó en este estudio. En cuanto a las encuestas a las empresas, solo se contó con la participación de empresas privadas de la ciudad de Loja. Las dos encuestas se enviaron por correo electrónico utilizando la plataforma tecnológica de *Google Forms*.

Resultados y Discusión

En las siguientes subsecciones, se presentan los resultados de las encuestas realizadas a estudiantes de las TIC, entre los cuales la mayoría estudian o estudiaron ciencias de la

computación, telecomunicaciones o logística. Luego, se presentan los resultados de las encuestas realizadas a empresas relacionadas con el giro de las TIC.

Encuesta a estudiantes

En cuanto a los estudiantes encuestados, un 48.6% manifestó que ha realizado pasantías en empresas privadas, mientras que el 51.4% indicó que realizó pasantías en una institución pública. Entre las empresas públicas se menciona con mayor frecuencia a Corporación Financiera Nacional, BAN Ecuador y Corporación Nacional de Telecomunicaciones, así como los departamentos de TI de las universidades. En cuanto a las empresas privadas que mencionan los estudiantes están: Kradac, Devhub, Nodo Electritelecom, LojaSystem, etc.

Incidencia de los programas de pasantías y formación dual

Con el objetivo de analizar la incidencia de los programas de pasantías y formación dual, se presentan los siguientes resultados:

Primero, se les consultó a los estudiantes si desarrollaron nuevas habilidades cuando la empresa u institución les asignó un proyecto dentro de su programa de pasantías o prácticas preprofesionales. El 75.73% indicó haber desarrollado nuevas habilidades frente a un 24.27% que manifestó que no.

Del total de consultados, solo un 27.84% manifestó haber podido extender el tiempo de sus prácticas o pasantías frente a 72.16% que no pudo extender su tiempo de prácticas. De igual manera se les preguntó a los estudiantes si al terminar el programa, la empresa o institución le ofreció un empleo. Un 92.61% de los pasantes indica no haber obtenido un empleo en la empresa donde realizaron sus prácticas. Tan solo a un 7.39% de los pasantes se les ofreció empleo.

A los estudiantes se les consultó si se sienten capacitados para iniciar su carrera en el actual mercado laboral, esto dentro del marco de la formación dual en la que se considera integrar a los estudiantes a aprender en las empresas desde los inicios de sus programas de estudios (Glawogger, 2020). De los estudiantes encuestados el 49.71% considera que está capacitado para ejercer su carrera en estos momentos, frente a un 50.29% que piensa que no se siente capacitado aún. Entre los encuestados que se sienten capacitados, las respuestas que se detallan son positivas porque:

- El estudiante ha realizado cursos complementarios.
- El estudiante considera que posee conocimiento y tiene las bases necesarias para poder trabajar en su carrera.
- El estudiante estudia y trabaja.

Entre los estudiantes que no se consideran capacitados para ejercer sus carreras todavía, las respuestas fueron:

- Falta de experiencia.
- No poseer los conocimientos necesarios.
- Que la formación en la universidad se enfoca en la investigación, lo que no está alineado con las necesidades del mercado laboral.

Por último, a los encuestados se les preguntó si les gustaría recibir un programa de formación dual, de los cuales el 6.94% contestó que no y un 93.06% dio una respuesta afirmativa ya que se sentirían más motivados en estudiar o adquirir una habilidad específica si

una empresa les brinda esa capacitación con el objetivo de brindar un contrato a tiempo completo si se demuestra haber aprendido las habilidades que se requieren para un puesto de trabajo determinado.

Por último, a los estudiantes se les consultó que tipo de ventajas verían en un sistema de formación dual, entre las respuestas se tiene:

- Mayor preparación profesional.
- Las prácticas remuneradas darían como resultado más motivación por aprender.
- Permitiría conocer el mercado laboral y en que enfocar el desarrollo de habilidades.
- Permitiría adquirir experiencia laboral.
- Ayudaría a definir en qué especializarse.
- Fortalecería lo aprendido en las aulas, sincronizando el aprendizaje en las aulas con el conocimiento necesario para el ejercicio laboral.
- Permitiría formar profesionales más competitivos.

Realidad actual en torno a programas de formación dual en Ecuador

Para estudiar la realidad actual en torno a programas de formación dual en Ecuador y proponer formas efectivas de vinculación empresa-universidad, se realizaron preguntas específicas dentro de las encuestas. Los resultados se detallan a continuación:

De los estudiantes que han participado en un programa de pasantías o prácticas preprofesionales, se les consultó sobre su experiencia, las respuestas se registran en la Tabla 1.

Tabla 1

Experiencia de los estudiantes en los programas de pasantías o prácticas preprofesionales

EXPERIENCIA	NÚMERO	PORCENTAJE
Buena	79	44.88 %
Excelente	73	41.47 %
Mala	24	13.64 %
TOTAL	176	100 %

Como se evidencia en la Tabla 1, un 86.35% de los estudiantes califica su experiencia dentro de los programas de prácticas o pasantías como excelentes o buenas. Tan solo un 13.65% de los encuestados indican haber tenido una mala experiencia en sus prácticas. Este dato indica que los estudiantes perciben como positivo el participar de programas de pasantías en donde pueden poner en práctica los conocimientos adquiridos en la academia.

De las áreas de TI en las cuales los estudiantes han participado, los resultados se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2

Áreas en las que los estudiantes realizaron sus pasantías o prácticas preprofesionales

ÁREA	NÚMERO	PORCENTAJE
Automatización	13	7.38 %
Bases de datos	13	7.38 %
Programación Apps móviles	1	0.56 %
Programación Web	40	22.73 %
Otros	109	61.93 %
TOTAL	176	100 %

De la Tabla 2 se evidencia que la actividad mejor definida en los programas de pasantías es la programación web, área de TI que tiene una alta demanda y en la que existen muchas tecnologías involucradas. Sin embargo, el desarrollo de aplicaciones web representa tan solo el 0.56% de participación a pesar de que esta rama de TI también tiene una alta demanda. Por otra parte, el 62% de los estudiantes manifiesta que han realizado sus pasantías en áreas no específicas, esto demuestra que previo a realizar las prácticas no se han definido áreas de conocimiento y las asignadas tienen muy poca representación.

Por último, el tiempo promedio de prácticas o pasantías que se calculó fue de 240 horas que corresponden a jornadas laborales de no más de cuatro horas diarias de trabajo. Los encuestados también manifestaron que el tiempo de las pasantías fue de tres a seis meses.

Efectividad de las prácticas preprofesionales

A continuación, se presentan los resultados del conjunto de preguntas específicas de la encuesta las se elaboraron para poder determinar la efectividad de las prácticas preprofesionales a partir del aprendizaje basado en proyectos y trabajos como instrumento de vinculación profesional:

Se les consultó a los estudiantes si la empresa les asignó un asesor durante sus prácticas y pasantías. El 94.31% indicó que sí, frente a un 5.68% que respondió no. Así mismo, el 80.11% de los encuestados manifestó que las empresas les brindaron una capacitación específica con respecto a sus prácticas o pasantías frente a un 19.88% que indicó que no.

A los estudiantes se les consultó en qué porcentaje consideran que les ayudó la formación académica recibida en las aulas durante sus programas de prácticas o pasantías, como se presenta en la Tabla 3.

Tabla 3

Percepción del conocimiento académico en factor de su utilidad para realizar las actividades encomendadas en el programa de pasantías o prácticas

NIVEL DE SATISFACCIÓN ACADÉMICO	NÚMERO	PORCENTAJE
Excelente	42	23.86 %
Medio	93	52.84 %
Regular	32	18.18 %
Mínimo	9	5.11 %
TOTAL	176	100 %

Como se puede apreciar en la Tabla 3, un 52.84% de los encuestados perciben que la formación académica recibida en las aulas fue media en cuanto al nivel de conocimientos que se requerían para llevar a cabo las actividades encomendadas en el programa de prácticas o pasantías frente a un 23.29% que percibe que la formación académica fue regular o mínima. En el otro extremo se tiene que un 23.86% considera que el conocimiento académico adquirido fue excelente. Este dato revela la necesidad de complementar la formación académica con los programas de prácticas o pasantías para que la formación de los futuros profesionales sea percibida como completa, asegurando un personal mejor capacitado y preparado para los retos del mercado laboral.

Por otra parte, a los encuestados que están realizando las prácticas profesionales se les consultó sobre el nivel de satisfacción sobre los conocimientos adquiridos en la universidad frente a las necesidades del ejercicio profesional. Este dato se presenta la Tabla 4.

Tabla 4

Percepción del nivel de satisfacción académica recibida en la universidad frente a las habilidades requeridas en el ejercicio profesional

NIVEL DE SATISFACCIÓN ACADÉMICO	NÚMERO	PORCENTAJE
Alto	9	6.56 %
Medio alto	42	30.65 %
Medio	55	40.15 %
Regular	23	16.7 %
Bajo	4	2.92%
Mínimo	4	2.92%
**Sin Respuesta	39	22.16%
TOTAL	176	100 %

**Encuestas entregadas sin respuesta, en la pregunta correspondiente.

La Tabla 4 indica que un 70.8% de los estudiantes que han realizado pasantías considera de medio a medio alto su nivel de satisfacción con la formación recibida en las aulas con respecto al ejercicio profesional. Solo un 5.84% considera que fue mínimo o bajo, mientras que un 17.9% indicó que el nivel de satisfacción con la formación recibida fue regular. Finalmente, un 6.56% de los encuestados considera una alta satisfacción académica. A pesar de la disponibilidad de los programas de pasantías, se evidencia que se debe mejorar la impartición del contenido teórico en las aulas o actualizar la formación recibida en las aulas con las necesidades del mundo laboral en la región.

Por último, un 82.27% de los estudiantes manifiesta haber adquirido nuevos conocimientos en las empresas u instituciones donde realizaron sus prácticas; lo que les permitirá mejorar su desempeño laboral.

Encuesta a las empresas

Cinco empresas del sector de las TIC en la ciudad de Loja- Ecuador participaron en una encuesta sobre programas de formación dual y pasantías. Entre estas empresas están la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT), Nodo Electritelecom, Loxasoluciones, Telconet y Megagitel. Cuatro de estas empresas son privadas, siendo CNT la única empresa pública.

De las cinco empresas, solamente una no ha contado con pasantes o practicantes. A estas empresas se les preguntó si los practicantes contaban con los conocimientos técnico-académicos para llevar a cabo las tareas asignadas y en las empresas que si han tenido pasante se ha indicado que los estudiantes contaban con conocimientos, pero eran limitados razón por la que se prevé una fase de preparación.

A los empresarios se les consultó cuál ha sido su experiencia con los pasantes o practicantes. Todos han contestado que la experiencia ha sido buena con diferentes observaciones:

- Los estudiantes muestran interés y mucha dedicación en sus proyectos.
- La experiencia ha sido buena después de un periodo mínimo de tres meses.
- Se debe fortalecer los programas de pasantías y prácticas preprofesionales.

En cuanto a los programas de formación dual, todas las empresas considerarían adoptar este modelo. Entre las respuestas específicas tenemos:

- Mientras más pronto los estudiantes hacen prácticas mejor ya que adquieren experiencia y más conocimiento.
- Se debe implementar este programa de formación con cierto conocimiento básico por parte de los estudiantes.

Se preguntó a las empresas si capacitarían a los estudiantes en las habilidades que se requieren en los puestos de trabajo. Todas las empresas respondieron afirmativamente manifestando lo siguiente:

- Es necesario la capacitación para que los estudiantes se adapten a las necesidades de cada empresa.
- Se puede guiar a los estudiantes en la dirección de los objetivos estratégicos de la empresa.
- La capacitación por parte de la empresa es un proceso que da frutos.

Así mismo se preguntó a los empresarios si estarían dispuestos a invertir en la formación de estudiantes que trabajen en sus compañías y la respuesta positiva en todas las empresas, destacando lo siguiente:

- La inversión en capacitación de TI no es alta hoy en día debido a que hay una gran oferta de tutoriales guías y cursos gratuitos o a bajos costos.

También las empresas manifestaron que estarían dispuestas a contratar a los estudiantes que demuestren un buen desempeño durante sus periodos de prácticas. Por último, se les consultó a las empresas si contratarían a estudiantes que posean una base de conocimiento académico suficiente para incorporarlos en los proyectos empresariales. Todas las respuestas fueron afirmativas, destacando que, entre las empresas consultadas, hay una que ya contrata estudiantes. Mientras otra empresa manifestó que contrataría estudiantes que ya tengan habilidades de desarrollo en tecnologías específicas que se usan en la empresa.

Discusión

Tras obtener los resultados, lo primero que se evidencia es que es prácticamente equitativa la participación del sector privado y público en los programas de pasantías o prácticas preprofesionales. Sin embargo, una mayor participación del sector privado es necesaria dado que los países donde se registran casos de éxito de los programas de formación dual cuentan con una participación mayoritaria de empresas privadas y esto se debe al apoyo gubernamental que existe para incentivar este tipo de participación en la formación de futuros profesionales (Federal Ministry for Economic Affairs, 2019; Glawogger, 2020).

Este estudio evidencia que el tiempo en el cual los estudiantes realizan prácticas o pasantías va de tres a seis meses y que un número reducido de estudiantes son contratados en las empresas en la que realizaron sus prácticas. Este dato revela que el tiempo en el que un estudiante puede poner en práctica los conocimientos adquiridos en el aula es muy corto, tomando en cuenta que la carrera universitaria conlleva un periodo de estudios de cuatro a cinco años. Además, cabe hacer notar que, a diferencia de las prácticas preprofesionales, solamente las pasantías son remuneradas. Este factor es determinante dado que si el trabajo que realiza un estudiante es remunerado este se puede sentir más motivado en cumplir las tareas encomendadas.

Los estudiantes ven el programa de prácticas o pasantías como un instrumento, mas no como una herramienta de aprendizaje o mejoramiento de aprendizaje. Y las universidades solo

se limitan a controlar que se cumpla con el número de horas encomendadas, pero no se está cumpliendo con el objetivo de vinculación con la empresa, o se cumple en un bajo porcentaje.

Por otra parte, la percepción que tienen los alumnos sobre la formación académica que reciben en las aulas frente a las actividades que realizan en sus prácticas o pasantías les ayuda en un promedio del 50%. Este factor se debe a que en el campo laboral se requieren diversos tipos de habilidades que no son abordadas en las aulas debido a la amplitud del campo de estudio. Muchos puestos de trabajo requieren realizar actividades administrativas o específicas que solo se pueden aprender en la práctica. Este factor determina la necesidad de ampliar el tiempo de duración de los programas de prácticas o pasantías, o bien adoptar un modelo dual para que de esta manera las habilidades que se requieren en los puestos de trabajo sean cubiertas de una manera más eficiente.

En cuanto a las empresas que ofrecen programas de prácticas o pasantías, destinan a sus practicantes un asesor o guía; en otros casos los capacitan en torno a las actividades que deben realizar. Es razonable que exista una guía para los practicantes en las empresas para que los practicantes puedan llevar a cabo sus actividades. La guía que da la empresa es determinante en la experiencia del practicante dado que del guía pueden aprender nuevas habilidades a través de la experiencia del asesor.

En lo referente a los conocimientos académicos de los graduados frente a las actividades que los estudiantes realizaban en sus prácticas o las necesidades del ejercicio laboral se puede evidenciar que existe una descoordinación entre la academia y la empresa en cuanto al conocimiento que se debe impartir. Las habilidades que requieren las empresas están determinadas por el mercado laboral, razón por la cual, si los institutos de educación superior no toman en cuenta estos factores, pueden graduar estudiantes que perciben que no están preparados para afrontar los retos del mundo laboral. Las carreras relacionadas con tecnologías tienen un reto mayor, dado al constante cambio que se tiene con la llegada de nuevas innovaciones, razón por la cual en estas carreras se toma un tiempo considerable para impartir las bases de conocimiento. Es en el mundo laboral donde, con estas bases, los graduados pueden adquirir las habilidades requeridas en los puestos de trabajo. Sin embargo, con una formación de tipo dual, esta brecha se acorta, dando paso a profesionales mejor preparados para los retos del mundo laboral.

Cabe mencionar que la mayoría de encuestados consideran que un programa de formación dual sería adecuado para su formación profesional. De igual manera las empresas privadas consultadas en este estudio ven como una ventaja incorporar estudiantes en sus proyectos. A pesar de que en Ecuador se contemple la formación dual, este programa no ha sido implementado. Por lo que este estudio se enfocó en esta problemática (Espinoza Freire, 2020).

Tras el análisis de los resultados, y desde el punto de vista de los autores de este estudio, para que la formación dual se pueda integrar en Ecuador se debe considerar los siguientes parámetros:

1. Crear condiciones para el sector privado desde los organismos gubernamentales a través de incentivos o reducciones del pago de rentas e impuestos para que estas empresas acojan el modelo de formación dual y puedan recibir a estudiantes que opten por este modelo.
2. Que las universidades se coordinen con las empresas para ofrecer programas de formación dual o por lo menos poder extender la duración de los programas de

- pasantías, con el objetivo de que los estudiantes puedan tener un tiempo considerable de formación práctica que les permita incorporarse rápidamente al mercado laboral.
3. La dualidad debe planificarse desde el inicio de la carrera y las prácticas deben ser multietapas con tendencia a la especialización de acuerdo con la planificación de la malla curricular.
 4. Incorporar a los estudiantes de formación dual desde el segundo o tercer semestre a las empresas, esto con el objetivo de que se imparta una preparación básica de conocimientos a los estudiantes antes de que ellos puedan integrarse a las empresas.
 5. Que tanto las universidades como las empresas brinden a los estudiantes un asesor con el fin de guiarlos en su formación dual. La experiencia de las prácticas de los estudiantes en empresas se evidencia como buena en cuanto se contaba con un asesor para guiar a los estudiantes durante las prácticas. De manera similar en los programas de formación dual es necesario un asesor que guíe a los estudiantes durante su proceso de formación.
 6. Este estudio se llevó a cabo para carreras del sector de las TIC, en donde se evidenció una gran apertura a un sistema de formación dual tanto por parte de los estudiantes como por las empresas de este sector. Esto se debe a la motivación que tendría el estudiante de participar de un programa de formación remunerado en una empresa que le permita lograr completar sus estudios. Sin embargo, para carreras de otros sectores es necesario hacer un estudio aplicado a las necesidades de formación dual.

En la siguiente sección se presentan las conclusiones de este estudio.

Conclusiones

Los resultados de esta investigación reflejan que los programas académicos de las universidades no están actualizados conforme a las demandas del mercado laboral, aspecto que es verificable debido al alto grado de dinamismo del conocimiento tecnológico. Sin embargo, el sector de tecnologías de información ha mostrado un interés significativo por participar en programas de formación dual. Tanto empresas como estudiantes ven una gran ventaja en este tipo de formación. Las empresas que incorporan estudiantes en su nómina pueden cultivar las habilidades requeridas en cada empresa para que el estudiante pueda desempeñar su trabajo de manera efectiva.

Las empresas de este sector no ven una barrera en el tema de incorporar estudiantes en sus vacantes o puestos de trabajo, más aún si el estudiante ha recibido una capacitación mínima para abordar sus tareas laborales. Esta capacitación se puede complementar con las bases académicas que un estudiante recibe en un centro de estudios de educación superior, razón por la cual no es conveniente incorporar a los estudiantes a las empresas desde el primer día de su programa de formación. Antes debe existir la capacitación y el estudio pertinente que permita al estudiante a desempeñarse en las labores encomendadas en una empresa.

Por este motivo es indispensable llevar una adecuada coordinación entre universidad y empresa, de esta manera a partir del inicio del segundo año de estudio (tercer semestre) un estudiante podría incorporarse al sistema de formación dual. También es indispensable que el trabajo que realice el alumno en las empresas o las prácticas las pueda cumplir por un periodo de tiempo considerable, es decir mayor a un año. Así se puede asegurar que una formación dual se ejecute de una manera adecuada y que el estudiante pueda adquirir habilidades del ejercicio laboral que no se aprenden en las aulas. Que la parte práctica aprendida en los puestos de trabajos se refuerce con la enseñanza impartida en los centros de estudio y que por último el

estudiante conozca las necesidades del mercado laboral para que una vez que se gradúe tenga la confianza de contar con los conocimientos necesarios para el ejercicio profesional.

Es necesario que las universidades refuercen los programas de pasantías o prácticas preprofesionales, extendiendo su duración o bien adoptar un modelo de formación dual en todas las carreras profesionales. La innovación educativa es una constante necesidad de los centros de estudio para formar a los futuros profesionales y la formación dual puede ser el pilar de ese proceso de innovación.

La dualidad no debe quedar solo en las pasantías, sino que incluye una coordinación académica (in situ) ésta implica que las clases prácticas se realicen en las empresas. En el caso de las prácticas preprofesionales, se debería crear un vínculo de conocimiento a partir de las capacidades de los estudiantes y las necesidades de las empresas (aprovechar las habilidades, destrezas e intereses de conocimiento de los estudiantes con los requerimientos de la empresa u organización); esto serviría para que la Universidad tenga alternativas hacia a donde acuden los estudiantes a realizar sus prácticas y vincularlos en áreas específicas del conocimiento.

Asimismo, los resultados de la investigación demuestran que los egresados tienen un déficit de conocimiento como para ser contratados inmediatamente después de las pasantías. Solamente el 11% de los egresados se les ha ofrecido un empleo. Si se compara con otros países, como Alemania donde aproximadamente un 48% de los estudiantes se les ofrecen un empleo inmediato. Esto se debe a que las empresas no están dispuestas a pagar por un trabajo no calificado, estas estarían dispuestas a pagar más, por un trabajador calificado. Los resultados reflejan de que las universidades no están arrojando profesionales capaces de cubrir la demanda que el mercado requiere.

Actualmente se evidencia que, si un estudiante quiere poner en práctica los conocimientos adquiridos en las aulas, solo cuenta con un programa de pasantías o práctica preprofesionales, el cual no dura más de un periodo de seis meses, lo que limita el aprendizaje de las habilidades requeridas en las empresas, lo que provoca problemas para encontrar el personal adecuado para los puestos de trabajo. En cambio, si el estudiante participa de un programa de formación dual o pasantías que tengan un tiempo mínimo de un año, es viable que las empresas, en donde estos estudiantes realizan sus prácticas, los puedan contratar en el caso que demuestren tener un grado de conocimiento en las habilidades específicas que requieren los puestos de trabajo.

Este reto se puede lograr ampliando la duración de los programas de pasantías o bien adoptando un modelo de formación dual donde se tenga una adecuada cooperación entre empresas y universidades. Con esto, el personal de talento humano podrá encontrar profesionales preparados para los retos laborales de una forma eficiente dado que, a partir de los casos de éxito analizados en este estudio, el proceso de aprendizaje basado en la experiencia práctica que se puede adquirir mediante la formación dual es una forma efectiva de preparar a los futuros profesionales y que estos adquieran la experiencia requerida en el mercado laboral.

Reconocimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento a la Universidad Nacional de Loja, a la Universidad Internacional del Ecuador, a la Universidad Tecnológica Empresarial de Guayaquil, así como las empresas privadas y públicas que participaron en los programas de encuestas, gracias por su colaboración en este estudio.

Referencias

- AESOFT. (2011). Estudio de Mercado del Sector de Software y Hardware de Ecuador. Ecuador.
- Anjum, S. (2020). Impact of internship programs on professional and personal development of business students: A case study from Pakistan. *Future Business Journal*, 6(1), 1-13.
- Bravo, D., Peirano, C., Sevilla, M. P., & Weintraub, M. (1999). Formación Dual. Un Desafío para Chile.
- Carranza, A. G., González, M. G. A., & Ojeda, R. E. P. (2016). Modelo de formación dual del Tecnológico Nacional de México. *Revista de Investigación en Educación*, 14(2), 170-183.
- Carrasco Miró, A., Colombo Vilarrasa, C., Pozo, I. de B., & Salvans Subirats, G. (2021). *Buenas Prácticas en Formación profesional dual en España. 14 indicadores europeos de calidad, 102 ejemplos autonómicos* - Publicaciones - Ministerio de Educación y Formación Profesional. Recuperado en octubre 4, 2022, de <https://sede.educacion.gob.es/publiventa/d/25518/19/0>
- Ching-Chiang, L. W. C., & Carrera, D. F. (2020). Building a transition to the engineering fieldwork through project-based learning. In *Experiencias e Investigaciones en Contextos Educativos* (pp. 461-470). Dykinson.
- Creswell, J. W., & Poth, C. N. (2016). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches*. Sage publications.
- Euler, D. (2013). Germany's dual vocational training system: A model for other countries?
- Espinoza Freire, E. E. (2020). La formación dual en Ecuador, retos y desafíos para la educación superior y la empresa. *Revista Universidad y Sociedad*, 12(3), 304-311.
- Federal Ministry for Economic Affairs, (2019). *SMEs Digital Strategies for the digital transformation*. Recuperado en julio 12, 2022, de www.bmw.de.
- Fougère, D., & Schwerdt, W. (2002). Are apprentices productive? *KONJUNKTURPOLITIK-BERLIN-*, 48(3/4), 317-346.
- Franch Parella, J., & Carmona Hernández, G. (2018). The German business model: The role of the Mittelstand. *Journal of Management Policies and Practices*, 6(1), 10-16.
- Garavan, T. N. (2016). A Strategic Perspective on Human Resource Development. *Advances in Developing Human Resources*. <https://doi.org/10.1177/1523422306294492>
- Gessler, M., & Peters, S. (2017). Implementation of dual training programmes through the development of boundary objects: A case study. *Educar*.
- Göhringer, A. (2002). University of Cooperative Education-Karlsruhe: The Dual System of Higher Education in German. *Asia Pacific Journal of Cooperative Education*, 2 (2), 53-58. Recuperado de: http://www.apjce.org/files/APJCE_03_2_53_58.pdf
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (6ta ed.). D.F: McGraw Hill. Recuperado el 28 de noviembre de 2021
- Hughes, C. (Ed.). (2016). *Bridging the scholar-practitioner gap in human resources development*. IGI Global.
- Jawabri, A. (2017). Exploration of Internship Experience and Satisfaction Leading to better Career prospects among Business Students in UAE. *American Journal of Educational Research*, 5(10), 1065-1079.
- Méndez Mantuano M. O., Solís Sierra M. N., & Morales Villacís M. del R. (2019). LA FORMACIÓN DUAL Y EL CAMBIO DE LA MATRIZ PRODUCTIVA DEL ECUADOR. *Universidad Ciencia Y Tecnología*, (02), 10. Retrieved from <https://uctunexpo.autanabooks.com/index.php/uct/article/view/71>
- Noe, R., Hollenbeck, J., Gerhart, B., & Wright, P. (2006). *Human Resources Management: Gaining a Competitive Advantage, Tenth Global Edition*. New York, MA: McGraw-Hill Education.

- Pogatsnik, M. (2018). Dual education: The win-win model of collaboration between universities and industry.
- PROCHILE. (2012). Estudio de Mercado Servicio Desarrollo de Software en Ecuador. Chile.
- PromPerú. (2011). ECUADOR – Perfil de Mercado de Software.
- Por qué invertir en capacitación de empleados.* (n.d.). Recuperado en julio 12, 2022, de <https://negociosdigitalesmovistar.com/gestion/invertir-en-capacitacion-de-empleados-es-esencial-para-aumentar-la-productividad/>
- Reyes, T. (1999). Métodos cualitativos de investigación: los grupos focales y el estudio de caso. In *Forum empresarial* (Vol. 4, No. 1, pp. 74-87). Universidad de Puerto Rico.
- Siegel, G., Sorensen, J. E., Klammer, T., & Richtermeyer, S. B. (2010). The ongoing preparation gap in management accounting education: A guide for change. *Management Accounting Quarterly*, 11(4), 29.
- Sims, R. R. (2002). *Organizational success through effective human resources management*. Greenwood publishing group.
- Ton, Z. (2014). *The good jobs strategy: How the smartest companies invest in employees to lower costs and boost profits*. Houghton Mifflin Harcourt.
- Torres, M., Paz, K., & Salazar, F. (2006). Tamaño de una muestra para una investigación de mercado. *Boletín electrónico*, 2, 1-13.
- Zeichner, K. (2010). Rethinking the connections between campus courses and field experiences in college-and university-based teacher education. *Journal of teacher education*, 61(1-2), 89-99.

Cambios en la estructura de financiamiento: caso florícola ecuatoriana

Changes in the financing structure: Ecuadorian floriculture case

Víctor Pinzón-Pinzón¹ <https://orcid.org/0000-0002-3277-4049>,
Irma Abrigo Córdova¹ <https://orcid.org/0000-0002-1537-6313>

¹Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador

victor.pinzon@unl.edu.ec, irma.abrigo@unl.edu.ec



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

Enviado: 2022/12/21

Aceptado: 2023/06/08

Publicado: 2023/06/30

Resumen

El sector florícola ecuatoriano es un segmento privado, dedicado a la producción agrícola y exportación de flores a mercados internacionales como: Estados Unidos, la Unión Europea, la Federación Rusa y Canadá. Sector que ha venido incrementando sus niveles de exportación durante los últimos años, lo que aporta significativamente al crecimiento económico del país; sin embargo, a pesar de ser un pilar para la economía de Ecuador, sus procesos financieros no son ejecutados de tal manera que les permita mejorar su rentabilidad. Por tal razón, esta investigación se enfoca a un caso de estudio de una florícola ecuatoriana, ubicada en Quito, de nombre “Rosas del Alamo Rosalamo Cía. Ltda.”, durante los periodos 2019 y 2020. Se realizó una evaluación de la situación financiera, se empleó el análisis horizontal y vertical de los estados financieros, con la aplicación de ratios y cálculos financieros, la determinación de la estructura y costo de capital, las necesidades de capital de trabajo para la empresa. Con toda la información recopilada se elaboró una propuesta de reestructuración financiera que le permitió a la florícola conocer los beneficios para la adquisición de un terreno y la ampliación de la infraestructura de los invernaderos. Esta situación es relevante debido a que actualmente el terreno utilizado está dado en calidad de préstamo, lo que incurre en gastos de arrendamiento. La nueva estructura de capital incluye endeudamiento a largo plazo, representa un riesgo aceptable y moderado que permitirá una inversión en un terreno propio de 5 hectáreas que contendrá 22 naves por hectárea e incrementará la capacidad instalada y el volumen de producción. Como resultado se logrará mejorar la rentabilidad.

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

Como citar: Pinzón-Pinzón, V. & Abrigo, I. (2023). Cambios en la estructura de financiamiento: caso florícola ecuatoriana. *Revista Tecnológica - Espol*, 35(1), 29-50.

<http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/998>

Palabras clave: Análisis financiero, rentabilidad, capital, premisas, presupuesto.

Abstract

The Ecuadorian flower sector is a private sector dedicated to the agricultural production and export of flowers to international markets, such as the United States of America, the European Union, the Russian Federation, and Canada. This sector has been increasing its export levels during the last years, contributing significantly to the country's economic growth; however, despite being a pillar for the economy of Ecuador, its financial processes are not executed in a way that allows profitability to improve. For this reason, this research focuses on a case study of an Ecuadorian floriculture company in Quito, named "Rosas del Alamo Rosalamo Cía. Ltda." during 2019 and 2020. An evaluation of the financial situation was carried out, using the horizontal and vertical analysis of the financial statements with the application of ratios and financial calculations, the analysis of the structure and cost of capital, and the working capital needs of the company. With all the information collected, a financial restructuring proposal was prepared, which allowed the floriculture company to know the benefits of acquiring land and expanding the greenhouse infrastructure. This situation is relevant since the land used is currently given as a loan, which incurs leasing expenses. The new capital structure includes long-term debt, representing an acceptable and moderate risk that will allow investing in a 5-hectare plot of land of its own that will accommodate 22 buildings per hectare and increase the installed capacity and production volume. As a result, profitability will be improved.

Keywords: Financial analysis, profitability, capital, premises, budget.

Introducción

En Ecuador las pequeñas y medianas empresas, (PYMES), son consideradas uno de los pilares de su estructura económica, pues, además de generar puestos de trabajo, contribuyen al desarrollo del aparato productivo del país. Por lo general, estas empresas se concentran en actividades económicas referentes a comercio, agricultura, industria entre otras. Por lo antes mencionado, se evidencia el valioso aporte que las PYMES otorgan a Ecuador, de manera especial, a través de la exportación de sus bienes y servicios. En el caso del sector florícola el 7.3% de las divisas ingresadas al país derivan de este importante sector (BCE, 2019).

Según datos reportados por Agrocalidad (2021) en su boletín informativo, durante el 2021, Ecuador exportó más de 8 millones de cajas de flores y follajes ornamentales con destinos a más de 100 países alrededor del mundo. En el boletín se determinó que, al 31 de diciembre de 2021 en Ecuador, existieron 974 centros de acopio para la exportación de flores y follajes ornamentales, concentrados principalmente en las provincias de Pichincha, Cotopaxi, Carchi e Imbabura. Esta situación determinó que el 60% de estos centros de acopio se encuentran en la provincia de Pichincha, entre las cuales, se consideró esta empresa familiar constituida como compañía limitada en octubre de 2015 en el cantón Quito de la Provincia de Pichincha, su actividad económica es el cultivo y la comercialización de flores.

Desde el inicio de sus actividades, las ventas se enfocaron principalmente en mercados internacionales. Al respecto, en 2020, se obtuvo ingresos por un valor de USD 1239 776,11 en contraste a las ventas locales de USD 31 569,34; mientras que en 2019 se alcanzó un valor de USD 1531 024,62 frente a las ventas locales de ese periodo por USD 40 156,01. Por tanto, existe una diferencia en las exportaciones de USD 291 248,51 en 2019 en comparación al 2020.

En este contexto, en el análisis de los estados financieros -a pesar de que la empresa cuenta con importantes ingresos anuales- se evidencia una baja utilidad en el ejercicio lo que permitió determinar el siguiente problema de investigación ¿Los cambios en la estructura de financiamiento de la empresa “Rosas del Alamo Rosalamo Cía. Ltda. de la ciudad de Quito, durante los periodos 2019 y 2020, facilita la elaboración de una propuesta de reestructuración financiera? El presente trabajo investigativo pretende aportar conceptos, premisas y ejecutar un análisis financiero para emitir la propuesta mencionada.

En la investigación se estableció como objetivo analizar los cambios de la situación financiera de las florícolas de la provincia de Pichincha: Estudio de caso “Rosas del Alamo Rosalamo Cía. Ltda.”¹, de la ciudad de Quito periodos 2019 y 2020, para la elaboración de una propuesta de reestructuración financiera. Al respecto se determinó la situación financiera de la estructura y costo de capital de las florícolas de la provincia de Pichincha: Estudio de caso “Rosas del Alamo Rosalamo Cía. Ltda.”, de la ciudad de Quito periodos 2019 y 2020; evaluar las necesidades económicas de capital de trabajo de las florícolas de la provincia de Pichincha: Estudio de caso “Rosas del Alamo Rosalamo Cía. Ltda.”, de la ciudad de Quito periodos 2019 y 2020 y definir estrategias de mejora para las florícolas de la provincia de Pichincha: Estudio de caso “Rosas del Alamo Rosalamo Cía. Ltda.”, de la ciudad de Quito periodos 2019 y 2020, en función de una propuesta de reestructuración financiera.

Por otra parte, cabe destacar la significación de la evaluación financiera, Meza (2013) manifiesta que la misma constituye un proceso cuya finalidad es medir la rentabilidad de un proyecto. Para este fin se parte de conocer la inversión inicial y los beneficios netos esperados, orientada a observar los factores involucrados en su realización, sin la misma, una sociedad comercial no cuenta con la información necesaria para la toma de decisiones basadas en los alcances y riesgos de un proyecto (Cevallos-Ponce, 2019). Al respecto, permite el conocimiento de los montos de inversión del proyecto y sus costos asociados, para analizar los niveles de precios que determinen las metas de ingresos o ventas, así como, valorar la capacidad del referido para generar riqueza.

La importancia de evaluar financieramente radica en tomar la mejor decisión al momento de invertir, pues los recursos que se asignan a un proyecto deben generar liquidez, rentabilidad y valor en el futuro para la empresa e inversionistas. Asimismo, origina numerosas ventajas para las firmas, pues permite la valoración de los riesgos y la viabilidad de los proyectos de inversión, además, orienta de manera adecuada, la toma de decisiones (Arboleda y Arias, 2020). En este contexto, Baca (2010) expresa que en la evaluación financiera se utiliza dos tipos de métodos de evaluación, los que toman en cuenta el valor del dinero a través del tiempo, como la tasa interna de rendimiento (TIR) y el valor presente neto (VAN). Además los métodos contables de evaluación, destacándose, los indicadores o razones financieras, que no toman en cuenta el valor del dinero a través del tiempo. Yongjian et al. (2008) sostienen que estos constituyen unos de los métodos más comunes, basados en pronósticos de flujo de caja.

En este contexto, el análisis financiero de acuerdo a Nava (2009) permite identificar las condiciones en las que opera la empresa en cuanto a liquidez, solvencia, endeudamiento, eficiencia, rendimiento y rentabilidad, favoreciendo la toma de decisiones gerenciales, económicas y financieras en la actividad empresarial independientemente del tamaño de la

¹ Es importante mencionar que existe el permiso consentimiento para escribir el nombre de la empresa en estudio en este artículo, por tanto, se ha entregado un documento firmado por el gerente propietario de la referida a la revista RTE.

empresa o su actividad productiva. Siendo así, una parte significativa e integral del análisis de negocios para mejorar las decisiones mediante la evaluación de la información, disponible sobre la situación financiera de una compañía, su gestión, sus planes y estrategias, y su entorno empresarial (Babalola y Abiola, 2013).

Con relación a lo expresado anteriormente, el análisis financiero constituye una técnica para evaluar la información contable, económica y financiera en un momento transcurrido, por tanto, se refiere a información económica del pasado. Esta técnica permite la toma de decisiones para el logro de metas y objetivos fijados. En igual forma, Bonsón et al. (2009) consideran que se enmarca en un proceso de transformaciones, representaciones gráficas, ratios y otros cálculos, para consolidar un informe sobre el análisis efectuado a los estados financieros, incluyendo alguna información complementaria, evaluando de esa manera la liquidez, solvencia y rentabilidad de la empresa.

Por consiguiente, el análisis por indicadores, según Fraile et al. (2013) logra presentar en términos comprensibles y comparables un complejo conjunto de cifras, las cuales contienen una enorme cantidad de supuestos y limitaciones subyacentes, es decir, resultaría muy difícil extraer de los estados contables de una compañía, información que permita mejorar el proceso de toma de decisiones sin el uso de ratios financieros. En el mismo contexto, Alia y Imdadul Haque (2014) afirman que la posición financiera de la marca, revela la solidez financiera y refleja la eficiencia para administrar sus recursos. Ya que sostienen que debe haber un equilibrio óptimo entre la liquidez o solvencia, y el uso de los recursos, debido a su relación inversa. Asimismo, el término, liquidez, se refiere a la capacidad de pago a corto plazo, mientras la solvencia utiliza para revelar la capacidad de pago a largo plazo de las compañías. Por tanto, sobre la base de los índices de liquidez y solvencia, se mide la posición financiera de las compañías.

Al respecto, Ortiz (2011) expresa que los índices de liquidez sirven para medir la capacidad de las empresas, cancelar sus obligaciones de corto plazo, establecer la facilidad o dificultad y pagar sus pasivos corrientes, con el propósito de convertir a efectivo sus activos corrientes y determinar qué pasaría si a la empresa, se le exigiera el pago inmediato de todas sus obligaciones a menos de un año. Esta prueba evalúa a la empresa desde un punto de vista de liquidación, en lugar de juzgarla como una empresa en marcha. Del mismo modo, Pérez (2015) sostiene que los flujos de caja se reparten en el transcurso del tiempo, por lo tanto, la liquidez se aplica a varios plazos.

Por otro lado, en la reestructuración financiera, según Gutiérrez Carmona y Gutiérrez González (2018) las finanzas y la estrategia cuentan con herramientas suficientemente probadas para evaluar las diferentes alternativas de desarrollo de la empresa. Además, recomienda el curso de acción que debe seguir la misma, para alcanzar el estado futuro que proponen los directivos. En efecto, Rizzo (2007) acota que “la reestructuración financiera es uno de los puntos de inflexión más importantes en la vida de las empresas y en el estudio de las finanzas”, esto considerando que la reestructuración de pasivos o reestructuración financiera, constituye una toma de decisiones para el largo plazo, la cual, se origina en problemas del corto plazo, su importancia es tal, pues define la continuidad de la firma y la nueva estructura de capital.

Destacando que la estructura de capital es un factor de mucha importancia para el valor de una empresa, este se relaciona con dos elementos que son los futuros flujos de fondos y la tasa a la que se descuentan los mismos. Por otra parte, el costo promedio de capital es la mínima rentabilidad exigida a las inversiones que realizan las empresas y es necesario tomar en cuenta que esta rentabilidad mínima surgirá del proceso de reestructuración financiera, con un impacto

decisivo en la aceptación de inversiones que generarán valor a las referidas. Dentro de este orden de ideas, Paradero (2020) sostiene que el término reestructuración financiera consiste en la modificación de la estructura de capital de un deudor para que su situación y obligaciones financieras resultantes, se adapten a su perfil esperado de generación de flujo de caja y sean refinanciables en el mercado.

Materiales y Métodos

En el presente estudio se utilizó una metodología conformada por el enfoque metodológico, tipo de diseño, alcance, métodos y técnicas de investigación.

Enfoque Metodológico. La investigación tuvo un enfoque mixto, pues, se utilizaron procesos metódicos, empíricos y críticos, lo que permitió la recolección y análisis de datos cuantitativos y cualitativos, análisis y discusión de resultados, hasta llegar a las conclusiones.

Tipo de Diseño. Se trata de una investigación no experimental, por lo que no se manipulan las variables, es decir, no se modifica de manera intencionada la variable independiente para analizar su incidencia en la variable dependiente. Se observan los resultados de la entrevista, análisis e indicadores financieros y métodos de evaluación financiera, para estudiarlos y a partir de ellos, plantear la propuesta. Por otra parte, el diseño en referencia es transeccional o transversal, en vista que, el desarrollo de la investigación, se lo realiza en un momento determinado de tiempo, en este caso el periodo 2019 y 2020.

Alcance de la Investigación. Es una investigación de tipo descriptivo que permitió especificar la estructura de la evaluación financiera de la empresa en sus diferentes etapas y caracterizó las fases que conforman una reestructuración financiera aplicada a la entidad.

Métodos de Investigación. En el presente estudio se utilizaron los siguientes métodos para el cumplimiento de los objetivos en la investigación:

Método Inductivo. Este método inicia con el estudio de la situación financiera de la estructura y costo de capital, con la finalidad de evaluar las necesidades económicas de capital de trabajo y así establecer las estrategias de mejora para plantear una propuesta de reestructuración financiera, siendo la misma, replicable en el contexto nacional y mundial.

Método Analítico. En este proceso cognoscitivo se describe los resultados del análisis financiero, indicadores financieros y métodos de evaluación financiera, con el objetivo de establecer relaciones causales entre ellos. Lo que permitió realizar la evaluación financiera de la empresa en estudio para, posteriormente, proponer medidas de solución a la problemática encontrada, a través de la formulación de una metodología financiera.

Método matemático. En este método se aplicaron las fórmulas para el cálculo de los indicadores financieros de: rentabilidad, liquidez y endeudamiento. También el capital de trabajo y proyecciones del flujo de efectivo, entre los principales. Información que contribuyó a fundamentar la propuesta referida.

Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos. Se usaron técnicas cualitativas y cuantitativas, tanto para la información primaria, como fue la observación y entrevista estructurada al Gerente y personal administrativo de la empresa. Y para la secundaria, las bases de datos documentales, en las que se encontró información de artículos científicos, libros y estados financieros de la empresa en estudio. Los instrumentos empleados fueron la matriz de

consistencia, el cuestionario y la matriz FODA.

Unidad de estudio. El estudio es sobre la empresa del sector florícola “Rosas del Álamo Rosalamo Cía. Ltda.”. Se realizó el análisis financiero mediante la aplicación de indicadores y razones financieras, así como, la determinación de la estructura y costo de capital con la finalidad de diseñar una propuesta de reestructuración.

Procesamiento y análisis de datos. En este apartado se realizó el siguiente procedimiento y análisis de datos, a base de los objetivos de la investigación, detallados a continuación:

- a) Para conocer la situación financiera de la estructura y costo de capital de la empresa del sector florícola “Rosas del Álamo”, se procedió a realizar el análisis financiero al Balance General y Estado de Resultados de los períodos 2019 y 2020, aplicando las fórmulas de los indicadores financieros, utilizando el software de hojas de cálculo de Microsoft Excel en el procesamiento de los datos.
- b) En la evaluación de las necesidades económicas de capital de trabajo de la empresa en mención, se empleó el software alusivo en el anterior párrafo, se usaron fórmulas para calcular el capital de trabajo operativo, de trabajo neto operativo y trabajo con Sinergias.
- c) Al establecer la propuesta de reestructuración financiera para la empresa del sector florícola “Rosas del Álamo Rosalamo Cía. Ltda.”, se aplicaron fórmulas para realizar la amortización de la deuda, proyección de flujos y determinación del VNA y TIR, empleando el software de Excel.

Resultados y Discusión

Situación Financiera de la Estructura y Costo de Capital de la Florícola “Rosas del Álamo” *Estrategia metodológica*

En este acápite se consideró lo siguiente:

1. En primera instancia se realizó el examen de la situación inicial del negocio para determinar varias premisas en función a los indicadores obtenidos a partir del análisis horizontal y vertical, a través del cual, se identificaron las variaciones entre los dos años objeto de estudio 2019 y 2020, considerando las particularidades existentes.
2. Posteriormente, se estableció la situación real de la empresa en cuanto a su estructura de capital, nivel de costos operativos y de producción, así como sus niveles de ingresos y apalancamiento, para plantear sinergias y realizar los análisis de sensibilidad correspondientes, mismos que, permitieron determinar las posibles estrategias.
3. Otra variable de análisis se ejecutó en función a la determinación del valor de la inversión donde se revisó la tasa de descuento que se formuló en razón a la metodología establecida para la determinación del WACC Weighted Average Cost of Capital, por sus siglas en inglés, o coste medio ponderado del capital.

Las variables determinantes que se evaluaron fueron desarrolladas de la siguiente forma:

- a) EMBI: Debido a la posición actual de riesgo de Ecuador no es posible utilizar el dato vigente, para esto se simularon los promedios de 10 años de Riesgo, tomando en cuenta que el país presentó una situación similar en el 2008 y la condición de riesgo se ajustó con tendencia al dato propuesto.

- b) T: La tasa se calculó en función a la porción impositiva mantenida en Ecuador (25% IR, 15% PT)
- c) Rf: La tasa libre de riesgo se usó a base del rendimiento al 10 de mayo 2020 presentado por Bloomberg.
- d) Rm: Determinada a base de la data de “Risk Premium” para “Stocks - T.Bonds” en períodos 1928-2019 Damodaran.
- e) Betas: Las betas usadas corresponden a la data de Damodaran referente a las industrias promedio.

Es así que después de analizadas dichas variables se realizó la determinación de la inversión mediante la evaluación de la proyección de flujo de caja operativo y, de esa forma, la valoración de las estrategias y sinergias correspondientes. A través del análisis horizontal se identificaron las variaciones absolutas y relativas que han tenido las diferentes cuentas de los balances de la empresa en 2020 respecto al 2019.

En el Estado de Situación Financiera de la empresa, se puede identificar variaciones considerables en las siguientes cuentas:

- a) Para el año 2020, existió un considerable crecimiento de los activos en relación al año 2019, (353%) mismos que se vieron principalmente concentrados en la acumulación de los recursos disponibles en cuentas bancarias.
- b) Existió un crecimiento en la adquisición de materia prima directa e indirecta, fertilizantes en (136%) y plásticos de invernadero (593%), entre los años 2019 y 2020.
- c) La cuenta de impuesto a la renta creció un 902% en relación al 2019.
- d) El patrimonio crece en un 67% debido a su capital social, así también, casi en la misma proporción sus reservas y la acumulación de utilidades.

Luego de la aplicación del análisis vertical se obtuvieron las siguientes premisas:

- a) Los activos se concentraron en un relativo equilibrio para el 2019 entre sus activos corrientes con un 34% y un activo no corriente del 66%, para el 2020 debido a una disminución en su producción se identificó un incremento de recursos en las cuentas de activo disponible donde ahora se concentraría el 56% de los activos totales.
- b) La infraestructura necesaria para la producción del giro de negocio de esta empresa abarcó la mayor proporción de activos en el año 2019 y por motivo de pandemia y de disminución de producción en la empresa el activo se encuentra distribuido en bancos e infraestructura.
- c) La particularidad más importante del análisis vertical es que permitió identificar que los pasivos se encuentran completamente distribuidos en las cuentas de corto plazo, existiendo 0% de financiamiento a largo plazo lo que identificó que la empresa cuenta con prácticamente 0% apalancamiento. Esta información se corrobora en los anexos en los que se ubica el referido análisis.
- d) El patrimonio, representando a los recursos propios de los accionistas de la empresa tiene la mayor proporción de la estructura de capital de la empresa con un 80% y 84% para los años 2019 y 2020 respectivamente.

Propuesta de Reestructuración Financiera para la Florícola “Rosas del Álamo Rosalano Cía. Ltda., a través de Estrategias Financieras

A base de los resultados se establece la propuesta para el presente estudio.

Fase 1: Diagnóstico Situacional de la Empresa

a) Análisis Financiero a los Balances de la Empresa

A través de la aplicación del análisis horizontal y vertical, así como de indicadores financieros de la información del año 2019 y 2020 obtenidos en el primer objetivo se logró obtener la evaluación al desempeño económico.

b) Situación Financiera de la Estructura y Costo de Capital

La decisión o alternativa de endeudarse o capitalizar la empresa con dinero de inversionistas debe ser cautelosamente analizada, principalmente porque una decisión de la gerencia puede afectar la estructura de capital de la empresa. Es así que el costo de capital es una importante variable a considerar para analizar estrategias de manera que se pueda establecer posibilidades de nuevas estructuras de capital para la empresa.

El 80% de los activos está financiado por recursos propios. Alrededor del 20% se encuentra distribuido en el pasivo a corto plazo que son valores propios del giro del negocio y que complementan las obligaciones mensuales que deben ser cubiertas por la organización.

c) Diagnóstico de Capital de Trabajo

Capital de Trabajo son los recursos económicos que una empresa mantiene o necesita para llevar a cabo sus operaciones. El capital de trabajo (KT) debe entenderse no como una magnitud sino como una proporción de las ventas. Es así que representa lo que una empresa requiere para operar y básicamente, se refleja por el dinero de sus cuentas por cobrar y sus inventarios (López, 2012).

Tabla 1
Capital de Trabajo Operativo

Cuenta	Capital de Trabajo Operativo KTO = CxC + Inventario		
	Año 2019	Año 2020	Crecimiento
Ventas	1.571.180,63	1.271.345,45	-19,08%
CXC	67.828,85	77.611,57	14,42%
Inventarios	47.712,60	54.993,87	15,26%
KTO	115.541,45	132.605,44	17.063,99

Nota. Adaptado de los Estados Financieros de la Florícola, año 2019 y 2020, indicador de capital de trabajo operativo (2022).

En la Tabla 1, se observa que dado un cierto nivel de ventas para los años 2019 y 2020 se ha logrado establecer el valor de KTO para su ejecución. Otro aspecto importante son los márgenes de crecimiento de cada una de las cuentas de un año a otro. Se observa que, mientras hubo un decrecimiento en las ventas del año 2019 al 2020, hubo incremento en las cuentas por cobrar e inventarios. Lo óptimo en esta relación es evitar que los gastos y costos en efectivo, los inventarios, las cuentas por cobrar y las cuentas por pagar a proveedores, tengan un aumento mayor en proporción a las ventas. Si las cuentas por cobrar y los inventarios crecen en mayor proporción que las ventas, significaría que la empresa está acumulando recursos improductivos como es el caso actual, generando un costo de oportunidad para la empresa.

Fase 2: Viabilidad de la Reestructuración de la Estructura de Capital

d) Descripción de las Premisas para la Nueva Estructura de Capital

Capital de Trabajo con Sinergias

El capital de trabajo de las sinergias mantiene los mismos niveles de crecimiento con relación a las ventas, las mismas que están presupuestadas con un 5% cada año.

El KTNO crece por 2 considerando un incremento en los gastos, la implementación de un nuevo campo de infraestructura y una nueva planta de producción. Si bien es cierto esto compromete una mayor demanda de recursos para la generación de beneficios para la empresa, también es de considerar la incidencia que estos cambios ejercen en otros indicadores principalmente en los márgenes de utilidad.

Cabe destacar que para el análisis del KTNO se consideraron indicadores como los de rotación de cuentas por cobrar, cuentas por pagar e inventarios; así también margen operativo y margen EBITDA para poder establecer los valores comprometidos con relación de las ventas para las cuentas de inventarios. Los valores de cuentas por pagar se analizan en función de las veces de rotación que cada una de estas cuentas mantienen por cada año según el giro de negocio actual.

e) Detalle de la Reestructuración del Activo

Para realizar la reestructuración financiera de una florícola, se plantea los siguientes pasos a seguir:

Detalle de las Premisas (sinergias)

Con el fin de identificar el impacto directo de la propuesta se va a disponer de premisas relacionadas a la redistribución de la estructura de capital, siendo consideradas las siguientes variables para su análisis. Una vez establecida la propuesta de la implementación de una nueva infraestructura de producción:

1. Duplicar el rubro de ingresos alineado a la nueva planta de producción del mismo nivel de la actual.
2. Incremento de ingresos en un 5% anual durante 5 años para el análisis.
3. Se consideró el modelo de crecimiento basado en variables macroeconómicas que inciden de manera directa al comportamiento de los negocios, como son la inflación anual y la tasa de crecimiento del producto interno bruto Banco Central Del Ecuador (2021). Se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 2
Cálculo de la tasa del crecimiento anual

Tasa de crecimiento anual al 2019		
$g=[(1+i)*(1+\% \Delta \text{PIB})-1]*100$		
Variable	Descripción	Valor
g:	Tasa de crecimiento anual	6.22%
i:	Inflación anual	1.94
% Δ PIB:	Crecimiento anual del PIB	4.2

Nota. Cálculo de la tasa de crecimiento anual al año 2019, se considera una valor del 5% de forma muy conservadora (2022).

4. Crecimiento en el mismo nivel para las cuentas (5%) en rubros de costos y gastos,

- posterior a la duplicación de las mismas en función a los nuevos niveles de producción
5. Determinación de los recursos necesarios para el financiamiento, a través de una tabla referencial de costos para la implementación de los mismos.
 6. Establecimiento de las condiciones de financiamiento en función a las tasas referenciales establecidas en el país y elaboración de la tabla de amortización correspondiente.

f) Planteamiento del Presupuesto y uso de los Nuevos Recursos

Detalle de la Infraestructura de Producción (Terreno e Invernadero)

En función a las premisas planteadas y con el fin de estimular el apalancamiento financiero en la producción de flores, lo que representa, inversión en plantas, en parantes o postes metálicos (Serchas) y tubos galvanizados que forman las naves con figura de media luna, en la cubierta plástica y en el riego.

Los requisitos de infraestructura y equipo para la producción en campo e invernadero se evalúan sobre la base de una serie de suposiciones y definiciones técnicas. Estas se detallan a continuación:

1. El Terreno debe contar con un área igual al que actualmente se utiliza, es decir de 50 mil metros cuadrados o 5 hectáreas (ha.).
2. En cada ha. de Terreno se implementan 22 naves, conocidas como invernaderos, para un total de 110 naves. Cada nave tiene 70m de largo por 6,7m de ancho.
3. Cada nave contiene 10 camas de cultivo, y que a su vez cada cama requiere de 2 hileras de manguera de goteo.
4. El consumo de agua por día es de 250 a 300 m³.
5. Fuente de agua para sistema de riego: Sequia del terreno; pozo profundo y reservorio.
6. Pozo Profundo: es la mejor opción local y garantiza un suministro constante de agua. Se cubre una profundidad de 60 metros, con saco de grava y abrigo.
7. Reservorio de agua: 900m³, excavado, abierto y cubiertas las paredes con geomembrana.
8. Motor y bomba de extracción e impulsión: Las superficies evaluadas en esta guía requieren un motor de al menos 25 HP.
9. Se espera que los costos de materia prima, insumos y mano de obra se mantengan con los valores establecidos en los estados financieros actuales. Además se considera el mismo nivel de producción para esta nueva infraestructura a implementar.

Presupuesto de la Inversión

Tabla 3
Cuadro referencial de costos

Infraestructura - Invernadero y Terreno					
Detalle	Cantidad	Unidades	Costo Unitario	Costo total	
Terreno	50000	m ²	\$ 10,00	\$ 500.000,00	
Pozo profundo: (Geomembrana y excavación), dimensiones: 60m profundidad x 3,3 m diámetro.	500	m ³	\$ 150,00	\$ 75.000,00	
Reservorio: (Geomembrana y excavadora), dimensiones: 14m largo 15m ancho x 4m profundidad	900	m ³	\$ 35,00	\$ 31.500,00	

Infraestructura - Invernadero y Terreno				
Detalle	Cantidad	Unidades	Costo Unitario	Costo total
Plástico de Invernadero	300	rollo	\$ 250,00	\$ 75.000,00
Tubo galvanizado: (6m de largo x 2" de diámetro)	3520	unidad	\$ 20,00	\$ 70.400,00
Serchas - Postes: 17 por nave (110 naves)	1870	unidad	\$ 40,00	\$ 74.800,00
Plantas: (80.000 por hectárea x 5ha.)	400000	unidad	\$ 0,20	\$ 80.000,00
Motor sumergible 40 hp	1	unidad	\$ 25.000,00	\$ 25.000,00
Instalación eléctrica	1	global	\$ 10.200,00	\$ 10.200,00
Sistema de riego	700	m	\$ 30,00	\$ 21.000,00
Manguera de goteo: (2 hileras 70m x 10 camas x 110 naves)	154000	m	\$ 0,15	\$ 23.100,00
			TOTAL	\$ 986.000,00

Nota. Estimación de presupuesto de capital para infraestructura y equipo para la producción en campo e invernadero a base de una serie de suposiciones y definiciones técnicas (2022).

g) Detalle de la Nueva Estructura de Capital

Premisas para el flujo

Con la reestructuración de la empresa se pretende que la nueva estructura de capital, esté conformada por el 65% de pasivos, es decir, el financiamiento de \$986.000 y el 35% del patrimonio, ya que, se espera seguir trabajando con recursos propios por el valor de \$612.734.

h) Tabla de amortización de la deuda

Tabla 4
Tabla de amortización

Tablas de amortización francesa					
	Total Final del Crédito	Total Interés \$132.323	Total Amortización (\$132.323)		
Periodo	Cuota	Interés	Amortización	Saldo	Flujo de pagos
0				\$986.000,00	\$986.000,00
1	\$223.664,55	\$42.891,00	\$180.773,55	\$805.226,45	(\$223.664,55)
2	\$223.664,55	\$35.027,35	\$188.637,20	\$616.589,24	(\$223.664,55)
3	\$223.664,55	\$26.821,63	\$196.842,92	\$419.746,32	(\$223.664,55)
4	\$223.664,55	\$18.258,96	\$205.405,59	\$214.340,73	(\$223.664,55)
5	\$223.664,55	\$9.323,82	\$214.340,73	\$0,00	(\$223.664,55)
	\$0,00				

Nota. Tabla de amortización de préstamo tipo microcrédito adaptada a base de los valores establecidos en la Dirección Nacional de Síntesis Macroeconómicas (Sistema de Tasas de Interés), con pago anual (2022).

i) Proyección de Flujos de Efectivo – Costo de Inversión y TIR

A continuación, se presenta el flujo proyectado de fondos y la estimación de rentabilidad para cada uno de los rubros bajo análisis y el escenario considerado el impacto generado por el apalancamiento financiero planteado.

Tabla 5
Flujos proyectados

			SINERGIAS				
	Año 2019	Año 2020	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Ingresos	\$ 1.571.180,63	\$1.271.345,45	\$2.669.825,45	\$2.803.316,72	\$2.943.482,55	\$3.090.656,68	\$ 3.245.189,51
Costos	\$ 837.472,18	\$ 760.956,93	\$1.598.009,56	\$1.677.910,04	\$1.761.805,54	\$1.849.895,82	\$ 1.942.390,61
Utilidad Operativa	\$ 733.708,45	\$ 510.388,52	\$ 1.071.815,88	\$ 1.125.406,68	\$ 1.181.677,01	\$ 1.240.760,86	\$ 1.302.798,91
Gastos	\$ 126.843,08	\$ 96.120,13	\$ 201.852,27	\$ 211.944,89	\$ 222.542,13	\$ 233.669,24	\$ 245.352,70
Utilidad Bruta	\$ 606.865,37	\$ 414.268,39	\$ 869.963,61	\$ 913.461,79	\$ 959.134,88	\$ 1.007.091,62	\$ 1.057.446,21
Gastos Financieros (Actual)	\$ 24.165,06	\$ 17.205,69	\$ 245.171,67	\$ 250.548,44	\$ 251.623,80	\$ 252.742,17	\$ 253.905,27
Intereses y Comisiones Bancarios	\$ 24.165,06	\$ 17.205,69	\$ 21.507,11	\$ 26.883,89	\$ 27.959,25	\$ 29.077,62	\$ 30.240,72
Gastos			\$ 180.773,55	\$ 188.637,20	\$ 196.842,92	\$ 205.405,59	\$ 214.340,73
Intereses Bancarios	\$ -	\$ 64,88	\$ 42.891,00	\$ 35.027,35	\$ 26.821,63	\$ 18.258,96	\$ 9.323,82
Comisiones Bancarias	\$ 24.165,06	\$ 17.140,81					
Utilidad Antes Participación E Impuestos (Ebit)	\$ 582.700,31	\$ 397.062,70	\$ 624.791,94	\$ 662.913,35	\$ 707.511,08	\$ 754.349,45	\$ 803.540,93
Impuestos			\$ 116.836,09	\$ 123.964,80	\$ 132.304,57	\$ 141.063,35	\$ 150.262,15
Participación Trabajadores			\$ 93.718,79	\$ 99.437,00	\$ 106.126,66	\$ 113.152,42	\$ 120.531,14
Utilidad Neta Del Ejercicio	\$ 534.041,53	\$ 364.556,18	\$-986.000,00	\$ 414.237,06	\$ 439.511,55	\$ 469.079,85	\$ 500.133,69
			\$ 414.237,06	\$ 853.748,61	\$1.322.828,45	\$1.822.962,14	\$ 2.355.709,78
			Tasa Descuento	13,29%			
			VNA	\$1.619.572,61			
			TIR	36%			

Nota. Proyección del flujo de efectivo y cálculo del costo de capital promedio ponderado para determinar el valor neto actual y la tasa de interés de retorno de la inversión, considerando los valores de los estados de resultados del año 2019 y 2020 (2022).

j) Cálculo de la Tasa de Descuento, Costo de Capital Promedio Ponderado (WACC)

Para el análisis de este literal se han considerado los datos detallados en los siguientes párrafos:

- La Tasa de Descuento, se ha formulado en razón a la metodología establecida para la determinación del WACC Weighted Average Cost of Capital, por sus siglas en inglés, o coste medio ponderado del capital.

Situación Real

Figura 1

Cálculo del costo del promedio ponderado de capital real a base de la metodología establecida para la determinación del WACC Weighted Average Cost of Capital, por sus siglas en inglés

Año 2019		Required Return (Ra) = [Ba * (Rm - Rrf)]			
Apalancamiento		Tasa de Descuento			IMP (T)
D/E	0,25	EMBI	9,39%	(Costo deuda)	100
E	80,07%	T	36,25%	(Tasa de impuesto)	15
D	19,93%	rf	0,71%	(Tasa libre de riesgo)	85
D+E	100%	Rm-rf	6,43%	(Premio por el riesgo)	21,25
		β I	1,4229	(Beta apalancada o del patrimonio)	63,75
		β u	1,2280	(Beta desapalancada o de los activos)	36,25
		Kd	9,00%	(Riesgo País)	
		CAPM (Ke)	19,24%	[rf + β I (Rm-rf)] + EMBI	
		WACC	16,55%	[(D) (Kd) (1-T)] + [(E) (CAPM)]	

Sinergias

Figura 2

Cálculo del costo del promedio ponderado de capital a base de sinergias de acuerdo a la metodología establecida para la determinación del WACC Weighted Average Cost of Capital, por sus siglas en inglés

Apalancamiento		Tasa de Descuento		
D/E	1.86	EMBI	9.39%	(Costo deuda)
E	34.99%	T	36.25%	(Tasa de impuesto)
D	65.01%	rf	0.71%	(Tasa libre de riesgo)
D+E	100%	Rm-rf	6.43%	(Premio por el riesgo)
		β I	2.6826	(Beta apalancada o del patrimonio)
		β u	1.2280	(Beta desapalancada o de los activos)
		Kd	9.00%	(Riesgo País)
		CAPM (Ke)	27.34%	[rf + β I (Rm-rf)] + EMBI
		WACC	13.29%	[(D) (Kd) (1-T)] + [(E) (CAPM)]

a) Determinación de la Rentabilidad y Creación de Valor para la Empresa

Se consideran los resultados obtenidos en la proyección de flujo de capital del literal h.

Tasa Descuento	13,29%
VNA	\$1.619.572,61
TIR	36%

Si bien es cierto no es un valor que se puede asumir como la rentabilidad esperada por

el accionista inversor, es importante señalar que es la tasa con la cual, se realizan los descuentos para el cálculo del valor presente y la TIR, valor que sí representa la rentabilidad esperada por el accionista.

Considerando un ROE tentativo del 6% y un WACC por encima del 13% se evidencia una problemática importante en el análisis y propuesta generada pues se identifica la necesidad de incrementar el porcentaje de retorno requerido por el accionista.

Planteamiento de la Propuesta de Reestructuración

Bajo las premisas desarrolladas y después de la evaluación correspondiente se llegó al planteamiento de la siguiente propuesta financiera:

- a) En vista de la carencia de infraestructura propia de la empresa y también del disponible es conveniente proponer la adquisición de una infraestructura propia.
- b) La evidente carencia de escudo fiscal sugiere que la viabilidad económica de la constitución de dicha infraestructura sea posible, en función a un apalancamiento de terceros. En este caso, a través de financiamiento bancario evaluado con una tasa de interés referencial por un monto de \$ 986.000,00, valor referencial evaluado bajo costos de producción referenciales, sugeridos anteriormente en el presente estudio.
- c) La disponibilidad de liquidez actual por parte de la empresa, no compromete los indicadores de endeudamiento vigentes y, así mismo, permite el incremento de costos sugeridos de acuerdo al crecimiento de producción planteado que, en este caso, se encuentra duplicando su capacidad instalada actual y a su vez, llega al mismo nivel de ingresos de lo actualmente manejado por la empresa.
- d) Con el endeudamiento planteado se genera un escudo fiscal que permite disminuir las cuentas por pagar por concepto de impuestos actuales, esto tendrá impacto directo sobre la rentabilidad, con relación a la inversión hecha por los accionistas que se mantendrá en el mismo valor actual.
- e) La implementación de esta nueva estructura de capital, con un importante nivel de apalancamiento por terceros, también permite disminuir el costo de capital manejado actualmente por la empresa, lo que genera una situación favorable con relación costo beneficio para los accionistas.
- f) El apalancamiento con terceros genera un nivel de riesgo moderado por parte de la empresa, lo cual será un aspecto importante previo a la toma de decisiones de esta propuesta por parte de los accionistas.

Conclusiones

La aplicación del análisis financiero vertical, horizontal e índices financieros permitió determinar que la empresa Rosas del Alamo Rosalamo Cía. Ltda., presenta una situación financiera estable en la estructura de capital lo que se evidencia en los niveles alcanzados. Los ingresos se encasillan casi en su totalidad en la producción para exportación (97%), identificando así que, el giro del negocio se enmarca en comercializaciones internacionales, los pasivos se encuentran completamente distribuidos en las cuentas de corto plazo existiendo prácticamente 0% de apalancamiento. No obstante se refleja una disminución de sus ingresos en un 19%, efecto de la paralización de la producción por la pandemia COVID 19 así como altos rubros por conceptos de impuestos.

La ejecución de los indicadores financieros de capital de trabajo operativo, capital de trabajo neto operativo y productividad del capital de trabajo determinan que aunque existe un

decrecimiento en las ventas el 2019 al 2020. Se incrementó las cuentas por cobrar e inventarios por lo que se debe evitar que los gastos y costos en efectivo, los inventarios, las cuentas por cobrar y las cuentas por pagar a proveedores tengan un aumento mayor en proporción a las ventas. Además, aunque las cuentas por pagar se han mantenido constantes existe una proporción menor de capital de trabajo necesario para generar el mismo nivel de ventas considerando el financiamiento de los proveedores, evidenciando la necesidad de incrementar el capital de trabajo.

La restitución económica mundial posterior a la pandemia es evidente, así como, la recuperación de la demanda en la industria florícola por cuanto es viable para generar mayor producción de la empresa a través de la constitución de una nueva infraestructura propia. Con el endeudamiento planteado se genera un escudo fiscal que permite disminuir las cuentas por pagar por concepto de impuestos actuales, y a su vez esto tendrá impacto directo sobre la rentabilidad, en relación a la inversión hecha por los accionistas que se mantendrá en el mismo valor actual

Referencias

- Agrocalidad. (2021). *Informe Técnico de Exportación de Ornamentales*.
- Alia, A., & Imdadul Haque, M. (2014). Ratio Analysis: A Comparative Study of National Petrochemicals Co. and Sahara Petrochemicals Co. of Saudi Arabia. *International Journal of Management Academy*, 2(4), 53-61.
- Arboleda Jaramllo, C. A., & Arias Vargas, F. X. (2020). *Investigación en Administración, Negocios y Contaduría Frente a los Retos de Hoy*. Medellín: Corporación Universitaria Americana.
- Babalola, Y., & Abiola, F. (2013). Financial Ratio Analysis of Firms: A Tool for Decision Making. *International Journal of Management Sciences*, 1(4), 132-137.
- Baca Urbina, G. (2010). *Evaluación de Proyectos*. México: Mc Graw Hill.
- Bonsón, E., Cortijo, V., & Flores, F. (2009). *Análisis de Estados Financieros*. España: Pearson Educación S. A.
- Caballero Romero, A. E. (2011). *Metodología integral innovadora para planes de tesis* (Primera ed.). Lima: Empresa Editora El Comercio S.A.
- Carrasco Díaz, S. (2013). *Metodología de la investigación científica* (Sexta ed.). Lima: Editorial San Marcos E.I.R.L.
- Cevallos-Ponce, Á. A. (2019). Evaluación financiera de proyectos de inversión para la PYMES. *Dominio de las Ciencias*, 5(3), 375-390. Obtenido de file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Dialnet-EvaluacionFinancieraDeProyectosDeInversionParaLaPY-7154274%20(1).pdf
- Fraile, G., Preve, L., & Sarria Allende, V. (2013). *Las finanzas en la empresa*. Buenos Aires: Temas Grupo Editorial.
- García Santillán, A. (2010). *Administración Financiera I*. México.
- Gutiérrez Carmona, J., & Gutiérrez González, D. F. (2018). *Planeación Financiera y Gestión del Valor*. Bogotá: Ecoe Ediciones.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (Sexta ed.). México D.F.: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- López Domínguez, I. (2014). *Gestión de Tesorería. Cash Managment*. Madrid: Fundación Confemental.

- Meza Orozco, J. d. (2013). *Evaluación Financiera de Proyectos*. Ecoe Ediciones.
- Modigliani, F., & Miller, M. H. (1958). The Cost of Capital, Corporation Finance and the Theory of Investment. *The American Economic Review*, 48(3), 261–297. Obtenido de <http://www.jstor.org/stable/1809766>
- Mondragón-Hernández, S. A., & Lozano, T. (2011). Marco conceptual de las teorías de la irrelevancia, del trade-off y de la jerarquía de las preferencias. *Cuadernos de Contabilidad*, 12(30), 165–178. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/cuco/v12n30/v12n30a07.pdf>
- Nava Rosillón, M. A. (2009). Análisis financiero: una herramienta clave para una gestión financiera eficiente. *Revista Venezolana de Gerencia*, 606 -628. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=29012059009>
- Ñaupas Paitán, H., Mejía Mejía, E., Novoa Ramírez, E., Paucar, V., & Alberto. (2013). *Metodología de la investigación científica y elaboración de tesis* (Tercera ed.). Lima: Centro de Producción, Editorial e Imprenta.
- Pérez - Carvallo Veiga, J. F. (2015). *La Gestión Financiera de la Empresa*. Madrid: Esic Editorial.
- Pino Gotuzzo, R. (2013). *Metodología de la investigación* (Segunda ed.). Lima: Editorial San Marcos E.I.R.L.
- Rizzo, M. M. (2007). El capital de trabajo neto y el valor de las empresas. La importancia de la recomposición del capital de trabajo neto en las empresas que atraviesan o han atravesado crisis financiera. *Revista Escuela de Administración de Negocios* (61), 103 - 121.
- Yongjian, K., Xinping, L., & Shouqing, W. (2008). Equitable Financial Evaluation Method for Public-Private. *Tsinghua Science and Technology*, 13(5), 702-707.

Anexos

Análisis de los Estados financieros

Análisis Horizontal al Estado de Situación Financiera

La tabla 6 presenta el análisis horizontal al Estado de Situación Financiera del año 2020 y 2019.

Tabla 6
Análisis horizontal Estados de Situación Financiera

Empresa Rosas del Álamo Rosalamo Cía. Ltda.				
Estado de Situación Financiera				
Análisis Horizontal				
	Año 2020	Año 2019	Variación Absoluta	Variación Relativa
Activos	1.212.912,93	765.267,11	447.645,82	58,50%
Corrientes	681.060,64	253.034,20	428.026,44	169,16%
Disponibles	513.877,90	113.362,47	400.515,43	353,31%
Caja	285,37	143,58	141,79	98,75%
Caja General	285,37	143,58	141,79	98,75%
Bancos	513.592,53	113.218,89	400.373,64	353,63%
Produbanco :2005214552	512.669,17	112.138,15	400.531,02	357,18%
Produbanco Ahorro	923,36	1.080,74	-157,38	-14,56%
Exigible	77.611,57	67.828,85	9.782,72	14,42%
Cuentas Por Cobrar No Relacionados	77.611,57	67.828,85	9.782,72	14,42%
Cientes Del Exterior	77.611,57	66.078,83	11.532,74	17,45%
Cientes Locales	0,00	1.750,02	-1.750,02	-100,00%
Anticipo Proveedores	0,00	0,00	0,00	
Anticipo Proveedores Materia Prima	0,00	0,00	0,00	
Realizables	54.993,87	47.712,60	7.281,27	15,26%
Inventario De Cultivo	32.089,87	21.839,24	10.250,63	46,94%
Fertilizantes	21.537,14	9.100,17	12.436,97	136,67%
Agroquímicos	10.552,73	12.739,07	-2.186,34	-17,16%
Inventario De Postcosecha	16.398,10	19.367,46	-2.969,36	-15,33%
Material De Empaque	8.308,49	12.527,12	-4.218,63	-33,68%
Otros Inventarios	8.089,61	6.840,34	1.249,27	18,26%
Otros Inventarios	6.505,90	6.505,90	0,00	0,00%
Dotación, Equipo y Ropa De Trabajo	2.324,92	2.324,92	0,00	0,00%
Otros	4.180,98	4.180,98	0,00	0,00%
Pagos Anticipados	34.577,30	24.130,28	10.447,02	43,29%
Impuestos Retenidos	5.529,83	5.529,83	0,00	0,00%
Impuestos A La Renta Retenido	1.837,30	1.837,30	0,00	0,00%
Iva Retenido	3.692,53	3.692,53	0,00	0,00%
Crédito Fiscal	29.047,47	18.600,45	10.447,02	56,17%
Crédito Tributario Por Compras De Bienes	26.870,65	16.423,63	10.447,02	63,61%
Crédito Tributario Por Compras De Servicios	2.176,82	2.176,82	0,00	0,00%

Empresa Rosas del Álamo Rosalamo Cía. Ltda.				
Estado de Situación Financiera				
Análisis Horizontal				
	Año 2020	Año 2019	Variación Absoluta	Variación Relativa
Crédito Tributario Por Compras De Activos	0,00	0,00	0,00	
Activo No Corriente	531.852,29	512.232,91	19.619,38	3,83%
Activo Diferido	531.852,29	512.232,91	19.619,38	3,83%
Mantenimiento De Invernaderos	531.852,29	512.232,91	19.619,38	3,83%
Plástico De Invernaderos	22.924,28	3.304,90	19.619,38	593,65%
Infraestructura	508.928,01	508.928,01	0,00	0,00%
Pasivos	185.910,91	152.533,47	33.377,44	21,88%
Pasivo Corriente	185.910,91	152.533,47	33.377,44	21,88%
Proveedores	24.638,79	24.638,79	0,00	0,00%
Proveedores Locales	24.638,79	24.638,79	0,00	0,00%
Proveedores Locales De Bienes Y Servicios	24.638,79	24.638,79	0,00	0,00%
Sobregiro Bancario	0,00	0,00	0,00	
Obligaciones Tributarias Y Laborales	161.272,12	127.894,68	33.377,44	26,10%
Impuestos Por Pagar	665,04	131,13	533,91	407,16%
Impuesto A La Renta Por Pagar	593,05	59,14	533,91	902,79%
Iva En Ventas	71,99	71,99	0,00	0,00%
Retenciones Imp.Renta Por Pagar	10.317,93	5.306,83	5.011,10	94,43%
Retención 1% Servicios De Transporte	163,24	163,03	0,21	0,13%
Retención 1% Compras Locales Materia Prima	9.073,67	4.265,09	4.808,58	112,74%
Retención 10% Honorarios Profesionales	282,64	282,64	0,00	0,00%
Retención 8% Arrendamiento Inmuebles A Personas Naturales	403,20	403,20	0,00	0,00%
Retención 2% Otros	341,64	139,33	202,31	145,20%
Retención 1% Otros	53,54	53,54	0,00	0,00%
Retenciones De Iva Por Pagar	20.664,63	12.306,51	8.358,12	67,92%
Retención 30%	111,31	111,31	0,00	0,00%
Retención 70%	1.553,96	1.553,96	0,00	0,00%
Retención 100%	18.999,36	10.641,24	8.358,12	78,54%
Iess Por Pagar	42.474,57	36.962,04	5.512,53	14,91%
Aporte Patronal Y Personal	5.096,77	5.673,08	-576,31	-10,16%
Prestamos Quirografarios	13.919,53	12.652,32	1.267,21	10,02%
Fondo De Reserva	23.458,27	18.636,64	4.821,63	25,87%
Sueldos Y Beneficios Sociales	87.149,95	73.188,17	13.961,78	19,08%
Sueldos Por Pagar	20.621,00	26.690,55	-6.069,55	-22,74%
Provisión Décimo Tercer Sueldo	25.502,38	16.071,10	9.431,28	58,68%

Empresa Rosas del Álamo Rosalamo Cía. Ltda.				
Estado de Situación Financiera				
Análisis Horizontal				
	Año 2020	Año 2019	Variación Absoluta	Variación Relativa
Provisión Decimo Cuarto Sueldo	38.180,94	28.337,00	9.843,94	34,74%
Provisión Vacaciones	2.845,63	2.089,52	756,11	36,19%
Otros Pasivos Corrientes	0,00	0,00	0,00	
Otras Cuentas Por Pagar	0,00	0,00	0,00	
Cuentas Por Pagar Otros	0,00	0,00	0,00	
Garantías Recibidas	0,00	0,00	0,00	
Pasivo a Largo Plazo	0,00	0,00	0,00	
Otros Pasivos A Largo Plazo	0,00	0,00	0,00	
Anticipo De Clientes	0,00	0,00	0,00	
Anticipo De Clientes Del Exterior	0,00	0,00	0,00	
Patrimonio Neto	1.027.002,03	612.733,64	414.268,39	67,61%
Patrimonio	122.936,05	73.223,84	49.712,21	67,89%
Capital Social	122.936,05	73.223,84	49.712,21	67,89%
Capital Social Pagado	400,00	400,00	0,00	0,00%
Aporte Capital Socio 1	380,00	380,00	0,00	0,00%
Aporte Capital Socio 2	20,00	20,00	0,00	0,00%
Aporte Accionistas Para Factura Capital	0,00	0,00	0,00	
Aporte Capital Socio 1	0,00	0,00	0,00	
Aporte Capital Socio 2	0,00	0,00	0,00	
Reservas	122.536,05	72.823,84	49.712,21	68,26%
Reserva Legal	102.113,38	60.686,54	41.426,84	68,26%
Reserva Estatutaria	20.422,68	12.137,31	8.285,37	68,26%
Reserva Facultativa	0,00	0,00	0,00	
Resultados	904.065,98	539.509,80	364.556,18	67,57%
Resultados Acumulados	904.065,98	539.509,80	364.556,18	67,57%
Resultados Ejercicios	904.065,98	539.509,80	364.556,18	67,57%
Utilidad Acumulada Ejerc. Anteriores	559.232,27	25.190,74	534.041,53	2119,99%
Perdida Acum. Ejerc. Anteriores	19.722,47	19.722,47	0,00	0,00%
Utilidad Del Ejercicio	364.556,18	534.041,53	-169.485,35	-31,74%
Perdida Del Ejercicio				

Nota. Análisis horizontal realizado a los Estados de Situación Financiera del año 2019 - 2020.

Análisis Horizontal de los Estados de Resultados

La tabla 7 expone el análisis horizontal al estado de resultados de la empresa en el año 2019 y 2020.

Tabla 7
Análisis horizontal del Estado de Resultados

Empresa Rosas del Álamo Rosalamo Cía. Ltda.				
Estado De Resultados				
Análisis Horizontal				
	Año 2020	Año 2019	Variación Absoluta	Variación Relativa
Ingresos	1.271.345,45	1.571.180,63	-299.835,18	-19,08%
Ingresos Operacionales	1.271.345,45	1.571.180,63	-299.835,18	-19,08%
Ventas Locales Y Exportaciones	1.271.345,45	1.571.180,63	-299.835,18	-19,08%
Exportaciones	1.239.776,11	1.531.024,62	-291.248,51	-19,02%
Exportaciones De Rosas	1.248.347,41	1.546.459,69	-298.112,28	-19,28%
(-) Descuento En Exportaciones	8.571,30	15.435,07	-6.863,77	-44,47%
Ventas Locales	31.569,34	40.156,01	-8.586,67	-21,38%
Ventas Locales 12%	33.241,93	42.689,00	-9.447,07	-22,13%
(-) Descuento En Ventas 0%	1.419,59	2.475,77	-1.056,18	-42,66%
(-) Descuento En Ventas 12%	0,00	0,00	0,00	
(-) Devolución En Ventas 12%	0,00	0,00	0,00	
(-) Devolución En Ventas 0%	253,00	57,22	195,78	342,15%
Costos	760.956,93	837.472,18	-76.515,24	-9,14%
Costo De Producción	760.956,93	837.472,18	-76.515,24	-9,14%
Remuneraciones	383.047,86	472.508,19	-89.460,33	-18,93%
Mano De Obra Cultivo	265.623,67	328.995,61	-63.371,94	-19,26%
Sueldos Y Salarios	201.189,02	233.947,97	-32.758,96	-14,00%
Horas Extras	2.838,02	2.140,20	697,82	32,61%
Beneficios Sociales	31.967,57	48.155,58	-16.188,01	-33,62%
Aporte Patronal Iess	19.140,52	28.960,04	-9.819,52	-33,91%
Fondo De Reserva	10.488,54	15.791,82	-5.303,28	-33,58%
Mano De Obra Postcosecha	117.424,20	143.512,58	-26.088,38	-18,18%
Sueldos Y Salarios	88.202,17	101.318,79	-13.116,62	-12,95%
Horas Extras	1.838,84	1.796,51	42,33	2,36%
Beneficios Sociales	14.227,53	20.481,81	-6.254,28	-30,54%
Aporte Patronal Iess	8.630,79	13.170,46	-4.539,67	-34,47%
Fondo De Reserva	4.524,87	6.745,01	-2.220,14	-32,92%
Materiales	327.924,96	271.905,58	56.019,38	20,60%
Materia Prima E Insumos Cultivo	209.162,00	185.630,78	23.531,22	12,68%
Fertilizantes	92.000,00	88.141,81	3.858,19	4,38%
Agroquímicos	117.162,00	97.488,97	19.673,03	20,18%
Otros	0,00	0,00	0,00	
Materia Prima (Suministros) Postcosecha	118.762,96	86.274,79	32.488,17	37,66%
Material De Empaque	118.762,96	86.274,79	32.488,17	37,66%
Otros	0,00	0,00	0,00	

Empresa Rosas del Álamo Rosalamo Cía. Ltda.				
Estado De Resultados				
Análisis Horizontal				
Gastos Indirectos De Producción	49.984,11	93.058,41	-43.074,30	-46,29%
Gastos Indirectos De Producción Cultivo	32.978,04	74.065,71	-41.087,67	-55,47%
Mantenimiento Plantación	4.690,67	7.212,53	-2.521,86	-34,96%
Mantenimiento Equipo De Computo	28,00	89,60	-61,60	-68,75%
Adecuaciones E Instalaciones	22.400,00	58.240,00	-35.840,00	-61,54%
Suministros Y Materiales De Cultivo	0,00	270,00	-270,00	-100,00%
Agua	3.987,82	3.754,60	233,22	6,21%
Honorarios Profesionales	1.025,98	297,50	728,48	244,87%
Análisis De Agua Y Suelo	845,57	1.146,48	-300,91	-26,25%
Transporte Y Flete De Carga	0,00	3.055,00	-3.055,00	-100,00%
Otros Costos Postcosecha	17.006,07	18.992,70	-1.986,63	-10,46%
Mantenimiento Cuartos Fríos	322,68	657,17	-334,49	-50,90%
Energía Eléctrica	16.294,89	12.875,53	3.419,36	26,56%
Teléfono Y Comunicaciones	140,00	0,00	140,00	100,00%
Honorarios Profesionales	248,50	0,00	248,50	100,00%
Transporte Y Flete De Carga	0,00	5.460,00	-5.460,00	-100,00%
Gastos	96.120,13	126.843,08	-30.722,95	-24,22%
Gastos Operacionales	96.120,13	126.843,08	-30.722,95	-24,22%
Remuneraciones	72.420,85	84.893,69	-12.472,84	-14,69%
Gastos De Personal Administrativo	48.949,87	60.957,29	-12.007,42	-19,70%
Sueldos Y Salarios	36.037,55	43.917,57	-7.880,02	-17,94%
Beneficios Sociales	6.712,22	8.074,49	-1.362,27	-16,87%
Aporte Patronal Iess	4.448,16	5.655,20	-1.207,04	-21,34%
Fondo De Reserva	1.751,94	3.310,03	-1.558,09	-47,07%
Gastos De Personal Ventas	23.470,98	23.936,40	-465,42	-1,94%
Sueldos Y Salarios	17.650,00	18.000,00	-350,00	-1,94%
Beneficios Sociales	2.206,25	2.250,00	-43,75	-1,94%
Aporte Patronal Iess	2.144,48	2.187,00	-42,52	-1,94%
Fondo De Reserva	1.470,25	1.499,40	-29,15	-1,94%
Otros Gastos	6.493,59	17.784,33	-11.290,74	-63,49%
Otros Gastos De Administración	5.842,00	9.793,00	-3.951,00	-40,35%
Útiles De Oficina	270,00	270,00	0,00	0,00%
Teléfono Y Comunicaciones	1.540,00	1.665,00	-125,00	-7,51%
Honorarios Profesionales	4.032,00	7.858,00	-3.826,00	-48,69%
Otros Gastos De Ventas	651,59	7.991,33	-7.339,74	-91,85%
Gasto En Tramites De Exportación	651,59	2.155,33	-1.503,74	-69,77%
Honorarios Profesionales	0,00	2.391,00	-2.391,00	-100,00%
Transporte Y Flete De Carga	0,00	3.445,00	-3.445,00	-100,00%
Gastos Financieros	17.205,69	24.165,06	-6.959,37	-28,80%

Empresa Rosas del Álamo Rosalamo Cía. Ltda.				
Estado De Resultados				
Análisis Horizontal				
Intereses Y Comisiones Bancarios	17.205,69	24.165,06	-6.959,37	-28,80%
Intereses Bancarios	64,88	0,00	64,88	100,00%
Comisiones Bancarias	17.140,81	24.165,06	-7.024,25	-29,07%
Utilidad Del Ejercicio Antes De Reserva	414.268,39	606.865,37	-192.596,99	-31,74%
Reserva Legal	41.426,84	60.686,54	-19.259,70	-31,74%
Reserva Estatutaria	8.285,37	12.137,31	-3.851,94	-31,74%
Utilidad Neta Del Ejercicio	364.556,18	534.041,53	-169.485,35	-31,74%

Evolución de la importación versus la fabricación nacional de bebidas no alcohólicas en Ecuador período 2019 – 2021

Evolution of imports versus national manufacture of non-alcoholic beverages in Ecuador period 2019 - 2021

Linda Andrade Loor¹ <https://orcid.org/0000-0002-5519-7942>,
Ana María Correa Vaca¹ <https://orcid.org/0000-0001-7967-8591>, Mónica Llanos Encalada¹
<https://orcid.org/0000-0003-3746-8910>, Carla Fernández Solís¹ <https://orcid.org/0000-0002-7246-1901>, Karina
Bravo García¹ <https://orcid.org/0000-0002-3130-9030>

¹Universidad ECOTEC, Guayaquil, Ecuador
liandrade@est.ecotec.edu.ec, acorreav@ecotec.edu.ec,
mllanos@ecotec.edu.ec, cfernandez@ecotec.edu.ec,
kabravo@ecotec.edu.ec



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

Enviado: 2023/01/05
Aceptado: 2023/03/27
Publicado: 2023/06/30

Resumen

El objeto de estudio de la presente investigación es el sector de bebidas no alcohólicas en Ecuador, el objetivo consiste en analizar la evolución de la importación versus la elaboración de estos productos en el periodo 2019 – 2021. En lo metodológico, la investigación tuvo un enfoque cualitativo, tipo descriptiva exploratoria, mediante la investigación documental, con una muestra no probabilística de las empresas fabricantes e importadoras de bebidas no alcohólicas en Ecuador. Los resultados indicaron que el sector de importación de bebidas no alcohólicas prevalece sobre la producción del país, debido al poco valor agregado a los productos que se fabrican nacionalmente y carencia en la innovación de nuevos productos, como el aspecto saludable y nutricional; se evidenció que la mayoría de las empresas fabricantes carecen de un departamento dedicado al desarrollo de productos saludables en beneficio de los consumidores.

Palabras clave: Importaciones; innovación; sector bebidas no alcohólicas.

Abstract

The object of study of this investigation is the non-alcoholic beverages sector in Ecuador. Its

Sumario: Introducción, Marco Teórico, Materiales y Métodos, Análisis de Resultados, y Conclusiones.

Como citar: Andrade, L., Correa, A. M., Llanos, M., Fernández, C. & Bravo, K. (2023). Evolución de la importación versus la fabricación nacional de bebidas no alcohólicas en Ecuador período 2019 – 2021. *Revista Tecnológica - Espol*, 35(1), 51-64. <http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/999>

objective aims to analyze the evolution of the importation versus the elaboration of these products from 2019 to 2021. Methodologically, the investigation has a qualitative approach of exploratory and descriptive type, through documentary research, with a non-probabilistic sample of non-alcoholic beverage manufacturing and importing companies in Ecuador. The results indicate that the non-alcoholic beverage import sector prevails over the country's production due to the slight added value to the products that are manufactured nationally and that lack innovation aspects. It is evident that most manufacturing companies lack a department for the development of healthy products that benefit consumers.

Keywords: Imports; innovation; non-alcoholic beverage sector.

Introducción

La competitividad empresarial, sumada a la incursión del comercio exterior, permite que se establezca un ambiente favorable para el consumidor final, debido a que expone una serie de opciones que se acoplan a sus necesidades, tanto en diseño, cantidad, precio y características únicas que buscan garantizar su total satisfacción.

Según Chiñas y Jaime (2019), la competitividad de un país puede medirse a través de su balanza comercial, siendo un escenario ideal, la producción y el abastecimiento de un producto de manera interna y que, a través de un remanente o exceso de inventarios, se cuente con la posibilidad de colocar dicho producto en las perchas de mercados internacionales. La presencia de una balanza comercial positiva en los sectores empresariales de un país es una tarea complicada, debido a la presencia de factores externos como: disponibilidad de tecnología, grado de experiencia en la producción, salarios mínimos, relaciones comerciales con clientes extranjeros, entre otros.

La investigación busca identificar el comportamiento que ha tenido el sector de bebidas no alcohólicas en cuanto al desarrollo de fábricas, creación de nuevos empleos, procesos automatizados y tratados de acuerdos comerciales que fomenten el comercio internacional para las empresas ecuatorianas.

Para Segovia et. al (2020), la definición de bebidas no alcohólicas parte de un proceso de producción y transformación natural de un contenido líquido que no se encuentra fermentado, que puede estar carbonatado y que requirió principalmente de agua potable o mineral para su presentación final.

Según estadísticas de la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros (2020), la actividad productiva de bebidas no alcohólicas está clasificada bajo la categoría "C" de Industrias Manufactureras y bajo el código arancelario de bebidas, líquidos alcohólicos y vinagre. Como antecedente, en el año 2020, la participación de empresas en el sector de bebidas no alcohólicas estuvo compuesto en su mayoría de microempresas sumando 27, pequeñas 8, medianas 6 y grandes 3, situadas en su mayoría en Pichincha con 27%, Guayas con 27%, Manabí 16% y un 30% distribuidas en las demás provincias del Ecuador.

La importancia del estudio del segmento de bebidas no alcohólicas, comparando la producción versus las importaciones generadas, se basa en la actual recesión que afronta el Ecuador iniciada en el año 2020, donde la producción del segmento se redujo un 5.68% con respecto al año 2019 aunque asegurando un 0.73% de aporte al Producto Interno Bruto. Según data de la Corporación Financiera Nacional (2022), en 2020 la producción de bebidas no alcohólicas fue de \$ 479.301 frente a un \$ 508.168, aseverando que esta disminución no solo afecta las ventas, sino también la generación de empleo, oportunidades de exportación y

relevancia en la apertura de mercados internacionales o de su forma más directa, incurrir en la dependencia de bienes de consumo importados tal como se lo demuestra en la Figura 1.

Figura 1

Comportamiento de las importaciones de bebidas no alcohólicas



Nota: Esta figura muestra la evolución de las importaciones de las bebidas no alcohólicas en el periodo 2017-2021, Corporación Financiera Nacional (2021)

A pesar de la irregularidad del año 2020, entre el 2017 al 2021, se mantuvo el crecimiento en las importaciones de bebidas no alcohólicas. Para el 2021 con respecto al 2020, el valor “Free on Board”, con sus siglas en inglés (FOB), se incrementó un 33%, lo que podría avizorar un posible reemplazo de la producción a la importación de un producto terminado, sustituyendo con ello plazas de trabajo e inyección de capitales limitado solo a la comercialización de productos transformados.

Es necesario precisar la carencia en innovación y estímulos que en la actualidad mantiene el segmento de bebidas no alcohólicas, lo cual afecta la competitividad y motivación del sector en continuar con el desarrollo de industrias. Cabe destacar que el reemplazo de producción a través de la cobertura de importaciones ocasiona que se cierren oportunidades de industrialización, desarrollo tecnológico y oferta nacional.

La presencia de productos nacionales e importados en el sector de bebidas no alcohólicas ha generado cambios en la oferta que se muestra en las perchas de tiendas y supermercados. Conforme pasa el tiempo, se muestra mayor presencia de productos extranjeros, restando participación a fábricas ecuatorianas, generando efectos negativos como pérdida de plazas de trabajo y reducción de inversión extranjera en el Ecuador.

La preocupación por mantener saludable el organismo de los consumidores, obliga a la incorporación de tributos que aumentan el precio de las unidades en venta, como el Impuesto al Valor Agregado (IVA) y el Impuesto a los Consumos Especiales (ICE), además de la incorporación del etiquetado semáforo, para advertir el contenido de azúcares de la bebida, proyectando un esquema de responsabilidad social. La problemática existente es la ausencia de estudios que expliquen este fenómeno o, temas de relaciones comerciales que aperturen nuevos mercados internacionales, motivando con ello la continuidad de fábricas ecuatorianas.

Entre los años 2018 y 2019 aumentó en 41% la importación de las bebidas no alcohólicas y 5.68% disminuyó la producción de este producto en las fábricas ecuatorianas. En la presente investigación se pretende conocer acerca del poco impulso al sector productor y bajo incentivo a la inversión en tecnología para el robustecimiento de plantas de producción en el Ecuador. Por ello, es necesario analizar la evolución de la importación versus la elaboración de bebidas no alcohólicas en el Ecuador período 2019 – 2021.

Marco Teórico

Teorías referentes a la producción y comercialización

La teoría de la ventaja absoluta genera la siguiente incógnita, ¿Qué sucede si un país posee en más de un bien ventaja absoluta?, a lo que Smith acota, que un país superior no sería capaz de producir rentabilidad internacional, mientras que, para David Ricardo, no es necesario que una nación base su productividad en un único bien si posee las ventajas y naturaleza para producir más bienes, a esto se lo llama libre mercado, a lo que lo denomina Ventaja Comparativa (Buendía, 2013).

La ventaja comparativa, por su parte, toma como referencia que en el comercio internacional existen países que se especializan en la producción de determinado bien o servicio, lo cual les permite una ventaja comparativa porque su costo de oportunidad es más bajo, lo que le posibilita fortalecer su producción, así como el libre comercio (Krugman & Obstfeld, 2006).

Para el caso de estudio, la explicación en comparativo de la producción e importación de bebidas no alcohólicas requiere de dos enfoques que permitan aumentar el desarrollo de la industria, así como la satisfacción total del consumidor, por ende, dentro de la teoría de ventaja comparativa es importante que:

- La producción nacional tenga suficiente calidad y nivel de unidades para cubrir la totalidad de la demanda.
- La importación de bebidas no alcohólicas obedezca a la cobertura de una posible demanda insatisfecha.
- Se cree una industria en desarrollo, con amplias posibilidades de innovación, creando un valor agregado al producto que no solo mejora la experiencia en el consumidor, sino que aporta con la economía.

La Teoría del Segundo Óptimo, señala que cuando el mercado no funciona adecuadamente y no existe intervención del Estado, este se aparta del objetivo de ser competitivo y dominante, por lo cual, es necesaria la aplicación de un arancel que corrija las preferencias de productos que ingresan del exterior a fin de beneficiar al productor local. También se puede indicar que cuando la política pública es no intervencionista, los elementos que conforman el mercado deben estar cumpliendo su función adecuadamente (Krugman & Obstfeld, 2006). Para las autoras, la aplicación de esta teoría al sector de bebidas no alcohólicas enmarca los siguientes elementos que debe considerar el Estado ecuatoriano:

- En caso de aumentar el producto importado por considerarlo más barato que la producción nacional, el Estado debe garantizar una competencia justa entre el productor nacional y el internacional.
- Enmarcar los justificativos para frenar la dependencia del producto importado ante la Organización Mundial de Comercio, debido a que, la presencia de una barrera a las importaciones puede violar el derecho de competitividad, discriminando a un competidor extranjero, lo que podría incluir sanciones que afecten a otros productos de exportación con preferencias arancelarias.
- Aplicar normas que promuevan la compra de tecnología para la industrialización, para generar una transformación económica sustentable para las fábricas, evitando con ello el reemplazo total de la oferta con productos importados, los cuales comprometen directamente la operatividad de la industria.

La Teoría del Efecto de Sustitución de Importaciones, creada en la década de los cincuenta, por la Comisión Económica para América Latina (CEPAL), es un modelo económico que propone lineamientos con el fin de amparar políticas proteccionistas para contrarrestar el ingreso acelerado de productos a un país y dar paso al desarrollo de la industria por medio del procesamiento de las materias primas que produce en vez de destinarlas a la exportación. Su objetivo principal es lograr que un país dependa en menor medida de la exportación de sus productos; a su vez se ve impulsada por ciertas características de crecimiento industrial:

- La protección del Estado a las empresas participantes mediante exoneraciones para importación de materias primas y maquinarias, política de créditos en reiteradas ocasiones, etc.
- Activa participación financiera y empresarial de los diferentes actores que representan al Estado.
- Aplicando la teoría en Ecuador no tuvo éxito la sustitución de importaciones a causa de: excesivo proteccionismo comercial, crecimiento lento en la demanda de exportaciones y la ausencia de políticas efectivas (Sierra, 2016).

La Teoría sobre el origen del Intercambio Desigual, plantea que existen diferencias marcadas en cuanto a los medios y recursos que cada país dispone para la producción de un bien, lo que afecta al contenido de valor en cada bien producido, generando un cambio inequitativo entre naciones, a esto se le conoce como la teoría del Intercambio Desigual, la cual tiene por característica el robo amable de un porcentaje alto de valor de cada producto (Jedlicki, 2007).

Las economías en desarrollo cada vez se vuelven más desfavorecidas debido a los acuerdos de intercambio, es decir, la relación entre valor unitario de los países subdesarrollados y el valor medio de las importaciones, produciéndose una desventaja de intercambio a causa de la devaluación del precio de la materia prima y el aumento del valor de productos terminados, esto sumado a las barreras arancelarias que imponen países desarrollados para el ingreso de materias primas desacreditando la competencia igualitaria, volviéndose difícil el intercambio equitativo (Gil, 2018). La teoría del origen de intercambio desigual se aplica de las siguientes formas: alto costo de importaciones que incurre el país para satisfacer la demanda; bajos niveles de exportaciones, pues nuestro producto tiene baja demanda en el mercado extranjero.

Sector industrial de bebidas no alcohólicas

De acuerdo con Valverde (2019), las bebidas no alcohólicas son productos de alto consumo, no sólo a nivel nacional; sino, internacional. En todo el mundo son altamente demandadas por su sabor y componentes que las vuelven adictivas. Rivas (2014) señala que las bebidas no alcohólicas o refrescos son las bebidas azucaradas. En cambio, el Boston Public Health Commission (2010) menciona que son refrescos, las bebidas que se elaboran a partir de frutas, edulcorantes, productos lácteos, con cafeína, energéticas, etc. Sin embargo, estas bebidas han despertado el interés de la Organización Mundial de la Salud (2015), puesto que, las calorías que se le agregan a quien las consumen, no solo que no añaden ningún valor nutricional; sino, que ocasionan sobrepeso y obesidad, factores de riesgo para otro tipo de enfermedades como la diabetes, cardiopatías, cáncer, problemas con el sistema nervioso y demás.

Con la finalidad de controlar este escenario, muchas naciones desarrollan políticas públicas que desestimen su consumo, por ejemplo, la subida al gravamen de impuestos a la producción e importación de estos productos, incrementando el precio de venta en un 20%. No obstante, el grupo de alimentos y bebidas representa el sector que más contribuye a la economía, así como a la generación de plazas de empleo (Wahli, 2016). Las cifras señalan que en 2015, las ventas de esta industria representaron el 39% del Producto Interno Bruto no petrolero.

De acuerdo con Whali (2016), presidente de la Asociación Nacional de Fabricantes de Alimentos y Bebidas (ANFAB), son precisamente los jugos y aguas, las bebidas que tienen mayor expansión de consumo en Ecuador. Siendo así, que el consumo de gaseosas en 2015 llegó a cerca de 1.000 millones de litros. Valverde (2019) señala que es el Estado el que debe estudiar el impacto que tiene en el comercio local la aplicación de tributos, porque puede perjudicar la producción local e incidir mínimamente en las importaciones, lo que directamente es perjudicial para la industria, generación de empleo y recaudación de impuestos.

En el caso del estudio desarrollado por Segovia et al., (2020), identifican la alta sensibilidad del consumo de bebidas no alcohólicas o azucaradas al imponerse un impuesto restrictivo para la producción local y para la importación de estos productos.

Tal como indica Paraje (2016), este sector, principalmente cuando se trata de bebidas gaseosas, es elástico, pues al incrementar el precio del producto a causa de la subida de impuestos, su consumo se desestima. En este sentido, hay que tener claro que las bebidas de mayor consumo per cápita en el Ecuador son lácteos y gaseosas, principalmente en hogares de ingresos medios y bajos. Mientras que, en los hogares de ingresos altos son el café y el té, teniendo las bebidas gaseosas en segundo lugar.

Según el Banco Central del Ecuador (2021), en los años 2020 – 2021 durante la pandemia Covid-19, el Gobierno ecuatoriano implementó medidas para favorecer la reactivación económica del país, según proyecciones del Fondo Monetario Internacional (FMI), la economía ecuatoriana creció en un 2,8% al cierre del 2021; de igual manera en el PIB, para el año 2022, se prevé un incremento del 2,85%. Según la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros (2022), durante el año 2021 no se presentaron impactos significativos en las operaciones de las compañías del sector de bebidas no alcohólicas como consecuencias de la pandemia de Covid-19. Los niveles de operatividad que se registraron fueron superiores a los del año 2020 debido a la reactivación económica.

De acuerdo con un estudio de Grupo Spurrier y la Asociación de Industrias de Bebidas no Alcohólicas (AIBE) (Diario El Universo, 2019), los ecuatorianos toman al año aproximadamente 1.560 millones de litros de bebidas no alcohólicas siendo las principales: refrescos, aguas, té, isotónicas, entre otras. De acuerdo con los reportes de la Corporación Financiera Nacional (2022) al 2020 existieron 44 empresas dedicadas a esta actividad que genera aproximadamente 4.581 plazas de empleo como se muestra en la Tabla 1 que detalla la información mencionada.

La participación de empresas a nivel provincial ubica la mayor cantidad de negocios en Pichincha con el 27% y Guayas el 27%; mientras que Manabí ocupa el tercer lugar con el 16%; seguido de El Oro con el 7% y Cotopaxi con el 5%.

Si bien entre 2017 y 2018 este sector productivo experimentó un crecimiento en la elaboración de bebidas no alcohólicas de 0.57% a 2.81% respectivamente, lo contrario se

evidenció al 2019 con una baja de -2.15% siendo mayor en el 2020 con -15.37% a efectos de las restricciones de todo tipo que enfrentó el país, según los datos de la Corporación Financiera Nacional (2022), en su informe “ficha sectorial de elaboración de bebidas no alcohólicas embotelladas”.

Tabla 1

Empresas por tamaño y número de empleos en 2020

Tamaño de empresa	# Empresas 2020	# Empleados 2020
Grande	3	4,106
Mediana	6	278
Microempresa	27	131
Pequeña	8	66
Total	44	4,581

Nota: Como se puede ver la siguiente tabla muestra el número de empresas y los empleos generados del sector de bebidas no alcohólicas en el 2020, Corporación Financiera Nacional (2022)

Esta misma entidad, en su mencionado informe, publica las cifras de las empresas elaboradoras de bebidas no alcohólicas, sus ingresos, así como los costos y gastos, demostrando utilidades en el sector productivo nacional, lo que evidencia que el sector puede tener potencial de crecimiento.

En la Tabla 2 se indica que la empresa con mayor volumen de negocios es ARCA Ecuador S.A., con un monto de \$471.007.340,00, y la empresa con mayor categorización de productos es SUMESA S.A.

Tabla 2

Empresas importadoras ecuatorianas

Nombre de la empresa	Categoría de producto: Refrescos embotellados y enlatados	Volumen de negocios ventas (USD)	País	Ciudad
Ajecuador, S.A.	1	\$ 120.036.695,00	Ecuador	Guayaquil
Arca Ecuador SA	1	\$ 471.007.340,00	Ecuador	Quito
Asertia comercial s.a.	3	\$ 74.355.470,00	Ecuador	Quito
Atlantic Industries Ltd.	2		Ecuador	Quito
Bebidas del Pacifico S.A.	2		Ecuador	Guayaquil
Ecuatoriana De Refrescos Sa - Ecurefsa	1		Ecuador	Guayaquil
Industrial Fruit del Ecuador C.A.	1		Ecuador	Quito
Megaozon Ingeniería De Agua S.A.	1	\$ 5.673.000,00	Ecuador	Manta
Orangine SA	1		Ecuador	Quito
Sumesa S.A. - Sumesa	4	\$ 35.316.573,00	Ecuador	Guayaquil
The Tesalia Springs Company S.A.	3	\$ 255.516.494,00	Ecuador	Guayaquil
The Tesalia Springs Company Sa - Tesalia	1	\$ 256.008.646,00	Ecuador	Quito

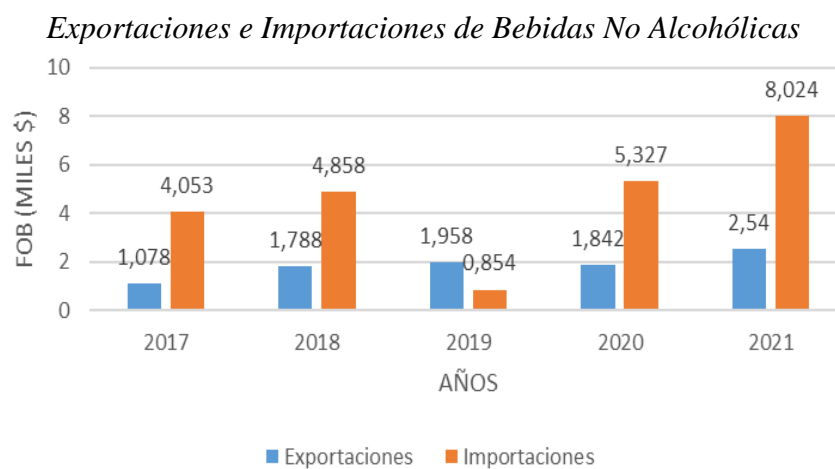
Nota: Esta tabla muestra las principales empresas importadoras de bebidas no alcohólicas, TRAPE MAP (2022)

Exportaciones e Importaciones de bebidas no alcohólicas en Ecuador

La influencia del comercio internacional incluye modelos como los planteados anteriormente en función a las diferencias tecnológicas y dotaciones factoriales que son parte de un sistema comercial perfecto (Gonzalez, 2011).

En cuanto a las importaciones, la Figura 2 explica; la evolución de este sector desde 2017 con un valor de 4,053 miles de millones de dólares; y llegando a USD \$ 8.02 miles de millones FOB, lo que significó un incremento del 51% en comparación al 2020. Por otro lado, se evidencia que entre los años 2017 - 2021 las exportaciones tuvieron una tendencia creciente pasando de 1,078 miles de millones de dólares a 2,546 miles de millones de dólares. En período 2020 disminuyó en un 6% con relación al año anterior debido a las restricciones por la pandemia del Covid 19. Sin embargo, en 2021, se reportaron USD \$2.55 miles de millones en valores FOB, que equivale al 72% del año 2020. Finalmente, se muestra claramente el déficit en la balanza de pagos de este sector.

Figura 2



Nota: En la gráfica se compara las importaciones y exportaciones de bebidas no alcohólicas embotelladas, Corporación Financiera Nacional (2022)

Los principales países proveedores del Ecuador se mencionan en este informe al 2021 de la siguiente manera: México 44%; 28% de Austria; 10% de Estados Unidos; 9% de Colombia; 7% de España y 0,3% de Tailandia. Así mismo a quienes Ecuador vende a nivel internacional son: Estados Unidos 35%, Colombia 32%, Perú 9%, Panamá 8%, Honduras 5%, Trinidad y Tobago 5%.

Balanza Comercial de Bebidas No Alcohólicas y el PIB

En cuanto a la aportación del PIB, el promedio ha sido del 0,25% del PIB total. Las cifras de producción han variado entre los USD \$ 174,84 miles de millones de dólares a USD \$ 148,85 miles de millones de dólares como se presenta en la Tabla 3 a continuación:

Tabla 3

Valor Agregado Bruto del sector

Año	Bebidas no alcohólicas (MM \$ de 2007)	PIB Total (MM \$ de 2007)	Participación PIB
2017	174.84	70,956	0.25%
2018	179.75	71,871	0.25%
2019	175.88	71,879	0.24%

Año	Bebidas no alcohólicas (MM \$ de 2007)	PIB Total (MM \$ de 2007)	Participación PIB
2020	148.85	66,282	0.22%

Nota: Corporación Financiera Nacional (2022)

Materiales y Métodos

La presente investigación fue de enfoque cualitativo, tipo descriptiva y se empleó el análisis documental de fuentes oficiales y entrevistas a representantes de algunas de las empresas importadoras y productoras de bebidas no alcohólicas de la ciudad de Guayaquil. Este análisis permitió comparar la evolución de la importación versus la elaboración de bebidas no alcohólicas en el Ecuador periodo 2019 -2021. Se utilizó el muestreo no probabilístico por conveniencia para la selección de las empresas que contribuyeron con el presente estudio y que pertenecen a “La Asociación de Industrias de Bebidas no Alcohólicas del Ecuador” (AIBE), estas fueron Arca Ecuador S.A; Coca Cola S.A; Industrias Lácteas Toni; Pepsi Cola Cía. Ltda.; Grupo Aje; Tesalia Spring Company S.A.

Análisis de Resultados

Producción, Venta y Consumo de bebidas no alcohólicas

En cuanto a los principales productos del sector, las cifras de la encuesta estructural empresarial para 2020 (INEC, 2020) mostraron que la “bebida de cola” fue el principal elaborado, con una cantidad producida mayor a los 818 millones de litros, lo que representa un valor de \$205 millones. Agua mineral natural se ubicó en segundo lugar, con 195 millones de litros, seguida de “bebidas hidratantes y energizantes”, con 101 millones de litros (Tabla 4).

Tabla 4

Producción y Ventas de bebidas no alcohólicas

Descripción	Unidad de medida	Cantidad producida	Valor producido	Cantidad vendida - Nacional	Valor vendido - Nacional	Cantidad vendida - Extranjero	Valor vendido - Extranjero
Bebida de cola	Litros	818.899.981	205.394.58	947.254.114	306.488.306		
Agua mineral natural	Litros	195.959.97	34.35.558	272.74.241	65.453.239		
Bebidas con aroma de frutas	Litros	54.576.128	16.475.241	75.561.722	31.383.114		
Bebidas hidratantes y energizantes	Litros	101.376.108	49.976.551	120.406.649	87.211.016		
Otras bebidas no alcohólicas endulzadas	Litros	71.459.572	25.996.179	84.469.225	54.599.871		
Agua mineral artificial	Litros	14.899.311	7.747.642	52.018.389	39.013.792	2.723.489	1.879.208
Refrescos sin congelar	Litros	1.575.667	730.372	1.129.130	825.631		

Nota: Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) (2020)

La producción de bebidas no alcohólicas tuvo una caída de 15.37% entre el 2019 y 2020, pasando de \$175.88 MM a \$148.85 MM. A pesar de eso, la industria representó el 22% del Producto Interno Bruto (Tabla 2; Figura 5). Como se observa en Tabla 7, los principales productos del sector fueron las “gaseosas” con el 36% del gasto en hogares, seguidas de la leche entera en funda con el 33% y agua sin gas purificadas con el 21% del gasto en hogares. Según Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2020), el ecuatoriano promedio consume 52.5 de litros de gaseosa mensuales, superando a otras bebidas como jugos (33.75 L/mensuales).

Por otro lado, se pudo destacar que las importaciones de bebidas no alcohólicas han aumentado, lo que convirtió a la balanza comercial en deficitaria.

Las bebidas no alcohólicas constituyen uno de los principales gastos de consumo en los hogares a nivel nacional. Los 10 principales productos, en orden de mayor consumo, agrupan el 14% del gasto en alimentos y bebidas no alcohólicas de los hogares, ver Tabla 5.

Tabla 5

Consumo de bebidas no alcohólicas en los hogares ecuatorianos

PRODUCTO	TOTAL
TOTAL	\$82.523.723,00
1. Colas y/o gaseosas (botellas, grandes, medianas y personales)	\$20.619.508,00
2. Leche entera funda	\$20.130.325,00
3. Agua sin gas purificada (botellas, grandes, medianas y personales)	\$12.684.678,00
4. Jugo natural de frutas envasado (deli, sunny, pulp, etc.)	\$ 7.351.632,00
5. Yogurt de frutas	\$ 5.488.668,00
6. Bebidas energizantes (redbull, V220, monster energy, etc.)	\$ 2.970.303,00
7. Agua sin gas purificada (botellón)	\$ 2.554.075,00
8. Agua mineral con gas	\$ 3.952.958,00
9. Leche entera de cartón	\$ 3.544.000,00
10. Refrescos (limonada, Tampico, kappo, etc.)	\$ 3.227.576,00

Nota: INEC (2012)

Ventajas de producción nacional.

La producción nacional aporta a la economía, agregando valor en la creación y suministro de bienes y servicios. Ser más productivo es gestionar eficientemente los recursos y la clave del crecimiento a largo plazo. El incremento en la producción permite la disminución de los costos unitarios y brinda ventajas competitivas a las empresas en los mercados globales. Las ganancias que se adquieren optimizando el uso de los recursos permiten a las empresas incrementar su inversión.

Además, se busca fomentar las exportaciones mediante: incentivos para la producción nacional, políticas públicas, mejorar la gestión aduanera y tributaria y posicionando al país en nuevos mercados internacionales.

Luego del análisis de las cifras expuestas, así como de las entrevistas realizadas se pudo concluir que las ventajas son: crecimiento económico; cambio en la matriz productiva; mejoramiento en la balanza comercial del país; marcas propias y aumento de plazas de trabajo. En tanto que, los obstáculos son: falta de créditos de inversión, insuficiente tecnología de punta

de maquinarias, mala reputación por parte del consumidor final al tener prejuicios que los productos naturales son de mala calidad, faltan incentivos económicos por parte del gobierno para importar materias primas e insuficientes políticas de calidad de los productos.

Evolución de las importaciones de bebidas no alcohólicas en el Ecuador.

En el periodo 2016 - 2019 se incrementó el valor FOB de las importaciones del sector. En el 2019, se evidenció un crecimiento del 41% de las importaciones en comparación al 2018.

La Figura 3 indica que, en el año 2019, el 44% de las importaciones fueron originarias de México, ubicándose en segundo lugar Austria con un 28% y en tercer lugar Colombia con un 18%. Adicional se pudo mostrar que las importaciones de los países México y Colombia han incrementado sus importaciones desde el año 2017.

La industria de alimentos y bebidas no alcohólicas representa un segmento vital dentro de la manufactura. El Ecuador apoya el crecimiento de esta industria en desarrollo que posee una gran variedad de alimentos y bebidas. Este mercado depende de la importación de la materia prima, la demanda y de las medidas de comercio exterior que se hayan adoptado.

La producción de bebidas no alcohólicas tiene un peso del 15% dentro de este segmento. Según la Figura 2, presentada en este trabajo, la balanza comercial ha presentado valores deficitarios todos los años y en el periodo 2020 fue mucho mayor con relación a los años anteriores.

Acuerdos Comerciales de Ecuador

Los acuerdos comerciales internacionales permiten la colaboración entre dos o más países y norma las relaciones comerciales en función de los convenios pactados para mejorar sus economías.

El artículo 1 del Acuerdo de Cartagena tiene por objetivo incentivar la integración y cooperación de los países miembros (Perú, Ecuador, Bolivia, Colombia, Venezuela) entre ellos y con la región. Así, como contribuir con el desarrollo económico y social para facilitar el intercambio comercial y gradualmente crear un mercado común latinoamericano.

El Acuerdo de Alcance Parcial entre Chile y Ecuador, suscrito el 10 de marzo del 2008, insta a Ecuador, según los términos estipulados, a la eliminación arancelaria de varios productos importados desde Chile, entre ellos ingresan materias primas para elaboración de bebidas no alcohólicas.

El acuerdo de libre comercio entre los estados parte del MERCOSUR es el resultado de las negociaciones realizadas en busca de una Zona de Libre Comercio entre la Comunidad Andina y el MERCOSUR, el cual está vigente desde abril de 1998, surgiendo de la necesidad de fortalecer los procesos de integración de América Latina y contribuir al desarrollo económico y social entre naciones con el objetivo de asegurar una mejor calidad de vida para las sociedades.

El Acuerdo Comercial Multipartes celebrado entre la Unión Europea y Ecuador que entró en vigencia en el año 2017, contempla la liberalización inmediata del 99,7% de la oferta exportable del Ecuador y el 100% de los productos industriales ecuatorianos (Ministerio de producción, comercio exterior, inversiones y pesca, 2016).

Según Geurts (2022), durante el 2021 el acuerdo prevaleció en su esencia ganar-ganar registrando un aumento del 16% en comercio bilateral con respecto al 2020, esto, gracias a la calidad de los productos ecuatorianos y los bienes de capital y tecnología agrícola que recibió Ecuador de su parte (Tabla 6).

Tabla 6

Acuerdos Comerciales de Ecuador

Acuerdos Comerciales que mantiene Ecuador con el resto de los países.		
Países	Nombre del Acuerdos	Liberación.
Alemania, Austria, Bélgica, Bulgaria, Chipre, Croacia, Dinamarca, Eslovenia, Eslovaquia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Países Bajos, Polonia, Portugal, Rumania, Reino Unido, Suecia.	Acuerdo comercial multipartes (Unión Europea)	Parcial.
Chile	Acuerdo de alcance Parcial	Parcial.
Brasil, Paraguay, Uruguay, Argentina.	MERCOSUR	Parcial.
Perú, Colombia, Bolivia.	CAN	Total.

Nota: Ministerio de Producción Comercio Exterior Inversiones y Pesca

Conclusiones

Se aprecia que las importaciones superaron a la elaboración de bebidas no alcohólicas en el Ecuador durante los años analizados mediante una balanza comercial negativa constante, ya que no posee una ventaja comparativa ni absoluta en cuanto a industrias, el 70% de las exportaciones son originarias del sector agrícola, lo que convierte al país en un exportador de materias primas de limitado o nulo valor agregado, el cual está sujeto a las inestables variaciones de precios en los mercados internacionales y a las fluctuantes barreras de acceso por parte de las naciones industrializadas.

Las importaciones prevalecen sobre la producción de bebidas no alcohólicas para el consumo nacional, lo cual se refleja en una balanza comercial negativa, lo que deja un bajo aporte a la producción nacional, carente de un valor agregado para los productos desarrollados y baja inversión en cuanto a tecnologías, fuerza productiva calificada, marketing y publicidad y fomento a la matriz productiva del sector. En cuanto a temas de comercio internacional, se mantienen acuerdos comerciales con varias regiones, los cuales ayudan a mantener el desenvolvimiento de las economías mutuas y la complementariedad de sus mercados.

Es importante plantear algunas recomendaciones para incentivar la producción de bebidas no alcohólicas en el país, sobre todo políticas públicas con incentivos a: la reestructuración de la cadena de valor, implementación de tecnología de punta, reestructuración del presupuesto e inversión en la inclusión de investigación y desarrollo con personal capacitado, implementación del modelo B2B; maquinaria con nuevas tecnologías que impulsen la matriz productiva nacional. Por parte de la empresa privada hace falta mayor reinversión en el área de investigación y desarrollo para adicionar valor agregado a la oferta, así como, invertir en el mercadeo de su producción.

Puesto que el crecimiento del sector productivo nacional de un país, y especialmente en este sector, puede incrementar, más allá de una balanza comercial positiva, mejorar la

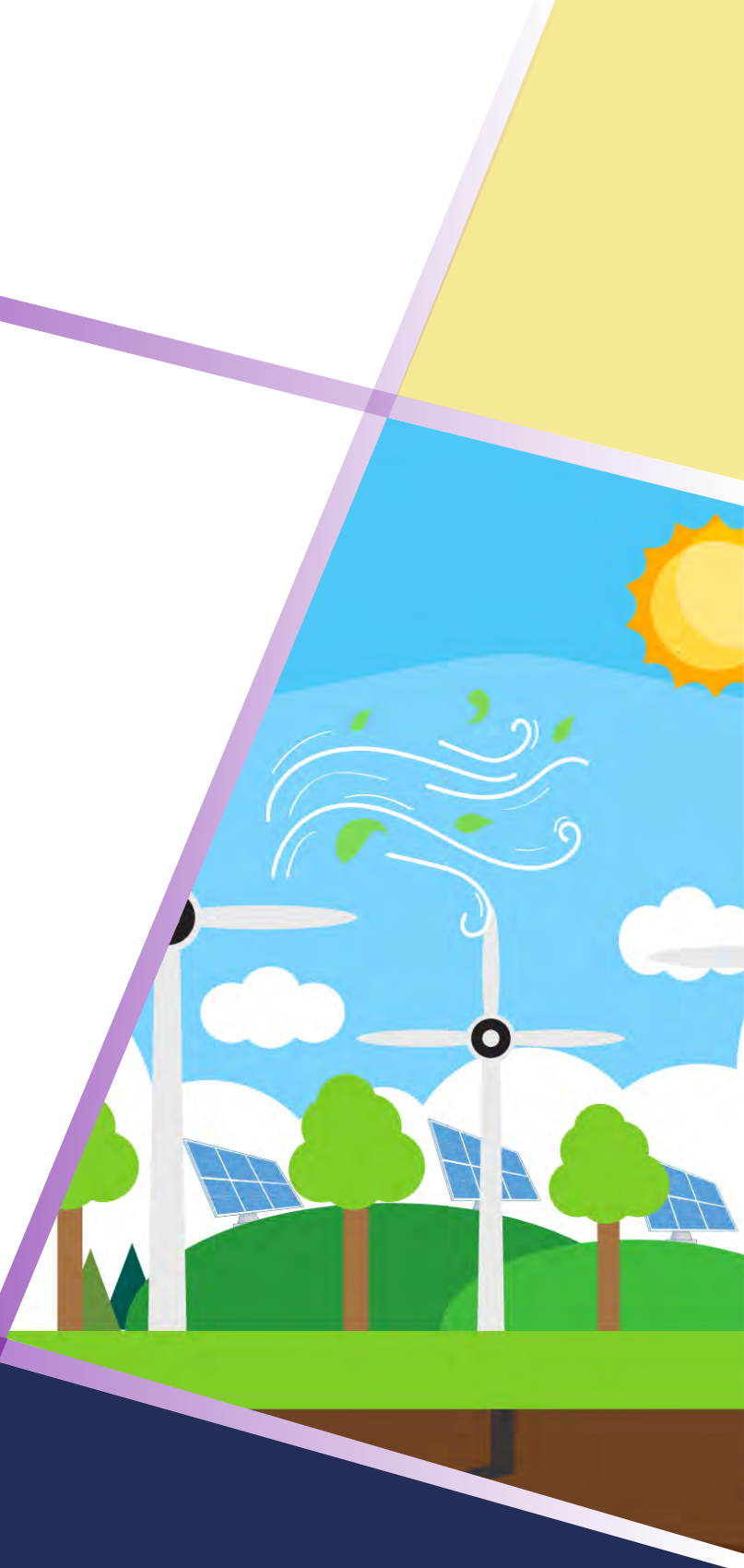
industrialización de bebidas no alcohólicas, aumentar la producción agrícola debido al uso de materias primas, que en el caso de Ecuador es otro de los grandes sectores productivos. Por ende, acrecentar plazas de empleo calificadas, así como mejorar los procesos de calidad.

Referencias

- AIBE. (11 de NOVIEMBRE de 2022). *AIBE*. <https://www.aibe.ec/>
- Asociación de Industrias de Bebidas No Alcohólicas del Ecuador. (agosto de 2022). <https://www.aibe.ec/>
- Banco Central del Ecuador. (2021). *Información estadística mensual*. Quito: Banco Central del Ecuador.
- Boston Public. Health Commission. (2010). *Hoja informativa sobre las bebidas azucaradas, la obesidad y las enfermedades crónicas*. http://www.bphc.org/whatwedo/healthy-eating-active-living/sugar-smarts/beverage-environment/Documents/SSB%20Fact%20Sheet%20Update%20June%2030%202014_sp.pdf
- Buendía, E. (2013). El papel de la Ventaja Competitiva en el desarrollo económico de los países. *Revista Análisis Económico*, 55 - 78.
- Chiñas, C., & Jaime, D. (30 de Julio de 2019). *estructura de las exportaciones y competitividad. El caso de México, 1995-2017*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/413/41364527006/html/>
- Corporación Financiera Nacional. (5 de Febrero de 2021). *Industrias Manufactureras*.
- Corporación Financiera Nacional, CFN. (2022). *Industrias Manufactureras: Elaboración de bebidas no alcohólicas embotelladas*. Quito, Ecuador: Subgerencia de Análisis de Productos y Servicios, Corporación Financiera Nacional B.P.
- Diario El Universo. (12 de abril de 2019). *El Universo*. Obtenido de <https://www.eluniverso.com/noticias/2019/04/12/nota/7281038/1560-millones-litros-bebidas-se-toman-ano/>
- Geurts, C.-M. (2022). *Comercio bilateral entre la Unión Europea y Ecuador*. Quito: Delegation of the European Union.
- Gil, P. (11 de febrero de 2018). Obtenido de Barreras Arancelarias y no Arancelarias: <https://www.clubensayos.com/Negocios/BARRERAS-ARANCELARIAS-Y-NO-ARANCELARIASIMPLICACIONES/4275037.html>
- Gonzalez, R. (2011). Diferentes Teorías del Comercio Internacional. *Tendencias y Nuevos Desarrollos de la Teoría Económica*, 103 - 115.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2020). *Encuesta Estructural Empresarial 2020*.
- Jedlicki, C. (septiembre de 2007). *Alianza Global Jus Semper*. Obtenido de http://www.jussemp.org/Inicio/Resources/Jedlicki_IntercambioDes.pdf
- Krugman, P., & Obstfeld, M. (2006). *Economía Internacional: Teoría y Política*. Madrid: PEARSON EDUCACIÓN.
- Ministerio de producción, comercio exterior, inversiones y pesca. (11 de Noviembre de 2016). *Acuerdo Comercial Ecuador – Unión Europea*. Recuperado el 18 de 11 de 2022, de Ministerio de producción, comercio exterior, inversiones y pesca: <https://www.produccion.gob.ec/acuerdo-comercial-ecuador-union-europea/#>
- Organización Mundial de la Salud, OMS. (2015). *Fiscal policies for Diet and Prevention of Noncommunicable Diseases*. México: OMS.

- Paraje, G. (2016). The Effect of Price and Socio-Economic Level on the Consumption of Sugar- Sweetened Beverages (SSB): The Case of Ecuador. *PLOS ONE*, 11(3), 1 - 13.
- Rivas, L. (2014). *Las bebidas azucaradas, Ecuador*. <https://prezi.com/-zewyke3om5f/bebidas-azucaradas/>
- Segovia, J., Orellana, M., & Sarmiento, J. (2020). Estimación de la demanda de bebidas no alcohólicas en Ecuador. *Sinergia*, Vol 11, N° 3, Septiembre - Diciembre, 72 - 83.
- Sierra, I. (2016). *Cepal y la Teoría de la Industrialización*. <https://www.clubensayos.com/Historia-Americana/CEPAL-Y-LA-TEORIA-DE-INDUSTRIALIZACION/3685503.html#:~:text=La%20CEPAL%20justificaba%20su%20teor%C3%ADa%20de%20industrializaci%C3%B3n%20sustitutiva%3B,por%20los%20importadores%20y%20no%20por%20los%20exportado>
- Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros. (2020). *Estados financieros consolidados*. Quito: Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros.
- Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros. (noviembre de 2022). *Portal información*. https://reporteria.supercias.gob.ec/portal/cgi-bin/cognos.cgi?b_action=cognosViewer&ui.action=run&ui.object=%2fcontent%2ffolder%5b%40name%3d%27Reportes%27%5d%2ffolder%5b%40name%3d%27Estados%20Financieros%27%5d%2freport%5b%40name%3d%27Estados%20Financieros
- Valverde, A. (2019). Bebidas azucaradas y su importancia en la legislación ecuatoriana. *Visión Empresarial N. 9*, Enero - Diciembre, 95 - 104.
- Wahli, C. (2016). La industria de bebidas se fortalece con inversión. (S. e. Vistazo, Entrevistador)

Ciencias de la vida



Actualidad de tratamientos y procesos de reciclaje de los residuos industriales de curtiembres en Ecuador y el mundo

Current treatment and recycling processes of industrial waste from tanneries in Ecuador and the world

Dayana Anchatipán Bastidas¹ <https://orcid.org/0000-0002-4251-2106>,
Nelly Flores Tapia¹ <https://orcid.org/0000-0002-0851-8117>

¹*Dirección de Investigación y Desarrollo, Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencia en Ingeniería en Alimentos (FCIAB), Ambato, Ecuador*
dayanaanchatipan@gmail.com, ne.flores@uta.edu.ec



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

Enviado: 2022/09/29

Aceptado: 2023/06/21

Publicado: 2023/06/30

Resumen

El objetivo de este estudio es investigar los procesos de reciclaje y reuso de los residuos generados por las curtiembres en Ecuador y el mundo. Para alcanzar este propósito, se utilizaron publicaciones de alto impacto y bases de datos gubernamentales para recopilar información. Se identificaron varios procesos de reciclaje y reuso para los residuos sólidos de las curtiembres, estos incluyeron la producción de pegamentos, colágeno, gelatina, aminoácidos, biocombustibles, biogás y lubricantes para cueros. Además, se encontró que es posible recuperar sales de cromo de las aguas residuales, lo que permite reutilizarlas. El estudio también reveló que países como India, Bangladesh y China, que son los principales productores de cuero, aplican tecnologías avanzadas de reciclaje en sus curtiembres. En contraste, países como Italia, Alemania y España se enfocan más en la conversión química de los residuos sólidos de la curtiduría. En Ecuador, no existen publicaciones sobre el reciclaje de residuos de tenerías, y las pocas que abordan este tema se centran en la reutilización de carnazas, restos de piel y obtención de queratina del pelo residual. Esta falta de interés, en la adecuada gestión de residuos en las curtiembres, puede atribuirse a la informalidad y la falta de aplicación estricta de la legislación ambiental en el país. En conclusión, es importante regularizar el sector industrial de curtiembres en Ecuador y promover procesos de reciclaje y reuso que proporcionarán beneficios económicos y sostenibilidad estas industrias. El estudio resalta la necesidad de mejorar la gestión de residuos en las curtiembres ecuatorianas y seguir el ejemplo de países que han implementado tecnologías avanzadas de reciclaje.

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

Como citar: Anchatipán, D. & Flores, N. (2023). Actualidad de tratamientos y procesos de reciclaje de los residuos industriales de curtiembres en Ecuador y el mundo. *Revista Tecnológica - Espol*, 35(1), 66-87. <http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/983>

Palabras clave: Desechos sólidos, efluentes líquidos, impacto ambiental, tecnologías de reciclaje y reúso.

Abstract

This study aims to investigate the recycling and reuse processes of the waste generated by tanneries in Ecuador and the world. High-impact publications and government databases were used to gather relevant information on the topic and, thus, achieve the objective of the study. Several recycling and reuse processes of tannery solid waste were identified, including the production of adhesives, collagen, gelatin, amino acids, biofuels, biogas, and leather lubricants. Additionally, it was found that it is possible to recover chromium salts from wastewater and reuse them. The study also revealed that countries like India, Bangladesh, and China, the primary producers of leather, apply advanced recycling technologies in their tanneries. In contrast, countries like Italy, Germany, and Spain focus more on the chemical conversion of tannery solid waste. In Ecuador, there is a lack of publications on tannery waste recycling, and the few available ones focus on the reuse of trimmings, leather scraps, and the extraction of keratin from residual hair. This lack of interest in proper waste management in tanneries may be attributed to informality and the country's lax enforcement of environmental legislation. In conclusion, it is crucial to regulate the tannery industry sector in Ecuador and promote recycling and reuse processes that will bring economic benefits and sustainability to these industries. This study highlights the need to improve waste management in Ecuadorian tanneries and follow the example of countries that have implemented advanced recycling technologies.

Keywords: Solid waste, liquid effluents, environmental impact, recycling and reuse technologies.

Introducción

Las curtiembres son industrias dedicadas a la transformación de la piel animal, la modifican químicamente hasta convertirla en cuero de valor comercial que es utilizado en la fabricación de vestimenta y aprovechado en diferentes actividades humanas (Parisi et al., 2021; T. Verma et al., 2019).

La industria del curtido contribuye al desarrollo económico de diferentes países, teniendo como mayores productores a Europa y Asia (Urbina et al., 2021). En Latinoamérica, Brasil y Argentina se destacan en este sector. Según estudios, se calcula que el comercio del cuero genera ganancias entre de USD 100 mil millones y USD 414 mil millones por año a nivel mundial (Rajamanickam et al., 2022; Saxena et al., 2020). De igual forma, en Brasil se generan USD 3 mil millones al año (Klein et al., 2022) y en Ecuador, solo en el 2020, se produjeron USD 502,38 millones (CFN, 2021). Sin embargo, la industria del cuero descarga enormes cantidades de residuos sólidos y efluentes contaminantes, lo que la coloca entre las diez industrias más tóxicas y a sus residuos en un foco de contaminación ambiental (Rigueto et al., 2020).

En los últimos años, a nivel mundial, el número de industrias dedicadas al curtido de pieles ha crecido, siendo las medianas y pequeñas tenerías las más contaminantes (González et al., 2017). En Ecuador, las curtiembres son un factor importante para la economía nacional, puesto que aportan con más de 100 mil plazas de empleo directo e indirecto (INEN, 2018); sin embargo, representan riesgos para el medio ambiente y la salud debido a la falta de gestión ambiental y Responsabilidad Social Empresarial (RSE) (Lascano et al., 2019).

Tomando en cuenta la actividad industrial de las curtiembres en el mundo y a nivel nacional, en el presente artículo se realiza una investigación bibliográfica sobre el proceso de curtido de pieles. Además, en este estudio, se identifican las curtiembres actualmente activas en el Ecuador y se evidencia el impacto ambiental de los residuos sólidos y efluentes; finalmente, se presentan las tecnologías de reciclaje y reutilización para desechos provenientes del curtido de cuero, utilizando bases de datos indexadas en Scopus, bases de datos de universidades latinoamericanas y ecuatorianas con la finalidad de encontrar alternativas ecológicas y sostenibles para la reutilización y reciclaje de los desechos sólidos de las curtiembres (Saxena et al., 2020).

Metodología

En este trabajo se analizó, desde una perspectiva bibliográfica, los tratamientos de reciclaje y reutilización de residuos líquidos y sólidos de curtiembres que se han desarrollado a nivel mundial en los últimos diez años. A partir de esta información, se determinaron las tecnologías aplicables a las curtiembres ecuatorianas.

Esta revisión se centró en los tratamientos existentes y las tecnologías utilizadas en el ámbito industrial alrededor del mundo, con el fin de evaluar su viabilidad y aplicabilidad específica en el contexto de las curtiembres en Ecuador.

Selección de bibliografía

Se realizó una búsqueda exhaustiva, utilizando diversas combinaciones de palabras clave como curtiembres, residuos sólidos, efluentes, reciclaje de residuos sólidos y descontaminación de efluentes provenientes del curtido de pieles. Estas combinaciones de palabras se adaptaron a las bases de datos electrónicas como Web of Science, Scopus-Elsevier-Science Direct, que se utilizaron en inglés. Además, se llevó a cabo una búsqueda en la literatura gris en Google Scholar, Scielo, Redalyc y tesis de grado de varias universidades latinoamericanas, tanto en inglés como en español, para encontrar artículos relacionados con curtiembres en Latinoamérica y Ecuador.

Es relevante destacar que este trabajo no abarcó investigaciones de carácter específicamente biológico o microbiológico, ni estudios sobre emisiones gaseosas en curtiembres, dado que estas últimas no están reguladas por las normas TULSMA en Ecuador. La contaminación gaseosa se encuentra principalmente asociada al mal olor generado durante el proceso de curtiembre, como se menciona en el estudio de Parada et al. (2019).

Las búsquedas se llevaron a cabo desde el 1 de septiembre de 2022 hasta el 1 de junio de 2023 para obtener la información lo más actualizada disponible.

Selección de publicaciones

Para mejorar la eficacia de la búsqueda, se dividió en dos secciones principales. La primera sección se enfocó en buscar tecnologías de tratamiento de aguas residuales, mientras que la segunda se centró en el reciclaje de residuos sólidos. De todas las fuentes consultadas, se seleccionaron aquellas más relevantes para realizar un resumen en este trabajo.

Se utilizó el software Connected Papers para encontrar correlaciones de información entre los temas indagados. Este software generó visualizaciones que representaron las conexiones de similitud entre los artículos. Cada artículo se figuró como una esfera que se conecta con líneas a otros trabajos, y las esferas de mayor tamaño indicaron mayor relevancia. La investigación se realizó exclusivamente en inglés, utilizando palabras clave específicas y el operador booleano AND. Por ejemplo, se utilizó la combinación "tannery AND wastewaters"

Para adquirir información específica actualizada sobre las curtiembres ecuatorianas, se buscó en bases de datos como el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE), Instituto Nacional de Normalización (INEN), Servicio de Rentas Internas (SRI), la Superintendencia de Compañía (SC) y los repositorios de universidades nacionales.

De todos los artículos encontrados con la ayuda de Connected Papers, se escogieron aquellos que cumplieran con el criterio de selección establecido. Se priorizaron las publicaciones de los últimos cinco años que se basaban en investigaciones originales relacionadas con curtiembres, residuos sólidos, efluentes líquidos e impacto ambiental. Se excluyeron los artículos de revisión para garantizar la obtención de información actualizada y de mayor relevancia.

En la base de datos Elsevier-Scopus se establecieron los siguientes parámetros de búsqueda: "tannery AND solid wastes" y "tannery AND wastewaters", en un periodo de búsqueda desde 2018 hasta 2023. Se prescindieron los artículos de revisión y se consideraron únicamente aquellos que presentaban investigaciones originales para obtener información actual. Además, la indagación se limitó a artículos escritos en inglés.

Para encontrar información relacionada con Latinoamérica, se utilizó la base de datos Redalyc. Se emplearon palabras clave y operadores booleanos como "curtiembre AND tratamiento AND residuos", y se buscaron artículos publicados en los últimos cinco años tanto en inglés como en español.

Los documentos que presentan información sobre procesos específicos llevados a cabo en Ecuador se buscaron en Google Scholar, para ello, se utilizó el siguiente criterio de indagación: tratamiento AND 'aguas residuales de curtiembres' AND ecuatorianas. Se especificó entre comillas "aguas residuales de curtiembres" para hacer la búsqueda más concreta. Asimismo, para analizar los estudios sobre el tratamiento de residuos sólidos, se utilizó el siguiente criterio: tratamiento AND 'residuos sólidos de curtiembre' AND ecuatorianas. Igualmente, solo se incluyeron artículos en inglés y español.

Organización de la información

Utilizando Connected Papers, se obtuvieron inicialmente 84 artículos relacionados con curtiembres. De estos, se encontraron 31 que abordaban el tema de reciclaje de residuos sólidos, y 29 trataban sobre tratamientos de aguas residuales de curtiembres. Después de eliminar los duplicados e investigaciones a escala laboratorio, solo quedaron 35 artículos útiles para este estudio.

En la base de datos Redalyc se encontraron 59 artículos relacionados con los criterios de búsqueda establecidos, entre ellos, se identificó uno muy relevante titulado: "Diseño, evaluación y validación de un sistema de tratamiento de efluentes del proceso de curtido de pieles: caso Pieles del Sur" (Paz et al., 2020). Este estudio resume que el tratamiento del agua residual de la planta se hace solo con el fin de recircular el agua, ahorrarla y evitar multas; este proceso se destaca como el caso más común en el territorio nacional.

Por su parte, en la base de datos de Google Scholar, se identificaron 121 artículos sobre el tratamiento de efluentes de curtiembres, pero solo en 15 se hace hincapié en que el agua tratada fue reciclada al proceso nuevamente; además, se encontraron 7 trabajos sobre tratamientos de residuos sólidos investigados en Ecuador.

Finalmente, para recomendar tecnologías a aplicarse en curtiembres ecuatorianas se buscaron tecnologías de descontaminación en la base de datos Elsevier-Scopus-Science Direct, donde se usaron los criterios "tannery AND solid wastes" y "tannery AND wastewater", lo que arrojó 1656 y 2328 artículos de investigación, respectivamente. En este caso, en vista de la gran cantidad de información obtenida, el enfoque fueron los tratamientos específicos de vanguardia aplicables en las curtiembres ecuatorianas; por lo que, se emplearon criterios de búsqueda adicionales como "tannery AND solid wastes AND chromium", "tannery AND solid wastes AND glue", "tannery AND solid wastes AND animal food", "tannery AND solid wastes AND composites", y "tannery AND wastewater AND treatment recycling".

Hay que recalcar que se realizaron eliminaciones de duplicados en los documentos obtenidos y se revisaron los resúmenes y las conclusiones de los trabajos encontrados. Además, se seleccionaron 10 artículos de Scopus que proporcionaban información sobre nuevas tecnologías aplicables en las curtiembres de Ecuador. En total, se resumieron 82 estudios en este trabajo.

Resultados y Discusión

Las curtiembres se dedican a convertir pieles de animales putrescibles en un material apto para diferentes usos mediante tratamientos químicos. Este proceso consta de varias etapas: remojo, pelambre, descarnado, dividido, desencalado, piquelado, curtido, neutralizado, blanqueado, teñido, engrasado y secado (Verma et al., 2019). Se procesan alrededor de 6900 000 toneladas de pieles y cueros salados al año (Puhazhendi et al., 2022), este proceso, en su mayoría químico, genera gran cantidad de desechos sólidos como: wet-blue, restos de carne, pelo, retazos de piel, polvos de pulido, etc. (Kamaraj et al., 2017), los cuales son nocivos para el medio ambiente y la salud debido a la presencia de cromo y exceso de materia orgánica con baja biodegradabilidad. Además, el curtido de pieles requiere un consumo de agua entre 30 a 50 m³ por tonelada de cuero (Basaran et al., 2018).

Figura 2

Etapas del Curtido de Cuero y Residuos Generados



Nota: La Figura muestra las etapas de curtido de cuero y sus subetapas con los respectivos residuos producidos. Fuente: Autoría propia (2023).

Las aguas residuales del proceso contienen metales pesados, ácidos orgánicos, grasas, proteínas, sangre (Korpe & Venkateswara, 2021), los cuales causan daños significativos al suelo agrícola y a cuerpos de agua receptores debido a la toxicidad de los agentes químicos aplicados en cada etapa (Rigueto et al., 2020). El procesamiento que se da a la piel en bruto empieza con el pretratamiento para demorar el proceso de deterioro de las pieles. En la etapa de ribera, se limpia y prepara la piel, en el curtido se le cambia su composición química, confiriéndole estabilidad a los cambios ambientales (Tasca & Puccini, 2019) y, en el post curtido, se le da las demás características requeridas por el mercado (Parada et al., 2019). En la Figura 2, se puede observar las etapas por las que pasa la piel en bruto y los residuos generados en cada una de ellas.

Efluentes y los contaminantes involucrados

En la etapa de ribera se utilizan químicos como el cloruro de sodio para deshidratar las fibras de colágeno y evitar la descomposición (Maina et al., 2019); así también, el hipoclorito de sodio aplicado para eliminar sales y materia orgánica (Sawalha et al., 2019a); mientras que, el hidróxido de sodio y el sulfuro de sodio son aplicados para la hidrólisis del pelo animal y quitarla epidermis de la piel respectivamente (Kadathur et al., 2022; Yadav et al., 2019); finalmente, se usa ácido sulfúrico para preparar a la piel a la exposición del agente curtiente. Todos estos productos químicos utilizados y los residuos obtenidos tras su aplicación son descargados en aguas residuales y su presencia incrementa la cantidad de sólidos totales disueltos (STD), demanda química de oxígeno (DQO) y la concentración de sulfuros, los cuales son altamente contaminantes para el cuerpo de agua receptor debido a la acidificación del medio, lo que produce la intoxicación y posterior muerte de peces y otros organismos acuáticos (Verma et al., 2019).

Durante el curtido se aplican agentes de origen mineral, vegetal y sintéticos, siendo el sulfato de cromo el agente curtiente más empleado por esta industria, debido a su fácil manejo, alta estabilidad térmica en condiciones de producción y propiedades viables de aplicación, además de que ocupa menor tiempo para obtener el cuero como producto final (Maraz, 2021). El sulfato de amonio y sales de amonio eliminan la alcalinidad de la piel, asimismo, ayudan a remover sulfuros y reducir el pH. En esta etapa se generan aguas residuales con altas concentraciones de cromo, sulfuros, nitrógeno orgánico y amoniacal que contaminan el medio ambiente debido a reacciones de nitrificación e intervención en las reacciones naturales que ocurren en los cuerpos de agua y suelo, provocando un desequilibrio químico y generando agentes tóxicos como el ion nitrito que penetra las membranas biológicas de seres vivos, afectando su sistema inmune y produciendo su posterior muerte (Murshid et al., 2018).

Entre el 30% y el 40% de cromo es eliminado en las aguas residuales del proceso de curtido, este cromo disuelto es muy oxidante, no es biodegradable y atraviesa membranas biológicas de seres vivos, por lo que, es tóxico para la vida microbiana, vegetal y acuática (Rimawi et al., 2020a), además, este metal, en su forma hexavalente, es un cancerígeno perjudicial para la salud humana (Salimin et al., 2020a). Todos estos agentes químicos aplicados causan efectos negativos en la flora y fauna de los ecosistemas donde son descargados, incrementando la demanda biológica de oxígeno (DBO) y demanda química de oxígeno (Liu et al., 2020; Verma et al., 2019).

En la etapa de post-curtido se aplica el bicarbonato de sodio para blanquear el cuero, engrase para que adquiera suavidad y flexibilidad, y tintes para brindar color al cuero terminado (Liknaw et al., 2017). También, se aplica el tributilestano y los bifenilos policlorados (PCB), como pintura antiincrustante, para evitar la proliferación de bacterias y hongos (Bustos, 2020; Yasir et al., 2021a). Estas aguas residuales producen eutrofización en los cuerpos de agua dulce

donde son descargados (Butt et al., 2021). Además, debido a la presencia de metales pesados, generan una alta conductividad, creando desequilibrio en las reacciones químicas y actividad enzimáticas en los ecosistemas acuosos, disminuyendo el efecto de biorremediación natural (Sawalha et al., 2019; Verma et al., 2019; Yasir et al., 2021). A toda esta situación, se suma que incrementan la concentración de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos (SS), sólidos disueltos (SD) y sólidos totales (ST) (Kadathur et al., 2022), que son indicadores de un impacto ambiental negativo.

Residuos sólidos

Los residuos sólidos de las curtiembres incrementan la contaminación ambiental de los lugares donde son descargados. Se ha detectado que de 1000 kg de pieles saladas que se ocupan, 600 kg son desechos sólidos y solo 200 kg de cuero terminado, produciéndose así una gran cantidad de desperdicios como: restos de carne, pelo, retazos de piel, polvos de pulido y las virutas de wet-blue que se obtienen durante el proceso de rebajado del cuero (Parisi et al., 2021). Estos residuos al ser descargados en agua y suelo aumentan los niveles de contaminación, generando un exceso de materia orgánica presente en la tierra y los rellenos sanitarios, disminuyendo la velocidad de oxidación de la materia orgánica por parte de microorganismos propios del suelo, lo que puede llegar a convertirlo en inerte para su uso en agricultura u otro fin (Salimin et al., 2020b). En la Tabla 1 se puede identificar los residuos sólidos generados del proceso de curtido de pieles.

Tabla 1
Características de residuos sólidos de curtiembres

RESIDUO SÓLIDO	CARACTERÍSTICAS	FUENTE
Pelo	Alto contenido de queratina	(Thankaswamy et al., 2018a)
Carnaza	Contiene grasa, proteína, piel y sangre	(Hashem et al., 2021a)
Restos de piel	Alto contenido de colágeno	(Tang et al., 2021)
Wet-blue	Virutas de cuero con cromo	(Agustini et al., 2020a)
Polvos de pulido	Material volátil que contiene cromo y compuestos tóxicos	(Ayele et al., 2021a)

Los residuos sólidos de curtiembre, como el pelo, se generan luego de la hidrólisis con hidróxido de sodio o sulfuro de sodio, y estos contienen entre un 90% a 97% de queratina (Souza et al., 2022a), la naturaleza proteica de estos restos disminuye su biodegradabilidad, aumentando la concentración de DBO, DQO, SD y ST (Thankaswamy et al., 2018).

De igual forma, la carnaza representa entre el 50 a 60% de los residuos sólidos sin curtir (Hashem et al., 2021a) y junto con los restos de piel generan partículas orgánicas de grasas, sangre y proteínas que aumentan la concentración de SS y ST y, tras su descomposición, emiten un olor putrefacto (Kadathur et al., 2022; Li et al., 2019).

Los recortes wet-blue son residuos sólidos con alto contenido de cromo (Agustini et al., 2020), generados en el proceso de rebajado, y son el 30% del total de estos desperdicios (Parisi et al., 2021). Debido a la toxicidad del cromo que está unido a las moléculas de colágeno, estos restos son peligrosos para los seres vivos, pues pueden causar mutaciones en el ácido nucleico

y en las células humanas, induciendo a la aparición de células cancerígenas (Rimawi et al., 2020b; Shukla et al., 2021a).

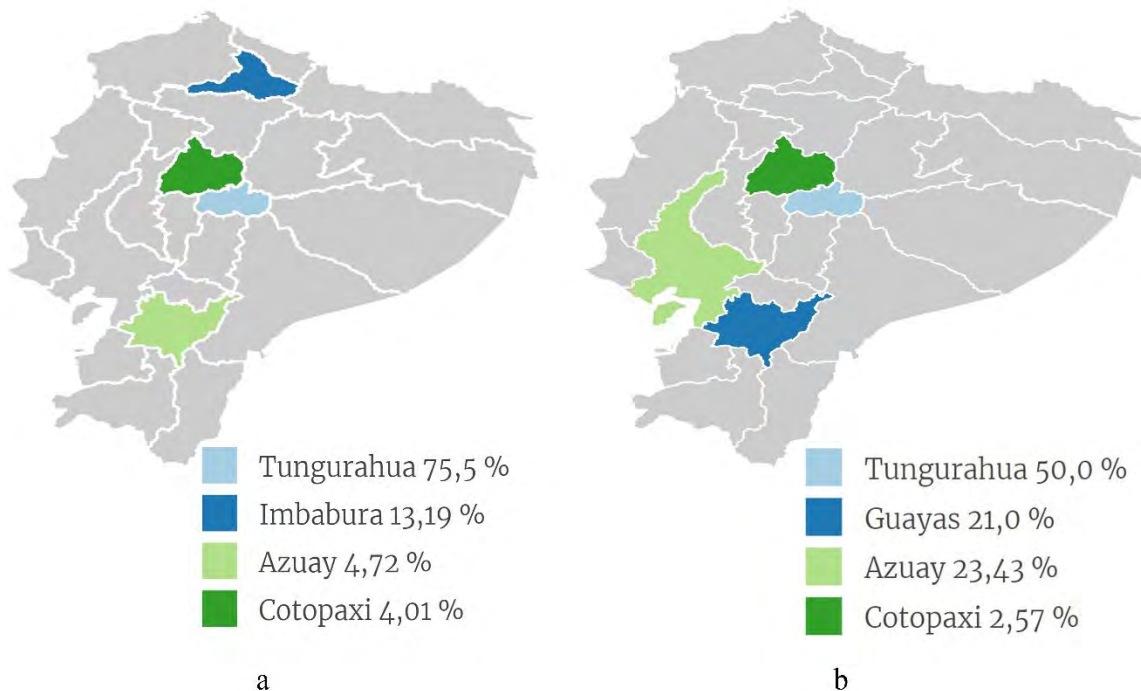
Finalmente, en menor cantidad, se eliminan metales pesados como cromo, mercurio, sodio, níquel, cobre, etc. y compuestos tóxicos como sulfuros, cloruros, amoniacos que son nocivos para el medio ambiente y la salud (Ayele et al., 2021a).

Situación de las curtiembres activas en Ecuador

En el Ecuador, mediante la obtención de información de artículos y tesis, se encontró que existe un antes y un después de la pandemia con respecto a la actividad económica del sector de curtiembre. En la Figura 3a se puede identificar la localización de tenerías en diferentes provincias del país. En 2017, mediante la realización de un catastro, se determinó que la provincia con mayor número de curtiembres es Tungurahua, la cual posee 57 industrias de las 80 existentes a nivel nacional (Masabanda et al., 2017; Silva & Salinas, 2022), lo que representa el 75,58% del total de curtiembres en el país. Esta situación aumenta el desarrollo industrial en Tungurahua a la vez que contribuye a la contaminación en la provincia (Salinas, 2014). El restante 24,42% se distribuyen en las provincias de Imbabura, seguido de Azuay y Cotopaxi, un resumen se puede ver en la Figura 3b

Figura 3

Ubicación Geográfica de Curtiembres en el Ecuador (a) Antes de la Pandemia COVID19 y (b) Después de la Pandemia del COVID 19



Nota: La Figura presenta una comparación de la distribución de curtiembres en Ecuador antes (a) y después (b) de la pandemia. Fuente: Autoría propia utilizando el software <http://mapinseconds.com/> (2023).

Durante el año 2018, se observó que el 76,6% de la producción de cuero en las curtiembres se destinó a la fabricación de calzado, mientras que el 23,4% restante se distribuyó en actividades como marroquinería y confección de prendas, entre otras (Peñafiel & Vásquez, 2020). Por otro lado, en 2019, el Servicio de Rentas Internas (SRI) registró ganancias totales de la industria de tenerías por un monto de USD 867,7 mil dólares, lo cual representó una disminución del 15% en comparación con el año anterior. Además, se reportaron pérdidas por

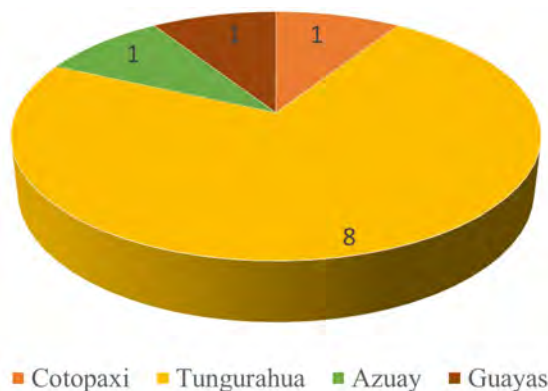
USD 1,2 miles de dólares, lo que supuso una reducción del 83% en las utilidades, debido a la disminución en la demanda de cuero (SRI, 2019).

En 2020, con el inicio de la pandemia global del COVID-19 y la emergencia sanitaria nacional, ocurrió una disminución en la producción del cuero debido a la reducción en los pedidos, incapacidad para entregarlos y dificultad para adquirir financiamiento. Según el último boletín técnico del Instituto de Estadísticas y Censo (INEC), el índice de producción de la Industria Manufacturera (IPI-M), en septiembre del 2020, registró una variación anual de -5,62% y una variación mensual de -77,12% respecto a septiembre 2019. Estas cantidades indican un resultado negativo para la venta de cuero terminado (INEC, 2020).

En el presente año, la Corporación de Desarrollo de Ambato y Tungurahua realizó un catastro de curtiembres a nivel nacional mediante encuestas, entrevistas e investigación en medios digitales y entidades públicas del sector, en este estudio se determinó que Tungurahua sigue siendo la provincia con mayor número de tenerías activas del país, con un 50%, seguido de Azuay con el 26,43%, Guayas con el 21% y Cotopaxi con el 2,57% como se puede observar en la Figura 3b. Además, se identificó que la provincia de Imbabura no tiene industrias dedicadas al curtido de cuero registradas, esto debido a las graves pérdidas económicas que dejó la pandemia y, por consiguiente, la disolución y liquidación de varias de estas (Figura 4). Sumado a esta situación, el efecto postpandemia provocó una disminución en la demanda de cuero del 54,35% (Corporación de desarrollo de Ambato y Tungurahua, 2022).

Figura 4

Curtiembres Registradas en la Superintendencia de Compañías.



Nota: La Figura presenta la distribución geográfica de las curtiembres registradas en la Superintendencia de Compañías hasta septiembre de 2022, desglosada por provincias. Fuente: Autoría propia (2023).

Actualmente, en el país existen solo once curtiembres legalmente registradas en la Superintendencia de Compañías (SC), entidad que controla y valida las actividades de estas empresas. Las once curtiembres que constan en la Figura 4, cumplen con los respectivos permisos de funcionamiento, con Responsabilidad Social Empresarial (RSE) y correcta gestión económica, social y ambiental (Lascano et al., 2019). Sin embargo, es un número pequeño en comparación con el total de tenerías activas en el país que en su mayoría trabajan de manera informal sin registrarse ante las instituciones reguladoras nacionales.

Las informalidades de medianas y pequeñas curtiembres hacen que las industrias dedicadas al curtido de pieles no se interesen en cumplir con sus obligaciones legales y así formar parte del cambio para disminuir el impacto ambiental provocado por los residuos que generan; por tanto, es importante que exista un mayor control por parte del gobierno e interés

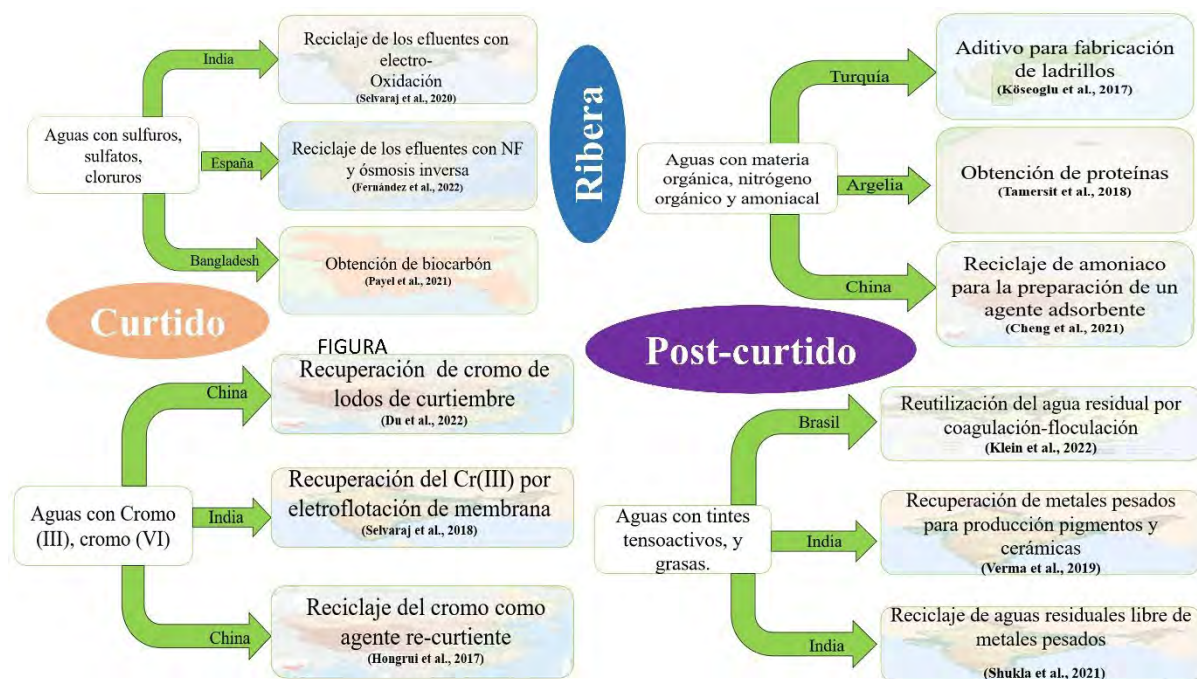
en aplicar tecnologías para el reciclaje y reutilización de residuos de las tenerías para reducir la contaminación ambiental que provocan.

Procesos de Reciclaje y Reutilización de Residuos Provenientes de Curtiembres a Nivel Mundial

El reciclaje y reúso de residuos industriales es aplicado alrededor de todo el mundo con el fin de mitigar la contaminación ambiental. Para las empresas legalmente registradas ante sus organismos de control nacional, el tratamiento de residuos es obligatorio y está regido según normativas de cada país. En Ecuador, el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica se encarga de controlar las descargas de aguas residuales y desechos sólidos en el territorio nacional siguiendo las leyes contempladas en Código Orgánico del Ambiente, el cual ha sido un avance significativo en el ámbito legal para la protección del medio ambiente (Moscoso, 2019).

Figura 5

Procesos de Reciclaje de Efluentes de las Etapas de Curtido de Cuero.



Nota: La Figura ilustra los productos resultantes del reciclaje de los diversos residuos generados durante los procesos de curtido, post curtido y ribera. *Fuente:* Autoría propia (2023).

Tecnologías de reciclaje y reúso para residuos líquidos

El reciclaje y reúso depende ampliamente del tipo de procesos y de los contaminantes que contienen las aguas residuales de curtiembres, ya que estas presentan una gran dificultad en su descontaminación por la cantidad de sustancias recalcitrantes y alto contenido de DBO, DQO, SS, SD, grasas, etc.; por lo que, se han requerido muchos años de investigación para tener resultados significativos (Zhao et al., 2022). En la Figura 5 y en la Tabla 2, se resumen algunos procesos aplicados en la remediación de aguas residuales de curtiembres alrededor del mundo para su posterior reciclaje y re-uso.

En la región andina, los países que tienen curtiembres están trabajando para disminuir la contaminación que producen, obligados en su mayoría por leyes ambientales nacionales, mientras que son las universidades quienes promueven la investigación para encontrar mejores procesos de manejo, uso y reúso de efluentes líquidos. Por ejemplo, en Colombia, el estudio

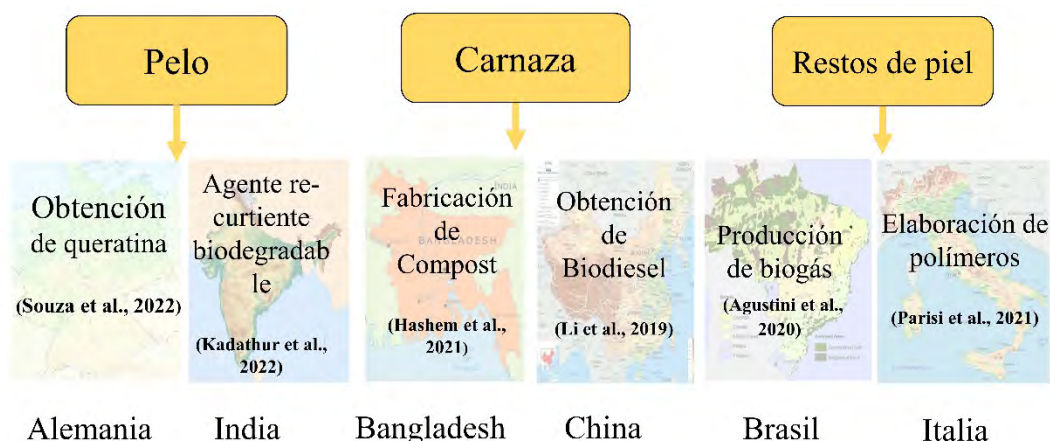
de Jara, 2018, evaluó el uso del quitosano, derivado del exoesqueleto de *Cryphiops caementarius*, para reducir sustancias orgánicas residuales de una curtiembre. Los resultados mostraron que el tratamiento de efluentes de la tenería con recortes wet-blue mezclados con quitosano fue altamente efectivo en la reducción de contaminantes en el agua residual, lo que facilitó el reuso de estas aguas nuevamente en el proceso de curtiembre. En Perú también se estudian alternativas, por ejemplo, tecnologías de electrocoagulación para eliminar materia orgánica de estas aguas para su posterior recirculación en las curtiembres (Mayta & Mayta, 2017). Sin embargo, existe escasa literatura sobre el resto de los países de la región andina.

Tecnologías de reciclaje y reuso para residuos sólidos

En la Figura 6 se resumen algunos tratamientos de residuos sólidos en la etapa de Ribera, en diferentes países. En los países europeos, por ejemplo, en Alemania se realizó un estudio sobre la extracción de queratina del pelo residual de la curtiembre (Souza et al., 2022b). Italia se encarga del 7% de la producción mundial de cuero (Hansen et al., 2021) y en este país se ha estudiado la transformación de los residuos sólidos generados en materia prima para la elaboración de polímeros que serán utilizados en diferentes industrias como la del caucho y como sustituto del petróleo (Parisi et al., 2021c).

Figura 6

Residuos Sólidos de la Etapa de Ribera.



Nota: La Figura presenta los productos de mayor relevancia obtenidos a través del reciclaje de los residuos sólidos generados en un proceso de curtido. Fuente: Autoría propia (2023).

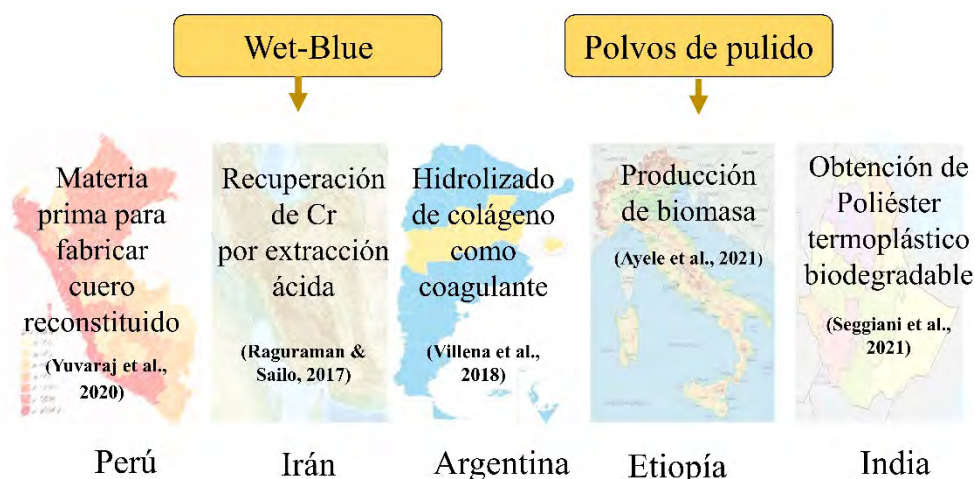
El continente asiático destaca como el mayor productor de cuero en el mundo (UN-FAO, 2013). India, al ser uno de los mayores productores de piel, busca de forma constante estrategias para mitigar el impacto ambiental. En una de las tantas investigaciones en India, se analizó la factibilidad de obtener un agente re-curtiente biodegradable de los restos pelo hidrolizado y ácido g-metacrílico (KH-g-MA) (Kadathur et al., 2022c).

Así también, en Bangladesh se busca aplicar las 3 R (reciclar, reutilizar y reducir), mediante el reciclaje de carnazas para la obtención de compost rico en nutrientes con una relación equilibrada C/N que puede ser utilizado en agricultura (Hashem et al., 2021b); mientras que en China se plateó la obtención de biodiesel a partir de residuos de descarte ricos en ácidos grasos (Li et al., 2019). En Irán se realizó la recuperación de cromo mediante método químico con extracción ácida de los lodos de curtiduría, posteriormente, se oxidó el Cr (III) a Cr (VI) y recuperó como sulfato de cromo (Raguraman & Sailo, 2017), tal como se puede ver en la Figura 7.

Tabla 2
Tratamientos experimentales para efluentes

	PAÍS	PROCESOS DE RECICLAJE	FUENTE	OBSERVACIONES
Ribera	India	Electro-oxidación foto asistida para eliminar sulfuros, cloruros y materia orgánica reduciendo la concentración de DQO en las aguas de curtiduría y reciclar las aguas para el proceso de curtido de pieles	(Selvaraj et al., 2020)	Método fácil de aplicar, elevados costos energía eléctrica, consumo eléctrico 0,30 kWhL ⁻¹ .
	España	Aplicación de una membrana de nanofiltración y una membrana de osmosis inversa para eliminar los sólidos en suspensión, iones sulfuros y cloruros de las aguas residuales.	(Fernández et al., 2022)	Método fácil de aplicación hay equipos industriales diseñados y listos para el uso
	Bangladesh	El uso de lodos generados en las aguas residuales de curtiembres para la obtención de bio-carbón como agente adsorbente de metales pesados.	(Payel et al., 2021)	Método fácil, la adsorción es utilizada industrialmente remoción de cromo de 152.12 mg/g a 533.41 mg/g
	Turquía	Coagulación- floculación para obtener un aditivo de las partículas sólidas separadas y mezclarlo con el mortero para la fabricación de ladrillos para construcción	(Köseoglu et al., 2017)	Alto costo proceso sinterizado a temperatura mayor 900°C.
	Argelia	Recuperar y reutilizar proteínas y aminoácidos utilizando una doble membrana de intercambio iónico recubierta con una membrana de ultrafiltración (UF) impermeable que pueden ser utilizadas con fines comerciales.	(Tamersit et al., 2018)	El proceso es costoso, proceso difícil por el alto costo de la membrana.
	China	Síntesis de óxido de grafeno magnético (GO/ Fe ₃ O ₄) como agente adsorbente.	(Cheng et al., 2021)	Proceso costoso, experimental.
Curtido	China	Recuperación del cromo a partir de lodos generados de las aguas residuales de curtiembres.	(Du et al., 2022)	Recuperación cromo 99,12%. Proceso fácil y aplicable.
	India	Extracción de cromo mediante el uso de una membrana de electro flotación y reciclaje del agua del proceso de curtido.	(Selvaraj et al., 2018)	Costo elevado 19 \$/m ³ a escala laboratorio. Proceso fácil.
	China	Obtención de cromo para posteriormente transformarlo en sulfato de cromo y este utilizar como agente re-curtiente	(Hongrui et al., 2017)	Proceso fácil de implementar. Costo bajo.
Post-curtido	Brasil	Reutilizar el agua residual del proceso de post-curtido tratadas por método químico de coagulación/floculación y posterior tratamiento biológico para eliminar materia orgánica y compuestos azufrados.	(Klein et al., 2022b)	Fácil de implementar costo bajo.
	India	Recuperación de metales pesados para utilizarlos como materia prima en la fabricación de pigmentos y cerámicas.	(Verma et al., 2019c)	Fácil de implementar costo bajo.
	India	Eliminación de metales pesados de los efluentes residuales de curtiembres para volver a utilizar los mismos para el curtido de pieles.	(Shukla et al., 2021b)	Fácil de implementar costo bajo.

Los polvos de pulido son los residuos sólidos menos abundantes, por ende, existe poco interés para su reciclaje y reutilización. En Etiopía, un proyecto se enfocó en la producción de biomasa a partir de residuos de descarte, restos de piel, pelo, wet-blue y polvos de pulidos, esta biomasa puede ser reutilizada para producir productos con valor agregado como bioplásticos, bio-fibras, materiales absorbentes, aditivos y tensioactivos ecológicos que contribuyen a la disminución del impacto ambiental negativo (Ayele et al., 2021b). Como ya se conoce, India es un país con gran interés es aplicar tecnologías de reciclaje para sus residuos sólidos de curtiembres y para reciclar los polvos de pulido se desarrolló un proyecto donde estos se mezclan con wet-blue y poli-succinato de butileno para producir un poliéster termoplástico biodegradable (Seggiani et al., 2021).

Figura 7*Residuos Sólidos de la Etapa de Curtido y Post-curtido.*

Nota: En la Figura se muestra los principales productos obtenidos a partir de los residuos recortes de wet blue y los polvos de pulido. Fuente: Autoría propia (2023).

Brasil, como el país con más ganadería en Latinoamérica, busca aprovechar los residuos sólidos, como los restos de piel y carne, para la producción de biogás como una fuente de energía eco-amigable mediante la degradación de estos residuos, utilizando microorganismos anaerobios (Agustini et al., 2020b). En Argentina se utilizan los residuos de wet-blue para la obtención de hidrolizado de colágeno y su uso como agente coagulante en tratamientos de aguas residuales de curtiembre (Villena et al., 2018).

Los países de la región andina, en especial Perú, Colombia y Ecuador están trabajando para reciclar residuos sólidos de curtiembres. Perú tiene una mínima participación en el comercio del cuero en Latinoamérica, sin embargo, sus investigadores han llevado a cabo varios estudios de remediación para esta industria, por ejemplo, el trabajo realizado por Chuquimango Juber, 2019, donde se demostró que se puede obtener queratina del pelo vacuno tratado con hidróxido de calcio. En esta investigación se llevaron a cabo 27 ensayos en los que variaron la concentración de hidróxido de calcio aplicado al pelo residual, los cuales permitieron obtener un porcentaje de queratina, aproximadamente del 27.33%. También en este país se ha desarrollado un proceso industrial para el aprovechamiento del wet-blue en la elaboración de cuero reconstituido (Yuvaraj et al., 2020). En Colombia, más que tratamientos de reciclaje, se están especializando en tratamientos para reducir los desechos y para convertir los residuos sólidos en combustibles con mayor poder combustible (Forero-Nuñez, 2022), así como elaborar bases proteicas de carnaza residual de curtiembres para obtener balanceados animales (Quipo, 2020).

Situación actual de los tratamientos y procesos de reciclaje en Ecuador

En Ecuador se encontraron siete artículos sobre procesos de reciclaje aplicados industrialmente para reutilizar los residuos de curtiembres. Estas investigaciones se enfocan en utilizar residuos sólidos como carnazas, restos de piel y pelo animal para la obtención de productos varios como se observa en la Figura 8.

En el caso de los efluentes, luego de la reducción de contaminantes, el agua se recircula al proceso ilimitado número de veces.

Figura 8*Reciclaje de Residuos Provenientes de Curtiembres en Ecuador*

Nota: Posibles productos que se pueden obtener con la tecnología de las curtiembres ecuatorianas. *Fuente:* Autoría propia (2023).

La grasa pegada a la piel, residuo del descarte, debido a su alto contenido de ácidos grasos, sirve para fabricar un tensoactivo de valor comercial (Parada et al., 2018). Los restos de piel más las carnazas de la etapa de dividido y descarte, por su contenido de proteínas y aminoácidos, son óptimos para la nutrición del animal (M. Rivera et al., 2020), finalmente, en el compostaje se aprovecha el pelo animal, por su relación adecuada de C/N; además con los restos de carnaza se elabora biodiesel (Puente et al., 2020). Como se puede observar en los estudios encontrados, las curtiembres ecuatorianas están muy interesadas en convertir los residuos en nuevos productos comercializables y en la reducción del pago de multas.

Las tecnologías aplicables en el país, según los documentos revisados en esta investigación, se resumen en la Tabla 3.

Tabla 3*Tecnologías útiles para tratamiento y reciclaje de residuos de curtiembres en Ecuador*

Residuo	Tecnología asociada	Beneficios	Citas
Aguas residuales	Procesos de coagulación. Procesos químicos combinados. Procesos de adsorción.	Reducir contaminación de aguas hasta cumplir normas TULSMA.	(Calucho, 2019) (Mera Parra, 2018) (Valle, 2018)
Residuos sedimentos ricos en cromo	Tratamientos fisicoquímicos. Compactación	Recuperación de cromo para reutilización en curtiembre. Reducción de la cantidad de residuos.	(Camacho, 2019) (Suhendra et al., 2020) (Cisneros, 2018) (Puhazhselvan et al., 2022)
Carnaza	Obtención de grasas y bases proteicas para alimentación animal.	Procesos de cocción y secado.	(M. P. Rivera et al., 2020)
Pelo	Hidrólisis ácidas, básicas, enzimáticas.	Obtención de queratina.	(Pan et al., 2023)
Recortes de cuero residual y colas de vaca	Hidrólisis Químicas Proceso pelambre química seguido de secado controlado.	Obtención de colágeno, pegamento. Compost y fertilizantes. Elaboración de juguetes para perros.	(Ravindran et al., 2019) (Tujjohra et al., 2023)
Recortes Wet-blue	Hidrólisis Químicas Composites	Obtención de colágeno, pegamento.	(Gebremariam et al., 2023) (Masilamani et al., 2023)

En Ecuador, el proceso de descontaminación de aguas residuales y el reciclaje de estos residuos se encuentra en una etapa incipiente debido a dos razones principales. En primer lugar, la informalidad del sector de producción de cuero, lo que dificulta la implementación de medidas adecuadas de descontaminación, reutilización y disposición adecuada de aguas residuales. En segundo lugar, que los costos (GAD Municipal de Ambato, 2020), asociados a la eliminación de residuos, son más bajos que los afrontados durante la investigación, tratamiento y recirculación de aguas residuales.

Sin embargo, es fundamental avanzar en la implementación de tecnologías más eficientes en el contexto ecuatoriano. Esto requerirá un enfoque integral que abarque desde la concientización hasta la inversión en infraestructuras para el tratamiento de residuos de curtiembres. A medida que se solicitan más opciones y soluciones en el país, es necesario explorar y adoptar tecnologías que permitan un tratamiento más efectivo de las aguas residuales y una reducción significativa de la contaminación ambiental.

Conclusiones

En conclusión, este trabajo ha realizado un análisis exhaustivo de la literatura científica, de los últimos cinco años, sobre los tratamientos y procesos de reciclaje de residuos líquidos y sólidos de curtiembres a nivel mundial y en Ecuador. Se ha observado que India, China y Bangladesh han implementado procesos de reciclaje más avanzados en comparación con otros países. Además, se ha identificado que Brasil es el líder en el reciclaje de residuos de la etapa de post-curtido en América Latina.

Sin embargo, se ha constatado una falta de investigación científica profunda en Ecuador sobre este tema, ya que la mayoría de los estudios se encuentran en tesis universitarias y muy pocos están publicados en revistas científicas regionales. Además, no se ha encontrado ningún artículo ecuatoriano publicado en revistas indexadas Scopus. Esto indica una necesidad de promover y fomentar la investigación de alta calidad en el país.

Es importante destacar que las curtiembres en Ecuador están enfocadas en tecnologías que conviertan los residuos sólidos en productos comercializables, en lugar de invertir en investigaciones costosas para disminuir los residuos enviados a los vertederos o lechos acuosos. Los artículos revisados muestran que existe una tendencia a buscar procesos y tecnologías que cumplan al menos con los parámetros legales de descarga de efluentes o que reduzcan la contaminación lo suficiente como para permitir la recirculación de estos.

Este análisis proporciona una base sólida para identificar las tecnologías más adecuadas y eficientes que podrían ser implementadas en las curtiembres ecuatorianas, con el objetivo de mejorar la gestión ambiental y promover la sostenibilidad en esta industria. No obstante, se requiere un mayor compromiso de la industria y los investigadores ecuatorianos para lograr resultados similares a los reportados a nivel mundial en términos de reducción de contaminación y reciclaje de residuos en las curtiembres ecuatorianas.

Reconocimientos

Este trabajo ha sido parte del Proyecto de Investigación “Proyecto reciclaje de residuos Wet-Blue para producir un adhesivo para zapatos”, código SFFCIAL07.

Los autores agradecen a la Universidad Técnica de Ambato, la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología por los recursos brindados y conocimientos impartidos y a la Dirección de Investigación y Desarrollo (DIDE).

Participación de autores

Dayana Anchatipán, redacción del artículo, ilustración.

Nelly Flores, revisión, edición y formato.

Referencias

- Agustini, C., Costa, M., & Gutterres, M. (2020a). Tannery wastewater as nutrient supply in production of biogas from solid tannery wastes mixed through anaerobic co-digestion. *Process Safety and Environmental Protection*, *135*, 38–45. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2019.11.037>
- Ayele, M., Limeneh, D., Tesfaye, T., Mengie, W., Abuhay, A., Haile, A., & Gebino, G. (2021). A Review on Utilization Routes of the Leather Industry Biomass. In *Advances in Materials Science and Engineering* (Vol. 2021). Hindawi Limited. <https://doi.org/10.1155/2021/1503524>
- Basaran, B., Yorgancioglu, A., & Onem, E. (2018). Reorganization of Beaming in Ecological Perspective. *Journal of Africa Leather and Leather Products Advances*, *4*(1), 49–54. <https://doi.org/10.15677/jallpa.2018.v4i1.16>
- Bustos, A. R. M. (2020). The Role of ICP-MS in Separation Science. In *Chromatographia* (Vol. 83, Issue 2, pp. 145–147). Springer. <https://doi.org/10.1007/s10337-019-03846-2>
- Butt, M. Q., Zeeshan, N., Ashraf, N. M., Akhtar, M. A., Ashraf, H., Afroz, A., Shaheen, A., & Naz, S. (2021). Environmental impact and diversity of protease-producing bacteria in areas of leather tannery effluents of Sialkot, Pakistan. *Environmental Science and Pollution Research*, *28*(39), 54842–54851. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-14477-2>
- Calucho, J. (2019). *Diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales para la curtiembre San Miguel de la ciudad de Ambato Provincia de Tungurahua periodo 2018* [Universidad Tecnológica Indoamérica]. <https://repositorio.uti.edu.ec/bitstream/123456789/1134/1/Calucho%20Saillema%20Juan%20Nolberto.pdf>
- Camacho, R. (2019). *Diseño y construcción de una máquina compactadora de residuos sólidos para la empresa curtiembre Quisapincha* [Escuela Politécnica Nacional]. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/20073/1/CD-9512.pdf>
- CFN. (2021). Ficha sectorial cuero subgerencia de análisis de productos y servicios. 1–15. <https://www.cfn.fin.ec/wp-content/uploads/downloads/biblioteca/2021/fichas-sectoriales-2-trimestre/Ficha-Sectorial-Cuero.pdf>
- Cheng, Y., Yang, S., & Tao, E. (2021). Magnetic graphene oxide prepared via ammonia coprecipitation method: The effects of preserved functional groups on adsorption property. *Inorganic Chemistry Communications*, *128*. <https://doi.org/10.1016/j.inoche.2021.108603>
- Cisneros, D. (2018). *Propuesta de gestión de residuos municipales para la ciudad de Ambato (Ecuador)* [Universitat Politècnica de Catalunya]. <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/125991/TFM DCisneros.pdf>
- Corporación de desarrollo de Ambato y Tungurahua. (2022). Programa integral para la reactivación económica del sector cuero y calzado de Tungurahua, encadenamiento productivo y comercial desde del enfoque de la innovación de Ambato y Tungurahua.
- Chuquimango, J. (2019). *Influencia de la concentración del Hidróxido de calcio y peso del pelo vacuno de residuos de curtiembre para la obtención de queratina*. Universidad César Vallejo.
- Du, J., Shang, X., Li, T., & Guan, Y. (2022). Recycling and modeling of chromium from sludge produced from magnetic flocculation treatment of chromium-containing wastewater. *Process Safety and Environmental Protection*, *157*, 20–26. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2021.10.052>

- Fernández, V., Cuartas, B., Bes-Piá, M., & Mendoza, J.-A. (2022). Application of Nanofiltration and Reverse Osmosis Membranes for Tannery Wastewater Reuse. *Water*, 14(13), 2035. <https://doi.org/10.3390/w14132035>
- Forero-Nuñez, C. (2022). Vista de Mejoramiento energético de residuos sólidos de cuero curtido mediante tratamiento térmico. *Ingeniería y Desarrollo*. <https://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/ingenieria/article/view/5353/6698>
- Gebremariam, E. C., Malede, Y. C., Prabhu, S. V., Varadharajan, V., Manivannan, S., Jayakumar, M., & Gurunathan, B. (2023). Development of bio-based adhesive using tannery shaving dust: Process optimization using statistical and artificial intelligence techniques. *Bioresource Technology Reports*, 22, 101413. <https://doi.org/10.1016/J.BITEB.2023.101413>
- González, A., Alaña, T., & Gonzaga, S. (2017). La Gestión Ambiental en la Competitividad de las Pymes del Ecuador. *INNOVA Research Journal*, 2(8.1), 236–248. <https://doi.org/10.33890/innova.v2.n8.1.2017.371>
- Hansen, E., Aquim, R., & Gutterres, M. (2021). Environmental assessment of water, chemicals and effluents in leather post-tanning process: A review. In *Environmental Impact Assessment Review* (Vol. 89). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2021.106597>
- Hashem, M., Sheikh, M., Rahamatullah, Biswas, M., Hasan, M., & Payel, S. (2021a). Composite fabrication from fat extracted limed fleshing: solid waste management in tannery. *Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research*, 56(3), 215–222. <https://doi.org/10.3329/bjsir.v56i3.55969>
- Hongrui, M., Zhou, J., Hua, L., Cheng, F., Zhou, L., & Qiao, X. (2017). Chromium recovery from tannery sludge by bioleaching and its reuse in tanning process. *Journal of Cleaner Production*, 142, 2752–2760. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.10.193>
- INEC. (2020). *Índice de producción de la industria manufacturera*.
- INEN. (2018, July 11). *Más empresas se suman a la Ruta de la Calidad*. <https://www.normalizacion.gob.ec/mas-empresas-se-suman-a-la-ruta-de-la-calidad/>
- Jara, E. (2018). *Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental [Universidad César Vallejo]*. moz-extension://6422d3bd-5446-4050-bcfc-dd5150aa1bd8/enhanced-reader.html?openApp&pdf=https%3A%2F%2Frepositorio.ucv.edu.pe%2Fbitstream%2Fhandle%2F20.500.12692%2F54374%2FJara_VEA-SD.pdf%3Fsequence%3D1%26isAllowed%3Dy
- Kadathur, R., Murali, S., Balaraman, M., Sellamuthu, J., & Palanivel, S. (2022a). Effective utilization of tannery hair waste to develop a high-performing re-tanning agent for cleaner leather manufacturing. *Journal of Environmental Management*, 302, 114029. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.114029>
- Kamaraj, C., Lakshmi, S., Rose, C., & Muralidharan, C. (2017). Wet Blue Fiber and Lime from Leather Industry Solid Waste as Stabilizing Additive and Filler in Design of Stone Matrix Asphalt. *Asian Journal of Research in Social Sciences and Humanities*, 7(11), 240. <https://doi.org/10.5958/2249-7315.2017.00547.0>
- Klein, R., Hansen, É., & Aquim, P. (2022a). Water reuse in the post-tanning process: Minimizing environmental impact of leather production. *Water Science and Technology*, 85(1), 474–484. <https://doi.org/10.2166/wst.2021.620>
- Korpe, S., & Venkateswara, R. (2021). Application of advanced oxidation processes and cavitation techniques for treatment of tannery wastewater - A review. In *Journal of Environmental Chemical Engineering* (Vol. 9, Issue 3). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.105234>
- Köseoglu, K., Cengizler, H., Israil, L. I., & Polat, H. (2017). Tannery wastewater sediments produced by clinoptilolite/polyacrylamide-aided flocculation as a clay additive in brick making. *Journal of the Australian Ceramic Society*, 53(2), 719–731. <https://doi.org/10.1007/s41779-017-0085-z>

- Lascano, N., Morales, L., Cordova, A., & Chisag, G. (2019). Modelo de responsabilidad social del sector curtiembre del cantón Ambato, Ecuador. In *Resvita Inclusiones* (Vol. 6, Issue Enero).
- Li, Y., Guo, R., Lu, W., & Zhu, D. (2019). Research progress on resource utilization of leather solid waste. *Journal of Leather Science and Engineering*, 1(1). <https://doi.org/10.1186/s42825-019-0008-6>
- Liknaw, G., Tekalign, T., & Guya, K. (2017). Impacts of Tannery Effluent on Environments and Human Health: A Review Article. *College of Natural and Computational Science*, 54.
- Liu, X., Yue, O., Wang, X., Hou, M., Zheng, M., & Jiang, H. (2020). Preparation and application of a novel biomass-based amphoteric retanning agent with the function of reducing free formaldehyde in leather. *Journal of Cleaner Production*, 265. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121796>
- Maina, P., Ollengo, M. A., & Nthiga, E. W. (2019). Trends in leather processing: A Review. *International Journal of Scientific and Research Publications (IJSRP)*, 9(12), p9626. <https://doi.org/10.29322/ijsrp.9.12.2019.p9626>
- Maraz, K. M. (2021). Benefits and problems of chrome tanning in leather processing: Approach a greener technology in leather industry. *Materials Engineering Research*, 3(1), 156–164. <https://doi.org/10.25082/MER.2021.01.004>
- Masabanda, M., Echegaray, C., Delgado, V., & Echegaray, D. (2017). Análisis y localización de curtiembres en Ecuador. *Revista de Ciencias de Seguridad y Defensa (ESPE)*, 2(Análisis y Localización de curtiembres en el cantón Ambato, como parte de patrimonio cultural en el Ecuador), 41–45.
- Masilamani, D., Ariram, N., Balaraman, M., & Palanivel, S. (2023). An integrated process for effective utilization of collagenous protein from raw hide trimmings: Valorization of tannery solid wastes. *Journal of Cleaner Production*, 137705. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2023.137705>
- Mayta, R., & Mayta, J. (2017). Remoción de cromo y demanda química de oxígeno de aguas residuales de curtiembre por electrocoagulación. *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 83(3), 331–340. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2017000300008&lng=es&nrm=iso&tlng=en
- Mera Parra, C. P. (2018). *Análisis del carbón activado como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la empresa “Curtiembre Quisapincha” del cantón Ambato provincia de Tungurahua* [Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/27452>
- Figuerola, L., & -Perú, L. (2014). Tratamiento de las aguas residuales del proceso de curtido tradicional y alternativo que utiliza a complejantes de cromo. *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 80(3), 183–191. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2014000300005&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Moscoso, A. M. (2019). *Comentario legislativo: “El nuevo marco jurídico en materia ambiental en Ecuador: estudio sobre el Código Orgánico del Ambiente”* « Actualidad Jurídica Ambiental | AJA. <https://www.actualidadjuridicaambiental.com/comentario-legislativo-el-nuevo-marco-juridico-en-materia-ambiental-en-ecuador-estudio-sobre-el-codigo-organico-del-ambiente/>
- Murshid, J., Tushar, U., Abdur, R., & Hai, Q. (2018). Ammonia-Reduced Deliming using Glycolic Acid and EDTA and its Effect on Tannery Effluent and Quality of Leather. *Leather Research Institute*, 1–5.
- Pan, F., Xiao, Y., Zhang, L., Zhou, J., Wang, C., & Lin, W. (2023). Leather wastes into high-value chemicals: Keratin-based retanning agents via UV-initiated polymerization. *Journal of Cleaner Production*, 383, 135492. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2022.135492>
- Parada, M., Andrade, M., Carreras, F., & Flores, B. (2018). Obtención de un tensoactivo a partir del proceso de recuperación de sebo de las industrias de curtiembre. *Perfiles*, 2.
- Parada, M., Manobanda, P., Tapia, Z., Zambrano, M., Rennola, L., & Castillo, Y. (2019). Estudio de las tecnologías para el tratamiento de los efluentes generados por una planta de curtiembres en Ecuador. *Redalcy.Org*, 40(2), 139–153.

- Parisi, M., Nanni, A., & Colonna, M. (2021). polímeros Reciclaje de pieles curtidas al cromo y su utilización como materiales poliméricos y compuestos a base de polímeros: una revisión. *Polímeros*. <https://doi.org/10.3390/polim13030429>
- Payel, S., Hashem, M. A., & Hasan, M. A. (2021). Recycling biochar derived from tannery liming sludge for chromium adsorption in static and dynamic conditions. *Environmental Technology and Innovation*, 24. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.102010>
- Puente, C., Jara, J., Guapulema, A., & Burbano, D. (2020). Composting treatment of fur waste originating from tannery. *F1000Research*, 9, 228. <https://doi.org/10.12688/f1000research.22244.1>
- Puhazhendi, P., Ajitha, P., Sujiri, A., Parthasarathy, G., Sellamuthu, N., Niraikulam, A., Saravanan, P., & Ramudu, K. (2022). Recycling of tannery fleshing waste by a two step process for preparation of retanning agent. *Process Safety and Environmental Protection*, 157, 59–67. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2021.11.003>
- Puhazhselvan, P., Pandi, A., Sujiritha, P. B., Antony, G. S., Jaisankar, S. N., Ayyadurai, N., Saravanan, P., & Kamini, N. R. (2022). Recycling of tannery fleshing waste by a two step process for preparation of retanning agent. *Process Safety and Environmental Protection*, 157, 59–67. <https://doi.org/10.1016/J.PSEP.2021.11.003>
- Quipo, F. (2020). *Obtención de una base proteica a partir de los residuos sólidos de curtiembres para la manufactura de alimentos balanceados* [Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Escuela de Ciencias Básica, Tecnología e Ingeniería Especialización en Proesos de Alimentos y Biomateriales]. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/35692/fequipom.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Raguraman, R., & Sailo, L. (2017). Efficient chromium recovery from tannery sludge for sustainable management. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 14(7), 1473–1480. <https://doi.org/10.1007/s13762-017-1244-z>
- Rajamanickam, R., Subramanian, S., Ganapathy, P., & Chiampo, F. (2022). Zero Liquid Discharge System for the Tannery Industry—An Overview of Sustainable Approaches. *Recycling*, 7(3). <https://doi.org/10.3390/recycling7030031>
- Ravindran, B., Lee, S. R., Chang, S. W., Nguyen, D. D., Chung, W. J., Balasubramanian, B., Mupambwa, H. A., Arasu, M. V., Al-Dhabi, N. A., & Sekaran, G. (2019). Positive effects of compost and vermicompost produced from tannery waste-animal fleshing on the growth and yield of commercial crop-tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) plant. *Journal of Environmental Management*, 234, 154–158. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2018.12.100>
- Rigueto, C. V. T., Rosseto, M., Krein, D. D. C., Ostwald, B. E. P., Massuda, L. A., Zanella, B. B., & Dettmer, A. (2020). Alternative uses for tannery wastes: a review of environmental, sustainability, and science. *Journal of Leather Science and Engineering*, 2(1). <https://doi.org/10.1186/s42825-020-00034-z>
- Rimawi, W., Shaheen, S., & Salim, H. (2020a). Removal of Chromium Ions from Tannery Wastewater using Cactus Powder. *Oriental Journal of Chemistry*, 36(1), 132–138. <https://doi.org/10.13005/ojc/360118>
- Rivera, M., Guijarro, C., Tapia, Z., & Mayorga, D. (2020). Production of balanced food for pets by processing tannery waste generated in the stages of splitting and fleshing. *Perfiles*, 1. http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/14582/1/per_n23_v1_09.pdf
- Salimin, Z., Satiyoaji, F. W., Prasetya, D. A., & Chafidz, A. (2020). Chemical treatment of liquid waste generated from leather tannery industry by using alum as coagulant material. *Materials Science Forum*, 991 MSF, 178–184. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.991.178>
- Salinas, V. (2014). *El cuero producción industrial y artesanal en el Ecuador*. Universidad de Azuay.
- Sawalha, H., Alsharabaty, R., Sarsour, S., & Al-Jabari, M. (2019a). Wastewater from leather tanning and processing in Palestine: Characterization and management aspects. *Journal of Environmental Management*, 251. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109596>

- Saxena, G., Purchase, D., & Bharagava, R. (2020). Environmental Hazards and Toxicity Profile of Organic and Inorganic Pollutants of Tannery Wastewater and Bioremediation Approaches. In *Bioremediation of Industrial Waste for Environmental Safety* (pp. 381–398). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-1891-7_17
- Seggiani, M., Altieri, R., Cinelli, P., Esposito, A., & Lazzeri, A. (2021). Thermoplastic Blends Based on Poly(Butylene Succinate-co-Adipate) and Different Collagen Hydrolysates from Tanning Industry: I—Processing and Thermo-mechanical Properties. *Journal of Polymers and the Environment*, 29(2), 392–403. <https://doi.org/10.1007/s10924-020-01880-y>
- Selvaraj, H., Aravind, P., George, H. S., & Sundaram, M. (2020). Removal of sulfide and recycling of recovered product from tannery lime wastewater using photoassisted-electrochemical oxidation process. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 83, 164–172. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2019.11.024>
- Selvaraj, R., Santhanam, M., Selvamani, V., Sundaramoorthy, S., & Sundaram, M. (2018). A membrane electroflotation process for recovery of recyclable chromium(III) from tannery spent liquor effluent. *Journal of Hazardous Materials*, 346, 133–139. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2017.11.052>
- Shukla, A., Mahmood, Z., & Singh, L. K. (2021a). Studies on recovery of heavy metals from tannery wastewater. *International Journal of Engineering, Science and Technology*, 13(1), 76–80. <https://doi.org/10.4314/ijest.v13i1.11s>
- Silva, M., & Salinas, D. (2022). La contaminación proveniente de la industria curtiembre, una aproximación a la realidad ecuatoriana. *Revista Científica UISRAEL*, 9(1), 69–80. <https://doi.org/10.35290/rcui.v9n1.2022.427>
- Souza, F., Benvenuti, J., Meyer, M., Wulf, H., Klüver, E., & Gutterres, M. (2022a). Extraction of keratin from unhairing of bovine hide. *Chemical Engineering Communications*, 209(1), 118–126. <https://doi.org/10.1080/00986445.2020.1842740>
- Suhendra, A. D., Asworowati, R. D., & Ismawati, T. (2020). Usos y aplicaciones de los subproductos de la industria del cuero. *Akrab Juara*, 5(1), 43–54. <http://www.akrabjuara.com/index.php/akrabjuara/article/view/919>
- Tamersit, S., Bouhidel, K. E., & Zidani, Z. (2018). Investigation of electrodialysis anti-fouling configuration for desalting and treating tannery unhairing wastewater: Feasibility of by-products recovery and water recycling. *Journal of Environmental Management*, 207, 334–340. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.11.058>
- Tasca, A., & Puccini, M. (2019). Leather tanning: Life cycle assessment of retanning, fatliquoring and dyeing. *Journal of Cleaner Production*, 226, 720–729. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.335>
- Thankaswamy, S., Sundaramoorthy, S., Palanivel, S., & Ramudu, K. N. (2018a). Improved microbial degradation of animal hair waste from leather industry using *Brevibacterium luteolum* (MTCC 5982). *Journal of Cleaner Production*, 189, 701–708. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.04.095>
- Tujjohra, F., Alam, M. S., Rahman, M. M., & Rahman, M. M. (2023). An eco-friendly approach of biodiesel production from tannery fleshing wastes by crude neutral protease enzyme. *Cleaner Engineering and Technology*, 14, 100638. <https://doi.org/10.1016/J.CLET.2023.100638>
- UN-FAO. (2013). World statistical compendium for raw hides and skins, leather and leather footwear 1993-2012. In *Trade and Markets Division*. http://www.fao.org/fileadmin/templates/est/COMM_MARKETS_MONITORING/Hides_Skins/Documents/COMPENDIUM2013.pdf
- Urbina, A., Machuca, N., & Fiderman, B. (2021). *molecules Advanced Oxidation Processes and Biotechnological Alternatives for the Treatment of Tannery Wastewater*. <https://doi.org/10.3390/molecules26113222>

- Valle, J. (2018). *Ddesarrollo de una ingeniería conceptual para el tratamiento de aguas residuales, provenientes de curtiembres de tipo artesanal e industrial de la provincia de Tungurahua* [Escuela Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.espoche.edu.ec/bitstream/123456789/11053/1/96T00534.pdf>
- Verma, T., Tiwari, S., Tripathi, M., & Ramteke, P. (2019a). Treatment and Recycling of Wastewater from Tannery. In *Microbial Ecology of Wastewater Treatment Plants* (pp. 51–90). https://doi.org/10.1007/978-981-13-1468-1_3
- Villena, M., Caracciolo, N., & Boeykens, S. (2018). Reuse of leather waste: Collagen hydrolyzate for the treatment of tanneries effluents. *Journal of Urban and Environmental Engineering*, 12(2), 287–292. <https://doi.org/10.4090/juee.2018.v12n2.287292>
- Yadav, A., Raj, A., Purchase, D., Ferreira, L. F. R., Saratale, G. D., & Bharagava, R. N. (2019). Phytotoxicity, cytotoxicity and genotoxicity evaluation of organic and inorganic pollutants rich tannery wastewater from a Common Effluent Treatment Plant (CETP) in Unnao district, India using *Vigna radiata* and *Allium cepa*. *Chemosphere*, 224, 324–332. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.02.124>
- Yasir, M. W., Siddique, M. B. A., Shabbir, Z., Ullah, H., Riaz, L., Nisa, W. U., Shafeeq-ur-rahman, & Shah, A. A. (2021a). Biotreatment potential of co-contaminants hexavalent chromium and polychlorinated biphenyls in industrial wastewater: Individual and simultaneous prospects. In *Science of the Total Environment* (Vol. 779). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146345>
- Yuvaraj, A., Karmegam, N., Ravindran, B., Chang, S. W., Awasthi, M. K., Kannan, S., & Thangaraj, R. (2020). Recycling of leather industrial sludge through vermitechnology for a cleaner environment—A review. *Industrial Crops and Products*, 155. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112791>
- Zhao, J., Wu, Q., Tang, Y., Zhou, J., & Guo, H. (2022). Tannery wastewater treatment: conventional and promising processes, an updated 20-year review. *Journal of Leather Science and Engineering*, 4(1). <https://doi.org/10.1186/s42825-022-00082-7>

Conocimiento, percepción y prácticas de los agricultores sobre la aplicación de plaguicidas: un estudio de caso de productores de arroz en Ecuador

Farmer's knowledge, perception and practices of pesticide application: a case study of rice growers in Ecuador

Rosa Sinchire¹ <https://orcid.org/0000-0002-5381-0088>, Jhenny Cayambe¹ <https://orcid.org/0000-0001-7413-2151>, Marco Heredia-R² <https://orcid.org/0000-0002-6039-3411>

¹*Pontificia Universidad Católica del Ecuador – Ibarra. Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales*, Ibarra, Ecuador
rnsinchire@pucesi.edu.ec, jmcayambe@pucesi.edu.ec

²*Facultad de Ciencias Pecuarias y Biológicas, Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), Quevedo, Ecuador*
mherediar@uteg.edu.ec



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

Enviado: 2023/04/15

Aceptado: 2023/05/24

Publicado: 2023/06/30

Resumen

Cada año se reporta un estimado de 3 millones de intoxicados por plaguicidas en todo el mundo, dando como resultado 250.000 muertos, la mayoría en países pobres. Los pequeños agricultores son los más expuestos a intoxicación por plaguicidas, esto se debe al conocimiento y prácticas deficientes sobre los métodos adecuados de aplicación, por lo que, tienden a minimizar el peligro de estos compuestos. Por esta razón, el objetivo del presente estudio fue determinar los factores que influyen en la toma de decisiones con respecto al uso, aplicación y almacenaje de plaguicidas, mediante el análisis de prácticas agrícolas realizadas por arroceros. Con base en los resultados, se elaboraron propuestas adecuadas de manipuleo de plaguicidas. El estudio se desarrolló en el cantón Macará provincia de Loja. Se utilizaron encuestas estructuradas dirigidas a productores de arroz que compran, almacenan y aplican plaguicidas. Para el análisis, los agricultores fueron agrupados según sus años de experiencia, estableciéndose dos grupos: menores a 30 años y mayores a 30 años. Se analizaron las características socioeconómicas, las prácticas de seguridad y el conocimiento: plaguicidas más utilizados y el riesgo para la salud, seguridad durante la aplicación de plaguicidas y el riesgo

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

Como citar: Sinchire, R., Cayambe, J. & Heredia-R, M. (2023). Conocimiento, percepción y prácticas de los agricultores sobre la aplicación de plaguicidas: un estudio de caso de productores de arroz en Ecuador. *Revista Tecnológica - Espol*, 35(1), 88-103.

<http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/1013>

por el uso de plaguicidas. Los datos se evaluaron mediante frecuencias y porcentajes. Los resultados demostraron que los años de experiencia influyen en usos como: la reutilización de envases vacíos y la aplicación de plaguicidas altamente tóxicos, entre otras prácticas. Además, se evidenció que el empleo de equipo de protección personal en los dos grupos de estudio fue casi nulo, limitándose, principalmente, al uso de botas de caucho.

Palabras clave: Conocimiento, prácticas agrícolas, aplicación de plaguicidas, intoxicación por plaguicidas, años de experiencia.

Abstract

Every year an estimated three million people are poisoned by pesticides worldwide, resulting in 250,000 deaths, the majority in economically depressed countries. Small farmers are the most exposed to pesticide poisoning due to poor knowledge and practices on proper application methods, so they tend to minimize the danger of these compounds. This study aimed to determine the factors that influence decision-making regarding the use, application, and storage of pesticides through the analysis of agricultural practices carried out by rice farmers. Based on the results, appropriate proposals were developed for handling pesticides. The study was carried out in the Macara canton, Loja province. Structured surveys were employed to target rice farmers who purchase, store, and apply pesticides. For the analysis, the farmers were grouped according to their years of experience, establishing two groups: less than 30 years and more than 30 years. Socioeconomic characteristics, safety practices and knowledge were analyzed: most used pesticides and the risk to health, safety during the application of pesticides and the risk due to the use of pesticides. Data were evaluated using frequencies and percentages. The results show that years of experience influence practices such as the reuse of empty containers and the application of highly toxic pesticides, among other practices. In addition, it was evidenced that the use of personal protective equipment in the two study groups was almost nil, limited mainly to the use of rubber boots.

Keywords: Knowledge, agricultural practices, pesticide application, pesticide poisoning, years of experience.

Introducción

El conocimiento, la percepción y las prácticas operativas de los agricultores han sido aspectos evaluados en diversos estudios a nivel del mundo, principalmente, en África. Los factores educación, sensibilización y políticas claras son las principales estrategias para disminuir los riesgos de exposición (Röösli et al., 2022). En este contexto, en países como el Ecuador, donde la agricultura es un eje primordial en la economía, con una producción altamente dependiente de plaguicidas que pueden estar causando graves afecciones a la salud humana, es necesario evaluar adecuadamente los riesgos asociados a los fitosanitarios.

La agricultura convencional está basada en el uso de fitosanitarios, que son necesarios para la producción de cultivos; sin embargo, se han convertido en un problema ambiental y social muy grave. Plaguicidas como los organofosforados están entre los más contaminantes del ambiente y son también los más utilizados en la agricultura. Estos se acumulan en el suelo y se han encontrado en los sedimentos residuos de plaguicidas prohibidos como son los organoclorados, dejando en evidencia el tiempo que pueden prevalecer en el suelo (Vryzas, 2018 Cattani et al., 2017).

La población más propensa a la contaminación por plaguicidas son los trabajadores agrícolas y, de manera indirecta, las personas que habitan cerca a los cultivos. Las principales rutas de exposición son: dérmica, por inhalación, oral y ocular (Dahiri et al., 2021).

Cada año se reporta un estimado de 3 millones de intoxicados por plaguicidas en todo el mundo, dando como resultado 250.000 muertos, la mayoría en países pobres (Nwadike et al., 2021). Los plaguicidas más tóxicos son de venta permitida en países donde el nivel económico es bajo, mientras que los países de primer mundo tienen políticas que limitan el uso de aquellos que son altamente tóxicos (Nwadike et al., 2021; Haruna Musa et al., 2022).

Los fitosanitarios se asocian con enfermedades catastróficas como el cáncer, trastornos neurológicos, infertilidad, alergias, problemas respiratorios y mal formación en fetos (Dhananjayan & Ravichandran, 2018). Estudios realizados en mujeres que indirectamente han sido expuestas a plaguicidas revelan niveles significativos de contaminación. En Tailandia se descubrieron residuos de glifosato en el cordón umbilical de tres mujeres trabajadoras agrícolas gestantes (Jallow et al., 2017; Cattani et al., 2017; Dahiri et al., 2021).

Los instructivos para el uso adecuado de dosis, equipos de protección personal y demás información de seguridad están en las etiquetas de los envases, de esta manera los fabricantes de plaguicidas se comunican con los agricultores; sin embargo, estudios han demostrado que gran parte de los agricultores no leen las etiquetas por diversos factores (Rother, 2018). Los agricultores consideran a los comerciantes minoristas de agroquímicos como fuente confiable de asesoramiento técnico para el control de plagas (Staudacher et al., 2021). Por su parte, los comerciantes no siempre transmiten la información, posiblemente para no afectar sus ventas o por desconocimiento, ya que no están debidamente capacitados (Röösli et al., 2022).

En su mayoría, los estudios establecen a los pequeños agricultores como los más expuestos a intoxicación por pesticidas, esto se debe al poco conocimiento y a las prácticas deficientes sobre los métodos adecuados de aplicación, por lo que, tienden a minimizar el peligro de estos compuestos (Nwadike et al., 2021). Así también, se conoce el desinterés de los agricultores en dar un adecuado mantenimiento a los equipos de fumigación, sumado a ello, la falta de equipo de protección personal durante la fumigación son dos factores combinados que elevan el nivel de riesgo, pues es frecuente que los compuestos químicos se derramen sobre los fumigadores (Jallow et al., 2017).

Existen grupos de agricultores que conocen sobre las rutas de exposición de los plaguicidas, pero las prácticas operativas y de seguridad no son adecuadas, principalmente, la eliminación de los envases vacíos, su almacenamiento y el uso de equipo de protección personal (Okoffo et al., 2016; Yarpuz-Bozdogan, 2018).

Ante lo expuesto, el objetivo de esta investigación es establecer los factores que influyen en la toma de decisiones al momento de uso, empleo y almacenaje de plaguicidas, mediante el análisis de las prácticas de manejo aplicadas por productores del arroz en el cantón Macará, provincia de Loja, Ecuador. Finalmente, se presenta una propuesta de manejo de los plaguicidas que ayuden a mejorar las prácticas de los agricultores arroceros.

Materiales y Métodos

Ubicación Geográfica

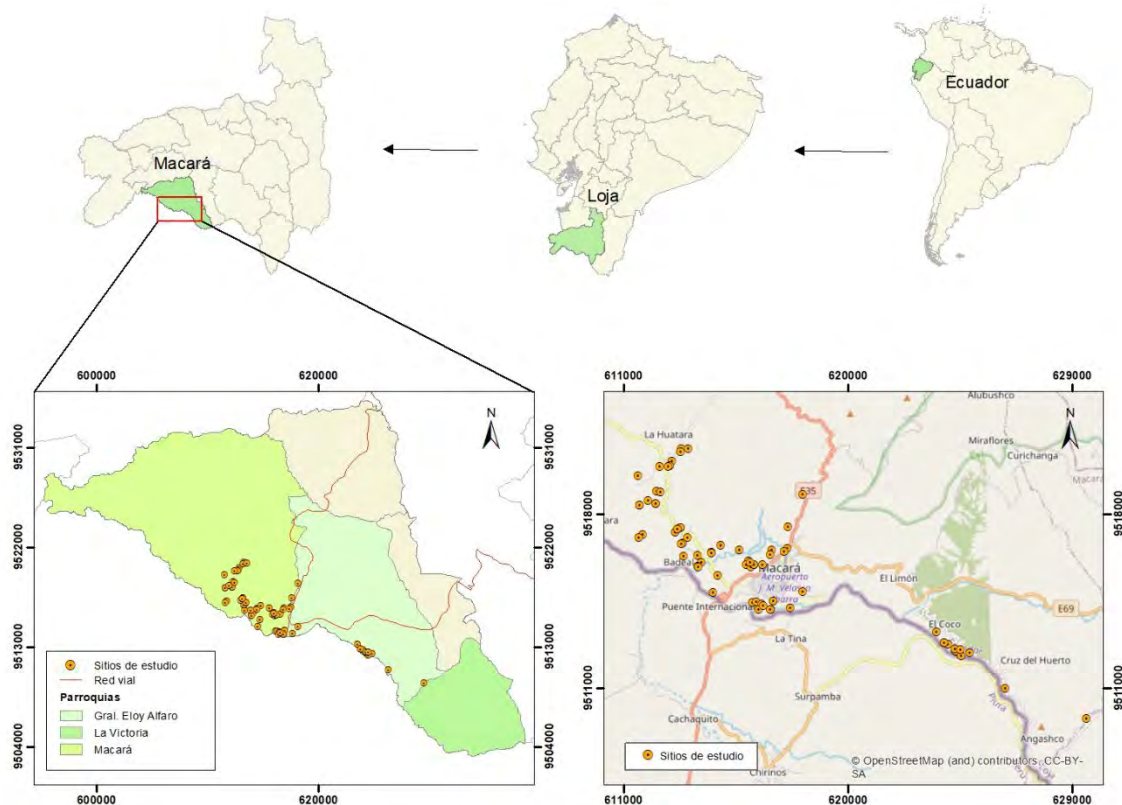
Este estudio se ejecutó en las parroquias Macará y Eloy Alfaro (urbanas) y La Victoria (rural), pertenecientes al cantón Macará (79°57'49.39" de longitud oeste y 4°23'13.11" de latitud sur), ubicado en el extremo sur occidental del Ecuador (Figura 1). El clima

predominante es tropical sabana y subtropical seco, con una temperatura promedio de 20°C a 26 °C. Los ecosistemas predominantes son: bosque semideciduo piemontano del Catamayo-Alamor (BmPn01), bosque deciduo piemontano del Catamayo-Alamor (BdPn01), bosque semideciduo montano bajo del Catamayo-Alamor (BmBn01) (MAE, 2013).

En esta región del país, la siembra de arroz se realiza dos veces al año. El grano se caracteriza por ser largo y cristalino, con gran acogida en el mercado local y nacional. Las variedades son principalmente originarias de Perú. Según los datos de la Corporación Financiera Ecuatoriana en el 2020, el sur del Ecuador (Macará y Zapotillo) aportó el 6% de la producción nacional.

Figura 1

Zona de estudio: Distribución espacial de los productores de arroz sur del Ecuador



Muestreo, recolección y análisis de datos

Para establecer el tamaño de la muestra se consideró la información recopilada por el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca MAGAP (2021), se seleccionó a pequeños agricultores dedicados al cultivo de arroz, conformado por 100 personas. El tamaño de la muestra fue de 77 productores y se definió aplicando la fórmula propuesta por Lopez & Fachelli, (2018).

Mediante encuestas y observaciones directas en el sitio de estudio se realizó el levantamiento de información primaria que permitió obtener datos relativos al conocimiento, uso y aplicación de plaguicidas por parte de los agricultores participantes.

El cuestionario constó de cuatro secciones: la primera sección correspondió a las características socioeconómicas de los productores de arroz, la segunda sobre la percepción de

uso, seguridad durante la aplicación y riesgo de los plaguicidas, el tercer apartado sección fue acerca de la identificación de las enfermedades con mayor frecuencia que se han presentado en los productores y la sección cuatro estuvo relacionada a determinar las prácticas de seguridad más frecuentes ante el uso de plaguicidas (Nwadike et al., 2021; Jallow et al., 2017; Okoffo et al., 2016).

Las encuestas se realizaron durante los meses de diciembre 2022 y enero 2023 a los agricultores que compran, almacenan, manipulan, y aplican los plaguicidas en el cultivo de arroz que sean mayores de edad y que previamente hayan aceptado participar en el estudio a través del consentimiento informado.

Los datos se procesaron de manera tal que, de acuerdo con los años de experiencia de los agricultores participantes, se obtuvieron dos grupos, grupo A menos de 30 años (31 productores) y grupo B mayores a 30 años de experiencia (46 productores). Los datos se analizaron mediante el cálculo de porcentajes, desviación estándar y frecuencia, utilizando el programa estadístico SPSS Statistics 27. También se determinó el coeficiente Alpha de Crombach con un valor α 0.518 para las preguntas con escala de Likert.

Resultados y Discusión

Características socioeconómicas de los agricultores productores de arroz

En la Tabla 1 se presentan los resultados de las características socioeconómicas de los agricultores, se evidenció que los agricultores con edad superior a 60 años se encuentran mayormente en el grupo B (31.17), los agricultores de 41 a 50 años tienen mayor presencia (23,78%) en el grupo A. Respecto al género, en ambos grupos hay predominancia del género masculino (90,32 y 97,83 % respectivamente). En lo referente al nivel de estudio, los productores del grupo A en su mayoría terminaron la secundaria (51.61%); en el grupo B la mayoría (63.04%) estudió hasta la primaria, así también existió un 4.35% de analfabetismo en el grupo B. En cuanto a la jornada de trabajo, los dos grupos realizan las aplicaciones de plaguicidas, principalmente, por la mañana con un porcentaje mayor al 50%. Respecto a la tenencia de tierras, los productores del grupo B en gran porcentaje son propietarios de sus fincas (14,9%). La desviación estándar reflejó la uniformidad de los resultados con una ligera variación en la edad (1.5 y 1.07, respectivamente) lo que demostró la variabilidad de la población muestreada.

Tabla 1

Características socioeconómicas de los productores de arroz sur del Ecuador

Variable		Menor a 30 años de experiencia (A)			Mayor a 30 años de experiencia (B)		
		Frecuencia absoluta No 31	Frecuencia relativa %	Desviación estándar	Frecuencia absoluta No 46	Frecuencia relativa %	Desviación estándar
Edad	18 a 30	4,00	12,90	1,15	0,00	0,00	1,07
	31 a 40	5,00	16,13		0,00	0,00	
	41 a 50	11,00	35,48		9,00	11,69	
	51 a 60	7,00	7,00		13,00	16,88	
	> 60	4,00	12,90		24,00	31,17	
	Total	31,00	100,00		46,00	100,00	
Género	Hombres	28,00	90,32	0,22	45,00	97,83	0,23
	Mujeres	3,00	9,68		1,00	2,17	
	Total	31,00	100,00		46,00	100,00	

Variable		Menor a 30 años de experiencia (A)			Mayor a 30 años de experiencia (B)		
		Frecuencia absoluta No 31	Frecuencia relativa %	Desviación estándar	Frecuencia absoluta No 46	Frecuencia relativa %	Desviación estándar
Nivel de Estudio	Ninguno	0,00	0,00	0,56	2,00	4,35	0,57
	primaria	14,00	45,16		29,00	63,04	
	Secundaria	16,00	51,61		15,00	32,61	
	Universidad	1,00	3,23		0,00	0,00	
	Total	31,00	100,00		46,00	100,00	
Jornada de Trabajo	Medio tiempo	17,00	54,84	0,44	40,00	86,96	0,43
	Tiempo completo	14,00	45,16		6,00	13,04	
	Total	31,00	100,00		46,00	100,00	
Tenencia de tierras	Propia	23,00	74,19	0,37	41,00	89,13	0,36
	Arrenda	8,00	25,81		5,00	10,87	
	Total	31,00	100,00		46,00	100,00	

El estudio indicó que la actividad agrícola es realizada principalmente por hombres con un porcentaje superior al 90%, de los 77 agricultores encuestados el 59,77% tenían más de 30 años de experiencia, esto es importante porque trabajos previos han relacionado la experiencia como un factor que influye negativamente en el uso inadecuado de plaguicidas (Nwadike et al., 2021; Jallow et al, 2017; Rööslí et al., 2022).

Conocimiento de los agricultores sobre plaguicidas más usados y el riesgo a la salud

A continuación, se describen los plaguicidas más utilizados (ingrediente activo) y los malestares percibidos por los arroceros (Tabla 2). Los resultados muestran al glifosato y al 2-4 D amina como los plaguicidas más empleados en ambos grupos (A y B), particularmente, el glifosato supera el 95% de uso con una desviación estándar del 0.11 para ambos grupos. Según el grado de toxicidad, la OMS (Organización Mundial de la Salud, 2019) los clasifica como moderadamente peligrosos (II), mientras que el SGA (Sistema Globalmente Armonizado de clasificación de etiquetado de productos químicos) los codifica como H312, es decir, nocivo en contacto con la piel. En este mismo contexto, se evidenció que Methomyl es el plaguicida más tóxico tanto para la salud como para el ambiente. La OMS lo clasifica como Ib (muy peligroso) y la SGA como H410 (muy tóxico para los organismos acuáticos con efectos nocivos duraderos). Además, se observó que el grupo B utilizó mayormente este plaguicida (30,43%) y una desviación estándar de 0.44.

En relación con malestares asociados a la aplicación de plaguicidas, los resultados muestran que el dolor de cabeza y la irritación de la piel son los síntomas más comunes durante y después de la aplicación.

Tabla 2

Conocimiento de los arroceros sobre los plaguicidas más utilizados y el riesgo asociado a la salud

Variable		Menor a 30 años de experiencia (A)			Mayor a 30 años de experiencia (B)			Clasificación	
		Frecuencia absoluta No 31	Frecuencia relativa %	Desviación estándar	Frecuencia absoluta No 46	Frecuencia relativa %	Desviación estándar	OMS	SGA
Glifosato	Si	30,00	96,77	0,11	46,00	100,00	0,11	II	H312, H318, H411
	No	1,00	3,23		0,00	0,00			
	Total	31,00	100,00		46,00	100,00			

Variable		Menor a 30 años de experiencia (A)			Mayor a 30 años de experiencia (B)			Clasificación	
		Frecuencia absoluta No 31	Frecuencia relativa %	Desviación estándar	Frecuencia absoluta No 46	Frecuencia relativa %	Desviación estándar	OMS	SGA
2-4 D amina	Si	24,00	77,42	0,44	32,00	69,57	0,45	II	H302, H312, H332
	No	7,00	22,58		14,00	30,43			
	Total	31,00	100,00		46,00	100,00			
Butachlor	Si	11,00	35,48	0,49	23,00	50,00	0,49	III	H302, H411
	No	20,00	64,52		23,00	50,00			
	Total	31,00	100,00		46,00	100,00			
Cypermetrina	Si	19,00	61,29	0,49	25,00	54,35	0,49	II	H301, H317, H332, H335, H410
	No	12,00	38,71		21,00	45,65			
	Total	31,00	100,00		46,00	100,00			
Methomyl	Si	6,00	19,35	0,43	14,00	30,43	0,44	Ib	H300; H313; H320; H330; H400; H410
	No	25,00	80,65		32,00	69,57			
	Total	31,00	100,00		46,00	100,00			
Dolor de cabeza	Si	12,00	38,71	0,47	19,00	41,30	0,49		
	No	19,00	61,29		27,00	58,70			
	Total	31,00	100,00		46,00	100,00			
Mareo	Si	10,00	32,26	0,49	16,00	34,78	0,47		
	No	21,00	67,74		30,00	65,22			
	Total	31,00	100,00		46,00	100,00			
Irritación de la piel	Si	14,00	45,16	0,49	17,00	36,96	0,49		
	No	17,00	54,84		29,00	63,04			
	Total	31,00	100,00		46,00	100,00			
Irritación de los ojos	Si	6,00	19,35	0,36	6,00	13,04	0,35		
	No	25,00	80,65		40,00	86,96			
	Total	31,00	100,00		46,00	100,00			
Diarrea	Si	2,00	6,45	0,15	0,00	0,00	0,16		
	No	29,00	93,55		46,00	100,00			
	Total	31,00	100,00		46,00	100,00			

Nota: Clasificación según la OMS: Ib = Muy peligroso) II = Moderadamente peligroso) III = Ligeramente peligroso. Clasificación según SGA declarada por el fabricante: H300 = Mortal por ingestión, H301 = Tóxico por ingestión, H302 = Nocivo por ingestión, H312 = Nocivo en contacto con la piel, H313 = Puede ser nocivo en contacto con la piel, H317 = Puede provocar una reacción cutánea alérgica, H318 = Provoca lesiones oculares graves, H320 = Provoca irritación ocular, H330 = Mortal si se inhala, H332 = Nocivo se inhala, H335 = Puede irritar las vías respiratorias, H400 = Muy tóxico para organismos acuáticos, H410 = Muy tóxico para los organismos acuáticos en efectos, nocivos duraderos, H411 = Tóxico para los organismos acuáticos en efectos, nocivos duraderos.

En este contexto, se observó que methomyl, clasificado como muy peligroso según la OMS, fue utilizado mayormente por el grupo B. Además, se registró una mayor frecuencia de malestares como dolor de cabeza y mareos en este mismo grupo. Según Jørs et al., (2018), el grado de toxicidad de los plaguicidas incrementa el riesgo de intoxicaciones, además, influye el realizar mezclas peligrosas de estos productos.

Con lo mencionado anteriormente durante el levantamiento de la información algunos agricultores hicieron referencia a la mezcla de methomyl más cypermetrina como efectiva para el control de insectos. Sin embargo, esta mezcla causa molestia al momento de la aplicación, por lo que, se realiza principalmente por la mañana, cuando las corrientes de viento son menores. Esta afirmación se corrobora en los resultados de jornada de trabajo, en el grupo B un porcentaje superior al 80% realiza sus aplicaciones por la mañana. Se puede interpretar esta actitud como un intento de protegerse de las gotas que producen niebla durante la fumigación; sin embargo, existe gotas con tamaños muy pequeños suspendidos en el aire que si no se utiliza una mascarilla adecuada pueden ingresar hasta los pulmones (Yarpuz-Bozdogan, 2018). Al igual que otros autores, se puede relacionar la actitud de los agricultores con la falta de conocimiento real de riesgo de los productos y al peligro que se exponen, el factor económico también influye (Ndayambaje et al., 2019; Nwadike et al., 2021; Haruna Musa et al., 2022; Rösli et al., 2022).

Conocimiento asociado a la seguridad durante la aplicación de plaguicidas

En esta sección se evaluó el almacenaje de plaguicidas, uso de equipo de protección personal, el mantenimiento de bombas de fumigación, lectura de etiquetas, dosis, mezclas y la disposición de envases vacíos, conforme se detalla en la Tabla 3. Los plaguicidas se almacenan principalmente en las viviendas, siendo el grupo B quienes mayormente realizan esta práctica (60,87%), como segunda opción están las bodegas. El grupo A utiliza las bodegas como lugar principal de almacenamiento (51,61%).

Respecto al uso de equipo de protección personal, el 22,58% de los encuestados del grupo A mencionó no emplear ningún tipo de protección personal durante la fumigación, y un porcentaje mayor del grupo B (23,91%) indicó lo mismo. Más del 50% de ambos grupos afirmaron tener fugas en las bombas de fumigar con frecuencia. En cuanto a la identificación de la toxicidad de los plaguicidas según el color de la etiqueta impresa en los envases, se obtuvo que el 50% de los participantes del grupo B no reconoció estos colores; mientras que el grupo A sí lo hizo. De igual manera, ambos grupos indicaron que las dosis de los plaguicidas usados son determinadas por la experiencia, con un porcentaje mayor al 80%. En este mismo contexto la recomendación de dosis por el almacenista es más valorada en el grupo A (74,2%) en comparación al grupo B (60,9%).

En cuanto a los envases vacíos, el 51,3% de los encuestados del grupo A y el 41,3% del grupo B señalaron que los envases son abandonados en el campo. Mientras que la reutilización de estos recipientes para otros fines, únicamente, el 3,2% del grupo A y el 15,2% del grupo B dieron una respuesta positiva, con una desviación estándar de 1.35 en los dos grupos.

Tabla 3

Conocimiento asociado a la seguridad durante la aplicación de plaguicidas de los productores de arroz sur del Ecuador

Variable		Menor a 30 años de experiencia (A)			Mayor a 30 años de experiencia (B)		
		Frecuencia absoluta No 31	Frecuencia relativa %	Desviación estándar	Frecuencia absoluta No 46	Frecuencia relativa %	Desviación estándar
Almacenaje de plaguicidas	En la vivienda	12,00	38,71	1,35	28,00	60,87	1,35
	Bodega	16,00	51,61		16,00	34,78	
	Terreno del cultivo	1,00	3,23		0,00	0,00	
	No almacena	2,00	6,45		2,00	4,35	

Variable		Menor a 30 años de experiencia (A)			Mayor a 30 años de experiencia (B)		
		Frecuencia absoluta No 31	Frecuencia relativa %	Desviación estándar	Frecuencia absoluta No 46	Frecuencia relativa %	Desviación estándar
	Total	31,00	100,00		46,00	100,00	
Equipo de protección /botas de caucho	Si	23,00	74,19	0,43	35,00	76,09	0,42
	No	8,00	25,81		11,00	23,91	
	Total	31,00	100,00		46,00	100,00	
No utiliza equipo de protección	Si	7,00	22,58	0,42	11,00	23,91	0,42
	No	24,00	77,42		35,00	76,09	
	Total	31,00	100,00		46,00	100,00	
Fugas de la bomba durante la fumigación	Siempre	3,00	9,68	0,80	5,00	10,87	0,77
	Casi siempre	20,00	64,52		34,00	73,91	
	Nunca	8,00	25,81		7,00	15,22	
	Total	31,00	100,00		46,00	100,00	
Reconoce la toxicidad de las etiquetas de los plaguicidas según colores	Reconoce un color	4,00	12,90	1,46	10,00	21,74	1,47
	Reconoce dos colores	10,00	32,26		7,00	15,22	
	Reconoce tres colores	4,00	12,90		2,00	4,35	
	Reconoce cuatro colores	2,00	6,45		4,00	8,70	
	No reconoce ninguno	11,00	35,48		23,00	50,00	
	Total	31,00	100,00		46,00	100,00	
Mezcla de plaguicidas por aplicación	1-2 plaguicidas	8,00	25,81	0,52	31,00	67,39	0,53
	3-4 plaguicidas	22,00	70,97		15,00	32,61	
	Mas de 4 plaguicidas	1,00	3,23		0,00	0,00	
	Total	31,00	100,00		46,00	100,00	
Dosis de plaguicidas determinada por la experiencia	Si	25,00	80,65	0,39	37,00	80,43	0,39
	No	6,00	19,35		9,00	19,57	
	Total	31,00	100,00		46,00	100,00	
Elimina envases vacíos en el terreno de cultivo	Si	16,00	51,61	0,49	19,00	41,30	0,49
	No	15,00	48,39		27,00	58,70	
	Total	31,00	100,00		46,00	100,00	

En la Tabla 3 se observa que otra práctica bastante peligrosa es el almacenamiento de los plaguicidas en las viviendas. El grupo B hace mayor uso de este método de almacenaje, lo que los expone más a intoxicaciones accidentales. Esta práctica ya ha sido descrita en trabajos previos como el de Rööslí et al., (2022) en países africanos.

En cuanto al uso de equipo de protección personal, los agricultores utilizan principalmente botas de caucho, camiseta manga larga, cubre bocas (franela o pañuelo de tela). En algunas ocasiones, colocan plásticos en la espalda para evitar el contacto con las mezclas en el caso de derrames. Esta vestimenta es similar a la señalada en estudios realizados en diversas regiones del mundo (Sapbamrer & Thammachai, 2020). No obstante, se observó que más del 20% de los agricultores no usan ningún tipo de protección, incluso botas de caucho porque se quedan atrapadas en las pozas de arroz. Esta afirmación es similar a lo señalado por Ndayambaje et al., (2019) en un estudio en agricultores arroceros en Ruanda. Al parecer los agricultores priorizan sus actividades y consideran que el equipo de protección dificulta sus

labores. En el caso de la mascarilla, mencionaban que les resultaba difícil respirar, una afirmación que ha sido mencionada en otros estudios (Sapbamrer & Thammachai, 2020).

Si bien es cierto que el uso de protección personal es similar en los dos grupos de estudio A y B, hay una diferencia en la lectura de etiquetas de los plaguicidas. En el grupo B, el 50% de agricultores no identificó el grado de toxicidad según su franja de color impresa en los envases, en comparación con el 35,48% en el grupo A. Esto podría deberse a la diferencia en el nivel de educación, ya que en el grupo A, el 51,60% los agricultores tienen estudios secundarios, mientras que en el grupo B la mayoría (63%) tiene instrucción primaria y el 4,3% son analfabetos. La relación entre el nivel educativo y el manejo adecuado de plaguicidas ha sido identificada en otros trabajos de investigación (Röösli et al., 2022). Sin embargo, es importante destacar que simplemente leer las etiquetas no garantiza que las recomendaciones sean aplicadas correctamente por los agricultores. De hecho, investigaciones como las de Rother (2018) y Dugger-Webster & LePrevost (2018) sugieren que las instrucciones en las etiquetas pueden ser difíciles de interpretar. Esta situación se evidencia en las dosis utilizadas, pues alrededor del 80% de los dos grupos de estudio afirmaron que basan sus decisiones en su experiencia, y más del 74% grupo A y 60% del grupo B también considera la recomendación del almacenista.

El manejo inadecuado de dosis de plaguicidas también puede estar afectando el ambiente, ya que los plaguicidas tienden a acumularse en el suelo y permanecer por décadas (Rodenburg et al., 2019). Varios agricultores entrevistados hicieron mención al incremento de la dosis en las aplicaciones que realizan. Los plaguicidas más utilizados para el cultivo fueron glifosato y el 2-4 D amina muy comunes en cultivo de arroz en otras regiones del mundo (Vryzas, 2018).

En cuanto a la reutilización de envases vacíos de plaguicidas para otros fines, se observó una mayor frecuencia en el grupo B, con un 15% de agricultores reportando esta práctica, en comparación al grupo A, donde solo el 3,2% la mencionó. Estos resultados corroboran el estudio de Nwadike et al. (2021), quienes destacan la relación entre la reutilización de envases y la experiencia de los agricultores.

Prácticas de seguridad aplicadas por los agricultores

A continuación, se muestran los resultados de las prácticas de seguridad aplicadas por los agricultores (Tabla 4). El estudio evidenció que el grupo B, en su mayoría (54,34%), toma en cuenta la dirección del viento durante la fumigación para evitar salpicaduras de agroquímicos. En cuanto al consumo de alimentos y bebidas cerca del cultivo, un porcentaje bajo del grupo A (6,45%) y del B (13,04%) no lo hace, pero más del 50% de ambos grupos admitió hablar durante la elaboración de mezclas o fumigación. Ambos grupos afirmaron que se duchan después de las fumigaciones. En cuanto a la práctica de reingreso al cultivo posterior a las fumigaciones, un mayor porcentaje del grupo A espera más de un día, mientras que el grupo B lo hace inmediatamente. Al igual que en los resultados anteriores, la desviación estándar refleja la uniformidad de los datos.

En cuanto al ingreso al cultivo posterior a las fumigaciones, ducharse después de las fumigaciones y derrames en las bombas, también se observó diferencia entre los dos grupos, con actitudes negativas predominantes en el grupo B. Sin embargo, se encontraron valores similares en ambos grupos en prácticas como hablar durante la fumigación o consumir alimentos. Tomar en cuenta la dirección del viento es significativamente más alto en el grupo B, como se mencionó anteriormente los agricultores utilizan este método para evitar intoxicaciones. Según Dugger-Webster & LePrevost (2018) y Damalas & Koutroubas (2018),

aunque la experiencia puede tener efectos negativos, también puede ser positiva en términos de conciencia sobre los efectos inmediatos de los plaguicidas, ya que aquellos que han experimentado más intoxicaciones toman medidas para protegerse de alguna manera.

Tabla 4

Prácticas de seguridad ante el uso de plaguicidas de los productores de arroz sur del Ecuador

Variable		Menor a 30 años de experiencia (A)			Mayor a 30 años de experiencia (B)		
		Frecuencia absoluta No 31	Frecuencia relativa %	Desviación estándar	Frecuencia absoluta No 46	Frecuencia relativa %	Desviación estándar
Los plaguicidas son indispensables para el cultivo	Muy de acuerdo	16,00	51,61	0,67	14,00	30,43	0,68
	De acuerdo	13,00	41,94		26,00	56,52	
	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	2,00	6,45		5,00	10,87	
	Algo en desacuerdo	0,00	0,00		1,00	2,17	
	Muy en desacuerdo	0,00	0,00		0,00	0,00	
	Total	31,00	100,00		46,00	100,00	
Toma en cuenta la dirección del viento	Siempre	14,00	45,16	0,66	25,00	54,35	0,66
	Casi siempre	13,00	41,94		15,00	32,61	
	Nunca	4,00	12,90		6,00	13,04	
	Total	31,00	100,00		46,00	100,00	
Se ingiere alimentos cerca al cultivo	Siempre	10,00	32,26	0,68	11,00	23,91	0,66
	Casi siempre	19,00	61,29		29,00	63,04	
	Nunca	2,00	6,45		6,00	13,04	
	Total	31,00	100,00		46,00	100,00	
Habla durante la fumigación o elaboración de la mezcla	Siempre	3,00	9,68	0,94	3,00	6,52	0,95
	Casi siempre	18,00	58,06		24,00	52,17	
	Nunca	10,00	32,26		19,00	41,30	
	Total	31,00	100,00		46,00	100,00	
Reingreso al cultivo posterior a la fumigación	Inmediatamente	9,00	29,03	0,79	22,00	47,83	0,79
	Al día siguiente	11,00	35,48		16,00	34,78	
	Deja pasar más de un día	11,00	35,48		8,00	17,39	
	Total	31,00	100,00		46,00	100,00	
Se ducha inmediatamente posterior a la fumigación	Siempre	21,00	67,74	0,49	25,00	54,35	0,49
	Casi siempre	10,00	32,26		21,00	45,65	
	Nunca	0,00	0,00		0,00	0,00	
	Total	31,00	100,00		46,00	100,00	

Conocimiento del riesgo por uso de plaguicidas

Finalmente, se presentan los resultados del conocimiento que tienen los agricultores frente a la contaminación por los plaguicidas (Tabla 5). La comprensión de los agricultores sobre el efecto negativo de los plaguicidas sobre la salud y el ambiente es significativa en los dos grupos, aunque un pequeño porcentaje de agricultores indicó no saber, es decir, desconocen si los plaguicidas afectan a la salud o al ambiente. En cuanto a si los plaguicidas contaminan la cosecha y el agua, se observó que el grupo A (29%) comprende mejor la residualidad de estos compuestos en los alimentos y la contaminación del agua.

Tabla 5

Conocimiento del riesgo por el uso de plaguicidas de los productores de arroz sur del Ecuador

Variable		Menor a 30 años de experiencia (a)			Mayor a 30 años de experiencia (b)		
		Frecuencia absoluta No 31	Frecuencia relativa %	Desviación estándar	Frecuencia absoluta No 46	Frecuencia relativa %	Desviación estándar
¿Qué efecto cree que generan los plaguicidas en el ser humano y el ambiente?	Afecta la salud y contamina el ambiente	28	90,3	0,94	36	78,3	0,38
	No afecta de ninguna forma	0	0,0		0	0,0	
	No sabe	3	9,7		10	21,7	
Total		31	100,0		46	100,0	
¿Considera que la cosecha y el agua pueden contaminarse con plaguicidas?	Se contamina el agua	19	61,3	0,37	30	65,2	0,94
	Se contamina la cosecha	0	0,0		1	2,2	
	Las dos anteriores	9	29,0		6	13,0	
	Ninguno	3	9,7		9	19,6	
Total		31	100,0		46	100,0	

Con respecto al conocimiento sobre el uso de plaguicidas y sus efectos en la salud y el ambiente, se obtuvo que los dos grupos son conscientes sobre las consecuencias negativas, lo cual coincide con estudios en África, la India y otros países (Ndayambaje et al., 2019; Nwadike et al., 2021; Haruna Musa et al., 2022; Rööslí et al., 2022; Akter et al., 2018). En particular, la contaminación del agua fue el efecto negativo con una respuesta afirmativa superior al 60%. En cuanto a la contaminación de la cosecha, la conciencia es menor, ya que los agricultores desconocen que los plaguicidas permanecen en el producto final que venden en los mercados. Damalas & Koutroubas (2018) exponen en su trabajo que el conocimiento está relacionado con una comprensión profunda y el entendimiento de un concepto, mientras que, en la conciencia, la comprensión profunda no está implícita.

Propuesta de manejo de plaguicidas para productores de arroz en el sur del Ecuador

Con base en los resultados obtenidos, se identificaron prácticas sumamente riesgosas para los productores de arroz, como es el escaso uso de equipo de protección personal, el almacenaje de plaguicidas en la vivienda, el inadecuado manejo de dosis, la combinación de productos basados en la experiencia, entre otras. Ante estos resultados, el presente estudio permitió establecer un diagnóstico de la situación actual y, tomando en consideración los resultados alcanzados, se recomienda la propuesta de manejo de plaguicidas para los productores de arroz del cantón Macará, provincia Loja. Estas prácticas que a continuación se sugieren están destinadas a los siguientes grupos: Grupo 1: Gobiernos locales, organismos relacionados con agricultores (Ministerio de Agricultura, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias), universidades, Grupo 2: Distribuidores de plaguicidas (empresas), Grupo 3: Productores de arroz.

Grupo 1

1. Implementar planes de capacitación sobre las técnicas correctas en el uso de plaguicidas.
2. Concienciar a los agricultores sobre la toxicidad de los plaguicidas sobre la salud y el ambiente.

3. Promover la educación sobre el uso de equipo de protección personal en los planteles educativos desde edades tempranas, con el objetivo de concienciar a los estudiantes sobre la importancia de protegerse ante el uso de plaguicidas agrícolas, quienes a su vez comunicarán a sus familiares.
4. Se recomienda a los institutos de investigación impulsar estudios sobre la contaminación del ambiente por plaguicidas agrícolas, que ayuden a la generación de evidencias de la situación real del cantón, lo que fomentaría una conciencia en la población en general.
5. Las entidades de control deben fortalecer la inspección en almacenes de expendio de plaguicidas, orientado a que el personal encargado de la venta sean profesionales correctamente capacitados para esta actividad.

Grupo 2

1. Las empresas distribuidoras deben involucrarse más en el campo en temas de capacitación sobre el manejo adecuado de plaguicidas.
2. Implementar promociones donde se incluya equipos de protección personal por la compra de productos de fumigación.
3. En conjunto con las entidades estatales se recomienda crear un sitio web para los agricultores, destinado a manejo seguro de plaguicidas, con términos adecuados para su entendimiento.
4. En un trabajo mancomunado con las entidades estatales se deberían crear campañas masivas por medio de mensajes de texto para incentivar el uso de equipos de protección.
5. La publicidad de los plaguicidas puede ir acompañada con frases que promuevan el manejo seguro de los productos.

Grupo 3

1. Destinar un lugar exclusivo y alejado de la vivienda para almacenar plaguicidas.
2. Realizar el mantenimiento constante de bombas de fumigación.
3. Cerrar bien los envases.
4. No guardar los plaguicidas diluidos.
5. Predisposición para ser capacitados y aprender sobre la toxicidad de los plaguicidas.
6. Incentivar alternativas como es el uso de bioles para disminuir el uso de plaguicidas, práctica que se observó entre los agricultores locales. Si bien su principal motivación es reducir los costos de producción, el uso de bioles contribuye a una menor exposición de los agricultores a los plaguicidas, ya que se reducen las fumigaciones. Esto sugiere que los agricultores locales podrían estar dispuestos a adoptar prácticas más seguras y sostenibles.

Con lo mencionado anteriormente, para mejorar el manejo de los plaguicidas, se deben reforzar los conocimientos de los agricultores sobre el peligro que representan el uso de estos productos y capacitar sobre el manejo adecuado de estos. Para la manipulación de plaguicidas, los parámetros se encuentran establecidos por los diferentes organismos internacionales: Código Internacional de Conducta para la Gestión de Plaguicidas (OMS & FAO, 2014), clasificación recomendada por la OMS de los plaguicidas por el peligro que presentan (Organización Mundial de la Salud, 2019), el kit de Herramientas de Registro de Plaguicidas de la FAO y la Reunión Conjunta de la FAO y la OMS sobre Gestión de Plaguicidas; documentos que tienen como finalidad reducir la aplicación de fitosanitarios y los riegos a la salud y al ambiente, siendo directrices que deben ser conocidas por los agricultores.

Para fomentar el uso de equipo de protección personal se deben ofrecer talleres. En Uganda se realizó una campaña conjunta de dos días de capacitación y mensajes de texto durante varios meses, los resultados reflejaron una mejora significativa en el uso de prendas de protección. La tecnología puede ser un método para llegar a los agricultores (Röööslí et al., 2022).

Educar a la población más joven, de tal manera que influya en el comportamiento de los adultos, en prácticas como bañarse después de las fumigaciones, mezclas de plaguicidas, mantenimiento de bombas; trabajar con comportamientos específicos para jóvenes y adultos. Rohlman et al., (2020) en su trabajo determinan una mayor conciencia después de la intervención.

En cultivos como el arroz donde la contaminación del agua está latente, se debe orientar a los agricultores hacia el uso adecuado de dosis y mezclas de plaguicidas. Es también necesario realizar análisis del suelo, agua y aire en busca de residuos de plaguicidas con la finalidad de concienciar a la población en general. Degrendele et al., (2022) en su trabajo sobre el uso de plaguicidas en Sudáfrica dejaron en evidencia la grave contaminación, lo que permitió implementar un sistema de vigilancia de fitosanitarios en el ambiente.

Conclusiones

Los factores que influyen en el comportamiento de los productores sobre el uso, aplicación y almacenamiento de plaguicidas identificados en el presente estudio son: años de experiencia en la agricultura, nivel de educación y edad.

Los resultados permitieron determinar que los agricultores poseen cierto grado de conciencia sobre los daños que producen los plaguicidas; sin embargo, las prácticas operativas como el uso de equipo de protección y el conocimiento de los efectos a largo plazo de los plaguicidas sobre la salud y el medio ambiente son deficientes.

El estudio puso en evidencia lo expuestos que están los agricultores a intoxicaciones por el manejo inadecuado de plaguicidas, sobre todo, por el inexistente uso de equipo de protección personal.

La propuesta para reducir el impacto negativo causado por el mal uso de plaguicidas en la salud y el medio ambiente consistió en sensibilizar, capacitar y educar a los agricultores para mejorar su comprensión sobre los riesgos asociados con estos productos.

Reconocimientos

Esta investigación fue parte de un proyecto de investigación de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Ibarra, dentro de la maestría en Agronomía mención Sanidad Vegetal.

Se extiende un agradecimiento a los productores de arroz del cantón Macará, provincia de Loja, Ecuador, que participaron en este estudio siendo parte en la ejecución de las encuestas.

Un agradecimiento especial al Mgs. Luis Cuenca, por su aporte para el desarrollo del presente trabajo, de igual manera a la Mgs. Monica Sinchire por toda la ayuda prestada para la recopilación de la información.

Referencias

- Akter, M., Fan, L., Rahman, M. M., Geissen, V., & Ritsema, C. J. (2018). Vegetable farmers' behaviour and knowledge related to pesticide use and related health problems: A case study from Bangladesh. *Journal of Cleaner Production*, *200*, 122–133. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.130>
- Cattani, D., Acordi Cesconetto, P., Kruger Tavares, M., Benedetti Parisotto, E., De Oliveira, P. A., Heinz Rieg, C. E., Concli Leite, M., Schröder Prediger, R. D., Cubas Wendt, N., Razzera, G., Wilhelm Filho, D., & Zamoner, A. (2017). Developmental exposure to glyphosate-based herbicide and depressive-like behavior in adult offspring: Implication of glutamate excitotoxicity and oxidative stress. *Toxicology*, *387*(February), 67–80. <https://doi.org/10.1016/j.tox.2017.06.001>
- Dahiri, B., Martín-Reina, J., Carbonero-Aguilar, P., Aguilera-Velázquez, J. R., Bautista, J., & Moreno, I. (2021). Impact of pesticide exposure among rural and urban female population. An overview. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *18*(18). <https://doi.org/10.3390/ijerph18189907>
- Damalas, C. A., & Koutroubas, S. D. (2018). Farmers' behaviour in pesticide use: A key concept for improving environmental safety. *Current Opinion in Environmental Science and Health*, *4*, 27–30. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2018.07.001>
- Degrendele, C., Klánová, J., Prokeš, R., Příbylová, P., Šenk, P., Šudoma, M., Rössli, M., Dalvie, M. A., & Fuhrimann, S. (2022). Current use pesticides in soil and air from two agricultural sites in South Africa: Implications for environmental fate and human exposure. *Science of the Total Environment*, *807*. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150455>
- Dhananjayan, V., & Ravichandran, B. (2018). Occupational health risk of farmers exposed to pesticides in agricultural activities. *Current Opinion in Environmental Science and Health*, *4*, 31–37. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2018.07.005>
- Dugger-Webster, A., & LePrevost, C. E. (2018). Following pesticide labels: A continued journey toward user comprehension and safe use. *Current Opinion in Environmental Science and Health*, *4*, 19–26. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2018.03.004>
- Haruna Musa, M., Daniel Mensah, A., Newton, M., Felix Mandoli, M., Victoria Ibukun, J., Nwadike, C., Paulina, D., & Mela, D. (2022). Pesticide Safety Awareness among Rural Farmers in Dadinkowa, Gombe State, Nigeria. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *19*(21), 13728. <https://doi.org/10.3390/ijerph192113728>
- Jallow, M. F. A., Awadh, D. G., Albaho, M. S., Devi, V. Y., & Thomas, B. M. (2017). Pesticide knowledge and safety practices among farm workers in Kuwait: Results of a survey. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *14*(4), 2–15. <https://doi.org/10.3390/ijerph14040340>
- Jørs, E., Neupane, D., & London, L. (2018). Pesticide Poisonings in Low- and Middle-Income Countries. *Environmental Health Insights*, *12*, 4–6. <https://doi.org/10.1177/1178630217750876>
- Lopez Roldán, P., & Fachelli, S. (2018). Metodología de la investigación social cuantitativa. In Universitat Autònoma de Barcelona (Ed.), *Universitat Autònoma de Barcelona* (1st ed.). <https://doi.org/10.1344/reid2018.17.13>
- Ndayambaje, B., Amuguni, H., Coffin-Schmitt, J., Sibó, N., Ntawubizi, M., & Vanwormer, E. (2019). Pesticide application practices and knowledge among small-scale local rice growers and communities in Rwanda: A cross-sectional study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *16*(23). <https://doi.org/10.3390/ijerph16234770>
- Nwadike, C., Joshua, V. I., Doka, P. J. S., Ajaj, R., Hashidu, U. A., Gwary-Moda, S., Danjin, M., & Moda, H. M. (2021). Occupational safety knowledge, attitude, and practice among farmers in northern Nigeria during pesticide application—a case study. *Sustainability (Switzerland)*, *13*(18), 1–13. <https://doi.org/10.3390/su131810107>
- Okoffo, E. D., Mensah, M., & Fosu-Mensah, B. Y. (2016). Pesticides exposure and the use of personal protective equipment by cocoa farmers in Ghana. *Environmental Systems Research*, *5*(17), 1–15.

<https://doi.org/10.1186/s40068-016-0068-z>

OMS, & FAO. (2014). *Código Internacional de Conducta para la Gestión de Plaguicidas*.
<https://doi.org/13604S/1/12.14>

Organización Mundial de la Salud. (2019). *Clasificación recomendada por la OMS de los plaguicidas por el peligro que presentan* (OMS (ed.); OMS). file:///C:/Users/D E L L/Downloads/9789240016057-spa (1).pdf

Rodenburg, J., Johnson, J. M., Dieng, I., Senthilkumar, K., Vandamme, E., Akakpo, C., Allarangaye, M. D., Baggie, I., Bakare, S. O., Bam, R. K., Bassoro, I., Abera, B. B., Cisse, M., Dogbe, W., Gbakatchéché, H., Jaiteh, F., Kajiru, G. J., Kalisa, A., Kamissoko, N., ... Saito, K. (2019). Status quo of chemical weed control in rice in sub-Saharan Africa. *Food Security*, 11(1), 69–92.
<https://doi.org/10.1007/s12571-018-0878-0>

Rohlman, D. S., Davis, J. W., Ismail, A., Abdel Rasoul, G. M., Hendy, O., Olson, J. R., & Bonner, M. R. (2020). Risk perception and behavior in Egyptian adolescent pesticide applicators: An intervention study. *BMC Public Health*, 20(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/s12889-020-08801-7>

Röösli, M., Fuhrmann, S., Atuhaire, A., Rother, H. A., Dabrowski, J., Eskenazi, B., Jørs, E., Jepson, P. C., London, L., Naidoo, S., Rohlman, D. S., Saunyama, I., van Wendel de Joode, B., Adeleye, A. O., Alagbo, O. O., Aliaj, D., Azanaw, J., Beerappa, R., Brugger, C., ... Dalvie, M. A. (2022). Interventions to Reduce Pesticide Exposure from the Agricultural Sector in Africa: A Workshop Report. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(15).
<https://doi.org/10.3390/ijerph19158973>

Rother, H. A. (2018). Pesticide labels: Protecting liability or health? – Unpacking “misuse” of pesticides. *Current Opinion in Environmental Science and Health*, 4, 10–15.
<https://doi.org/10.1016/j.coesh.2018.02.004>

Sapbamrer, R., & Thammachai, A. (2020). Factors affecting use of personal protective equipment and pesticide safety practices: A systematic review. *Environmental Research*, 185(January), 109444.
<https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109444>

Staudacher, P., Brugger, C., Winkler, M. S., Stamm, C., Farnham, A., Mubeezi, R., Eggen, R. I. L., & Günther, I. (2021). What agro-input dealers know, sell and say to smallholder farmers about pesticides: a mystery shopping and KAP analysis in Uganda. *Environmental Health: A Global Access Science Source*, 20(1), 1–19. <https://doi.org/10.1186/s12940-021-00775-2>

Vryzas, Z. (2018). Pesticide fate in soil-sediment-water environment in relation to contamination preventing actions. *Current Opinion in Environmental Science and Health*, 4, 5–9.
<https://doi.org/10.1016/j.coesh.2018.03.001>

Yarpuz-Bozdogan, N. (2018). The importance of personal protective equipment in pesticide applications in agriculture. *Current Opinion in Environmental Science and Health*, 4, 1–4.
<https://doi.org/10.1016/j.coesh.2018.02.001>

Ingeniería y Tecnología



Análisis de la variabilidad espacial de los perfiles de velocidad en canales abiertos con elevada rugosidad

Analysis of the spatial variability of the speed profiles in open channels with roughness

Pietro Corapi¹ <https://orcid.org/0000-0001-8626-0134>,
Loiza Angeline Santos Santillan¹ <https://orcid.org/0000-0002-8671-8245>,
José Luis Campoverde Leiva¹ <https://orcid.org/0000-0002-6618-117X>

¹Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador
pietro.corapi@ug.edu.ec, langeliness12@gmail.com,
joseluisc.1996@outlook.com



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

Enviado: 2023/01/13

Aceptado: 2023/03/27

Publicado: 2023/06/30

Resumen

En los canales abiertos la variabilidad espacial de la distribución de la velocidad se ve afectada por la distribución de la rugosidad del fondo y de las paredes laterales del cauce. La presente investigación propone analizar perfiles de velocidad en canales abiertos, evaluando datos registrados en el laboratorio “Grandi Modelli Idraulici” de la Universidad de Calabria (Italia). Se consideró la rugosidad de fondo que afecta el comportamiento del flujo de agua para comparar los perfiles de velocidad y esfuerzo cortante obtenidos en laboratorio con el esfuerzo cortante teórico. Se utilizó el lenguaje Matlab para procesar datos y elaborar gráficos. Se realizó la medición de 15 perfiles de velocidad, cada uno aproximadamente de 35 puntos. Las pruebas se realizaron en condición de flujo permanente uniforme, los datos de velocidad se procesaron en intervalos de 300s por punto, en cada sección la velocidad varía entre -0.5m/s y 1.0 m/s, los rangos de velocidad del proceso *despiking* varían entre -0.2 m/s a 0.7 m/s, siendo estos últimos los valores con los que se lleva a cabo el análisis. Se concluye que los esfuerzos viscosos están en rangos de -0.01 Pa a 0.02 Pa, esfuerzos cortantes turbulentos de -0.5 Pa a 3 Pa y esfuerzos cortantes de -0.5 Pa a 3 Pa. Estos últimos valores demuestran la preponderancia de los efectos turbulentos respecto a la viscosidad del fluido.

Palabras clave: Rugosidad, perfiles, *despiking*, viscosidad, turbulencia.

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

Como citar: Corapi, P., Santos, L. & Campoverde, J. L. (2023). Análisis de la variabilidad espacial de los perfiles de velocidad en canales abiertos con elevada rugosidad. *Revista Tecnológica - Espol*, 35(1), 105-119. <http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/1000>

Abstract

In open channels, the spatial variability of the velocity distribution is affected by the distribution of the roughness of the bottom and sidewalls of the channel. The present investigation aims to analyse velocity profiles in open channels by evaluating data recorded at the "Grandi Modelli Idraulici" laboratory of the University of Calabria (Italy). The bottom roughness that affects the water flow behaviour was considered to compare the velocity and shear profiles obtained in the laboratory with the theoretical shear stress; Matlab language was used to process data and elaborate graphs. Fifteen velocity profiles were measured, approximately 35 points each. The tests were carried out in a uniform permanent flow condition and the velocity data were processed in intervals of 300s per point; in each section, the velocity varies between -0.5m/s and 1.0 m/s, the velocity ranges of the despiking process vary between -0.2 m/s to 0.7 m/s, the latter being the values for the analysis. In conclusion, viscous stresses range from -0.01 Pa to 0.02 Pa, turbulent shear stresses from -0.5 Pa to 3 Pa, and shear stresses from -0.5 Pa to 3 Pa, the latter values showing the preponderance of turbulent effects concerning the viscosity of the fluid.

Keywords: Roughness, profiles, despiking, viscous, turbulent.

Introducción

La variabilidad de formas en que el flujo en canales abiertos se presenta puede ir desde una lámina de agua sobre el campo, debido a una fuerte precipitación, hasta un flujo de profundidad constante de un canal artificial. Este puede ser clasificado como permanente o no permanente, uniforme o no uniforme (García, 2016; Marín, 2017; Streeter et al., 2000).

En un canal abierto la presencia de la superficie libre y la fricción en sus paredes ocasiona que las velocidades no estén uniformemente distribuidas en su sección. Además, esta distribución de velocidades en el canal dependerá también de otros factores como: una forma inusual de la sección, la rugosidad del canal y la presencia de curvas (Chow, 2004).

Generalmente el comportamiento del flujo en canales abiertos se encuentra dado por los efectos de viscosidad y gravedad relacionadas con las fuerzas inerciales de flujo. Referente al efecto de la viscosidad y la inercia, el flujo puede ser laminar, turbulento o transicional y de acuerdo con el efecto de gravedad en el estado de flujo se ve representado por el número de Froude que es un número adimensional y está dado por la relación entre fuerzas inerciales y gravitacionales (Calderón, 2014; Casinita, 2014; Chow, 2004).

Una de las variables que puede incidir significativamente en el comportamiento del flujo es la rugosidad, lo que se traduce en una desigualdad en las distribuciones de velocidad (Corapi et al., 2022b). La influencia de la rugosidad sobre el flujo en paredes laterales y el fondo del canal hacen que la velocidad varíe de un punto a otro en toda la sección transversal (Corapi et al., 2022b).

Generalmente la máxima velocidad del flujo se encuentra cerca de la superficie libre. La presencia de rugosidad en un canal genera una curvatura en el diagrama de distribuciones vertical de velocidad, dónde la velocidad es incrementada de forma considerable en el lado convexo de la curva debido a la acción centrífuga del flujo (Gavilan, 2001).

El estudio del comportamiento y variabilidad de la velocidad en un canal abierto, debido a la alta rugosidad, permite determinar las tensiones tangenciales que actúan en el fondo del lecho y el posible desencadenamiento de fenómenos de erosión, transporte del material sólido y depósitos (Corapi et al., 2022a). El flujo de un canal abierto es turbulento cuando las

fuerzas viscosas son débiles en comparación con las fuerzas de inercia (Carrasco, 2019; Castellanos, 2018; French, 1998).

La presente investigación tiene la finalidad de realizar un análisis de una data existente de velocidad en la dirección "x" y "z", para la velocidad a lo largo del canal, paralela al flujo en la dirección x se utilizará la variable "u" mientras que "Z" representa la profundidad de velocidad que será la variable "w" para comparar los perfiles de velocidad y esfuerzo cortante obtenidos en laboratorio con los perfiles de velocidad y de esfuerzo cortante teórico.

Al tener en cuenta la importancia de optimizar el diseño constructivo de canales abiertos, tomando en consideración la rugosidad de fondo que afecta al comportamiento del flujo de agua, se compararan los perfiles de velocidad y de esfuerzo cortante a fin de tomar en consideración pérdidas de energía que pueda tener el flujo. Es decir, realizar una comparación entre el comportamiento del flujo real y el comportamiento de flujo teórico. De esta manera, contrastar los resultados obtenidos en laboratorio con los resultados que según los métodos de cálculo establecidos en la bibliografía deberían obtenerse. El proceso se llevará a cabo mediante la aplicación del software de cálculo matricial Matlab para la elaboración numérica y gráfica de los datos.

Se buscó analizar la variabilidad espacial de los perfiles de velocidad en canales abiertos con elevada rugosidad y de esta manera realizar una correlación del comportamiento del flujo, teniendo en consideración una rugosidad del fondo del canal. El objetivo fue analizar los datos de medición de velocidades adquiridos mediante sistema Acoustic Doppler Velocimeter (ADV), determinar perfiles de velocidad y de esfuerzo cortante a lo largo de la ventana de medición, comparar perfiles de velocidad y de esfuerzo cortante obtenidos en laboratorios con los perfiles teóricos.

Aclaración

Se resalta que, este artículo es parte de un proyecto de investigación "Fondos Concursables Internos" de la Universidad de Guayaquil denominado "*Estudios de los perfiles de velocidad de flujo en canales abiertos*", con el cual los autores han participado, realizando el trabajo previo para la redacción del presente artículo.

Materiales y Métodos

El proceso experimental se llevó a cabo dentro de las instalaciones del laboratorio de "Grandes Modelos Hidráulicos" (GMI) del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Calabria, sobre un pequeño canal con un fondo de elevada rugosidad. El proceso de investigación incluyó la medición de 15 perfiles de velocidad, de los cuales cada perfil está compuesto aproximadamente por 35 puntos a lo largo de la vertical, la adquisición de datos referidos a un solo punto tomó 5 minutos (tiempo de adquisición) y todas las pruebas se realizaron en un flujo permanente uniforme (Q).

Ecuaciones de Navier-Stokes promediadas a la Reynolds

La hipótesis fundamental fue que, la descomposición del componente de velocidad se da en dos descomposiciones, la media y la fluctuante, esta descomposición se llama descomposición de Reynolds.

$$\bar{u} \frac{\partial \bar{u}}{\partial x} + \bar{v} \frac{\partial \bar{u}}{\partial y} + \bar{w} \frac{\partial \bar{u}}{\partial z} + \frac{\partial \bar{u}}{\partial t} = g_x \frac{1}{\rho} * \frac{\partial \bar{\rho}}{\partial x} + \nu \nabla^2 \bar{u} - \left(\frac{\partial \overline{u'u'}}{\partial x} + \frac{\partial \overline{u'v'}}{\partial y} + \frac{\partial \overline{u'w'}}{\partial z} \right) \quad (1)$$

$$\bar{u} \frac{\partial \bar{v}}{\partial x} + \bar{v} \frac{\partial \bar{v}}{\partial y} + \bar{w} \frac{\partial \bar{v}}{\partial z} + \frac{\partial \bar{v}}{\partial t} = g_y \frac{1}{\rho} * \frac{\partial \bar{\rho}}{\partial y} + \nu \nabla^2 \bar{v} - \left(\frac{\partial \overline{v'u'}}{\partial x} + \frac{\partial \overline{v'v'}}{\partial y} + \frac{\partial \overline{v'w'}}{\partial z} \right) \quad (2)$$

$$\bar{u} \frac{\partial \bar{w}}{\partial x} + \bar{v} \frac{\partial \bar{w}}{\partial y} + \bar{w} \frac{\partial \bar{w}}{\partial z} + \frac{\partial \bar{w}}{\partial t} = g_z \frac{1}{\rho} * \frac{\partial \bar{\rho}}{\partial z} + \nu \nabla^2 \bar{w} - \left(\frac{\partial \overline{w'u'}}{\partial x} + \frac{\partial \overline{w'v'}}{\partial y} + \frac{\partial \overline{w'w'}}{\partial z} \right) \quad (3)$$

Donde $\overline{u'u'}$, $\overline{u'v'}$, $\overline{u'w'}$ son las fuerzas de Reynolds o la fuerza turbulenta a partir de esta ecuación se obtiene la ecuación de Navier – Stokes promediada a la Reynolds.

Descripción del Canal

El canal en estudio tiene una longitud de 16,00 m, con una inclinación igual a 0,25%. Aguas arriba del canal existe una bomba sumergible que reintroduce el agua que se expulsa del mismo al canal, se recoge en un tanque aguas abajo del canal y se descarga en el canal de suministro el cual fluye hacia el tanque dentro del cual se sumerge la bomba para crear un circuito cerrado. Al final del canal hay un vertedero regulable para el control del tirante. Figura 1.

Figura 1

Canal Experimental



Medición de Canales Abiertos mediante tecnología ADV (2022) (Corapi et al., 2022a)

Una estructura de ladrillos perforados se coloca aguas abajo de la bomba y aguas arriba del canal. Por donde pasa el flujo a lo largo de la dirección principal del canal como se observa en la Figura 2.

Figura 2

Estructura de ladrillos perforados

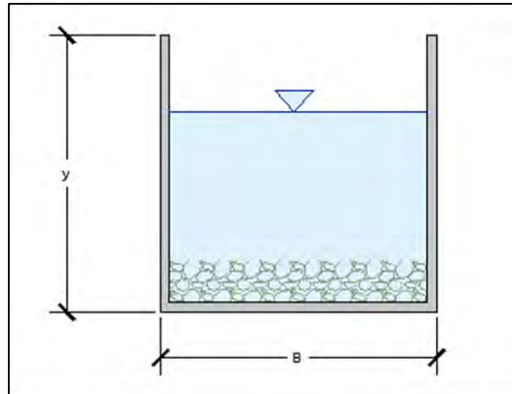


Medición de Canales Abiertos mediante tecnología ADV (2022) (Corapi et al., 2022a)

La sección del canal es de forma rectangular con ancho $B = 1.00 \text{ m}$, la altura $H = 0.70 \text{ m}$. La rugosidad k_s fue extrapolada de los sedimentos a 79.94 mm y la desviación estándar geométrica de los agregados (σ_g) igual a 17.63 mm , Figura 3, mediante un análisis con láser scanner de los sedimentos presentes en el cauce.

Figura 3

Geometría del canal



Evaluación experimental del coeficiente de Coriolis en canales abiertos con elevada rugosidad (2022) (Corapi et al., 2022b)

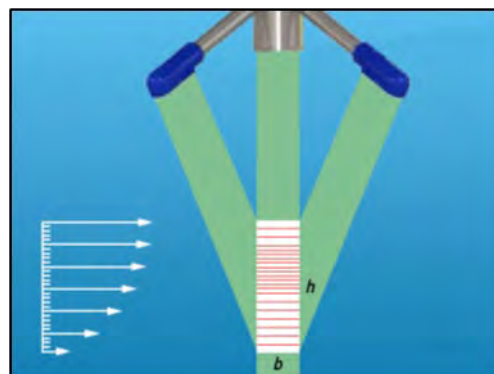
Aguas abajo del tanque de recolección a lo largo del canal de alimentación se encuentra un vertedero Bazin de paredes delgadas. El caudal Q medido es igual a 52.1 l/s , el cual genera una condición de flujo permanente en el canal.

Descripción del Acoustic Doppler Velocimeter (ADV)

Se utiliza para medir el campo de velocidad a altas frecuencias, en las tres direcciones x ; y ; z . Un (ADV) mide los componentes de la velocidad en el espacio usando el efecto Doppler, el efecto Doppler es el cambio en la frecuencia de una onda como consecuencia del movimiento relativo entre emisor y receptor, permite saber si un objeto se aleja o se acerca a un observador y a qué velocidad lo hace. El instrumento utilizado consta de un emisor acústico, cuatro receptores acústicos y un módulo de procesamiento de señales. El emisor acústico genera una señal acústica que se escucha por la dispersión del sonido de las partículas presentes en el agua, y se mueven a la misma velocidad de la corriente del flujo de agua. La señal acústica reflejada es detectada por los receptores acústicos y utilizada para calcular el desplazamiento de fase Doppler del que se deriva el campo de velocidad.

Figura 4

Volumen de control ADV



Medición de Canales Abiertos mediante tecnología ADV (2022) (Corapi et al., 2022a)

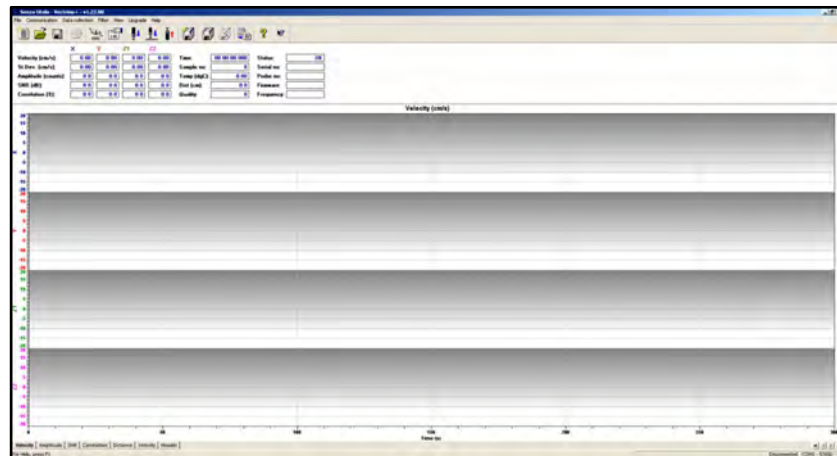
La Figura 4 muestra las dimensiones del volumen de control h y b que representan la altura y el ancho respectivamente. Este volumen de control se caracteriza por contener partículas en suspensión presentes en el flujo, que generan la Relación Señal-Ruido (SNR), indicando la bondad de la señal debido a un número suficiente de partículas en suspensión capaces de reflejar la señal.

Software de Adquisición de Datos: Vectrino Plus

El instrumento está equipado con un software para la gestión de adquisiciones y configuraciones llamado Vectrino Plus. La pantalla principal se muestra en la Figura 5.

Figura 5

Pantalla principal del software Vectrino Plus



Medición de Canales Abiertos mediante tecnología ADV (2022) (Nortek, 2018)

En este diseño, se muestran las velocidades a lo largo de las direcciones x y z_1, z_2 donde la presencia de z_1 y z_2 es útil no solo para medir la velocidad sino también para determinar los valores de la correlación (c) de los datos que describen la bondad de la señal.

Los archivos generados de la adquisición a través del software Vectrino Plus y convertidos a formato ASCII (.dat) se representan mediante una matriz de 30000x19.

Los datos contenidos en estos archivos se describen a continuación. Cada uno de los 30000 puntos se refiere a un instante de tiempo a partir de $t = 0$ con un aumento por Δt para $a \frac{1}{f} = 0,01$ ya que la frecuencia de adquisición f es igual a 100 Hz.

- Columna 1: Tiempos progresivos de 0 s a 300 s;
- Columnas 4, 5, 6, 7: Velocidades de puntos a lo largo de x, y, z_1, z_2 en $\frac{m}{s}$;
- Columnas 8, 9, 10, 11: Intensidad de la señal instantánea a lo largo de x, y, z_1, z_2 ;
- Columnas 12, 13, 14, 15 - Ruido instantáneo (SNR) a lo largo de x, y, z_1, z_2 en dB;
- Columnas 16, 17, 18, 19: Correlación instantánea a lo largo de x, y, z_1, z_2 en %.

Esfuerzos cortantes

Los esfuerzos cortantes Figura 6, se dan por la suma de los componentes del esfuerzo tangencial o viscoso y por los componentes de la tensión turbulenta, considerando los esfuerzos que actúan sobre el plano x, z , se tiene:

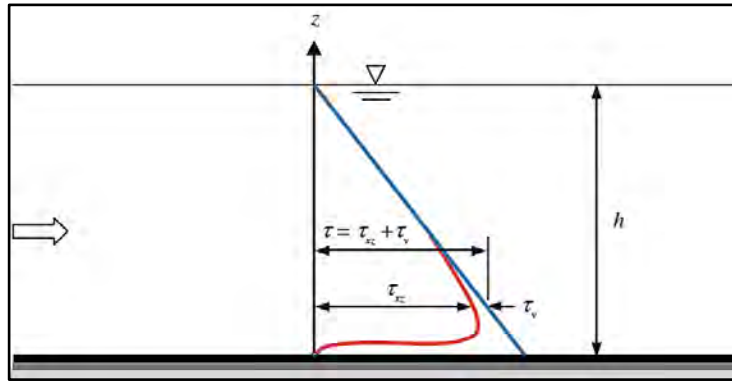
Ecuación 1. (Ecuación de esfuerzos cortantes)

$$\tau = \tau_{lam} + \tau_{turb} = \mu \frac{d\bar{u}}{dz} - \rho \overline{u'w'} \quad (1)$$

Donde τ_{lam} componente de la tensión viscosa, τ_{turb} es el componente de la tensión turbulenta.

Figura 6

Distribución del esfuerzo cortante uniforme en un canal abierto Experimental



Verificación del rendimiento de ADV en fluidos de alta concentración de sedimentos finos. (Dey, 2014)

Adimensionalización de los Esfuerzos Cortantes

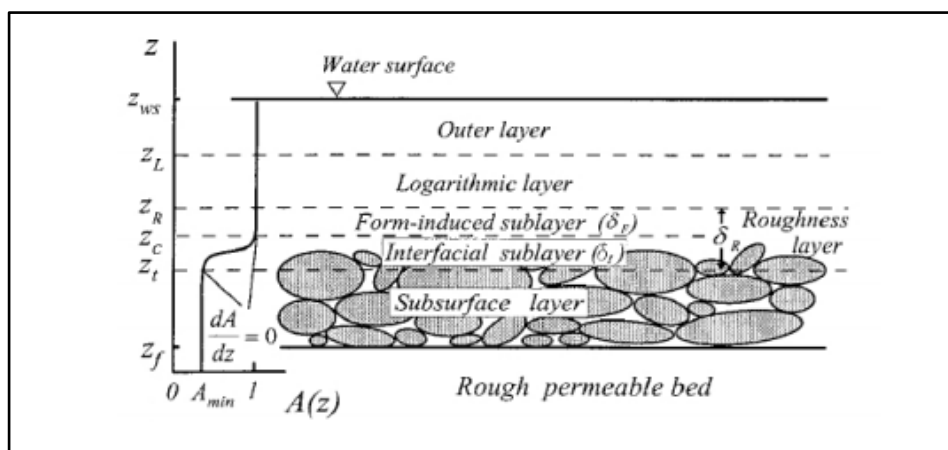
Para la adimensionalización de los esfuerzos cortantes, se deberá dividir los esfuerzos cortantes para el esfuerzo de corte máximo total (τ_0), que normalmente se encuentra cerca del fondo del canal. En tanto, para la adimensionalización de los valores de profundidad (Z) se dividen para la altura del agua medida desde el fondo (Z_{ws}) (Corapi et al., 2021).

Perfiles de velocidad

La determinación del perfil de velocidad requiere la división del campo de movimiento en diferentes zonas. Los campos de corriente en un terreno accidentado permeable se pueden dividir en tres capas principales Figura 7: capa exterior, región de fondo y capa subsuperficial. La región del fondo incluye la capa logarítmica y la capa de rugosidad. La capa de rugosidad contiene la subcapa inducida por la forma del lecho, ubicada justo encima de las crestas del lecho, y la subcapa interfacial entre las crestas y los cables.

Figura 7

Divisiones del perfil de velocidad



Datos del Despiking en el Acoustic Doppler Velocimeter (2022) (Goring & Nikora, 2002)

Adimensionalización de los Perfiles de Velocidad

Para la adimensionalización de los perfiles de velocidad se emplea la velocidad de corte, donde:

Ecuación 2. (Velocidad de fricción)

$$u^* = \left(\frac{\tau_0}{\rho} \right)^{1/2} \quad (2)$$

Donde: u^* = Velocidad de fricción (m/s), τ_0 = esfuerzo cortante máximo en el perfil de los esfuerzos cortantes totales (Pa), ρ = densidad del agua $\left(\frac{kg}{m^3} \right)$.

Y la adimensionalización se obtiene como (u/u^*)

En tanto, para la adimensionalización en el eje y, los valores de Z se dividen para la altura del agua medida desde el fondo del canal Z_{ws} .

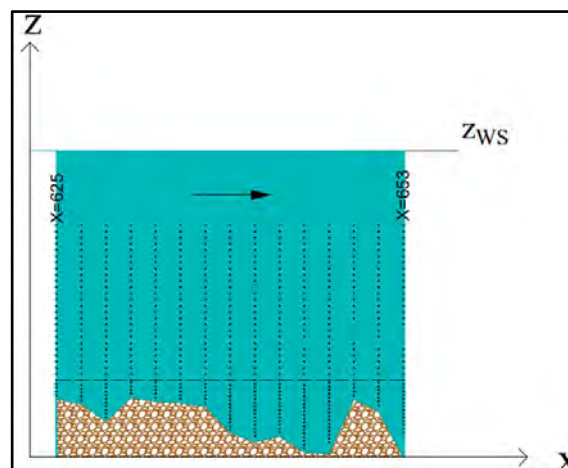
Resultados y Discusión

Para realizar el procesamiento de datos numéricos y debido a la extensa cantidad de datos con la que se disponía se utilizó el software Matlab.

Como ya se explicó en el apartado anterior, la medición en el canal se conformó por 15 perfiles de velocidad en la dirección predominante del flujo Figura 8, los cuales fueron identificados como (desde aguas arriba hacia aguas abajo): X=625, X=627, X=629, X=631, X=633, X=635, X=637, X=639, X=641, X=643, X=645, X=647, X=649, X=651, X=653, y cada uno de estos perfiles está compuesto por aproximadamente 35 puntos a lo largo de la vertical.

Figura 8

Cuadrícula de Medición



Evaluación experimental del coeficiente de Coriolis en canales abiertos con elevada rugosidad (2022) (Corapi et al., 2022b)

Análisis Señal

La señal adquirida que es procesada en el software Matlab, puede verse afectada por picos aislados instantáneos que podría modificar los valores de la media y la desviación estándar.

Un pico consiste en una variación instantánea del valor de la señal (velocidad), más específicamente representa un valor de velocidad pico de corta duración, que posiblemente es debido a una correlación instantánea; esta baja correlación normalmente es relacionada con LA baja cantidad de partículas sólidas suspendidas en el volumen de control (Velasco et al., 2009). Por esta razón, es necesario aplicar un procedimiento de limpieza de señales, denominado despiking.

Este procedimiento se divide en dos fases:

- Buscar picos;
- Reemplazo de picos

El método de despiking que se utilizó se seleccionó entre los métodos propuestos por (Goring & Nikora, 2002) y a continuación se describe:

Para comenzar se realizó una verificación inicial de la correlación de los datos y de la desviación estándar σ

$$\text{corr } u < 70 \quad u' > 4\sigma_u \quad (3)$$

En la ecuación (3), se indican los límites que normalmente son aceptados en la literatura, en las mediciones de ADV con presencia de macrorugosidad, se considera aceptable el 70%, mientras que la desviación de 4σ elimina los puntos que salen del fractil en un 99,994%, bajo el supuesto de que la señal se distribuye de acuerdo con la ley normal del caso. En tanto, que el segundo control se basa en el análisis de los componentes de aceleración (σ_u) y se tiene dos fases. El primero para aceleraciones negativas y el segundo para aceleraciones positivas (Corapi et al., 2022a).

$$a_u < k g \quad (4)$$

O

$$a_u > k g \quad (5)$$

Donde, se tiene que $k=1.50$,

g = aceleración gravitacional igual a $9.806 \frac{m}{s^2}$

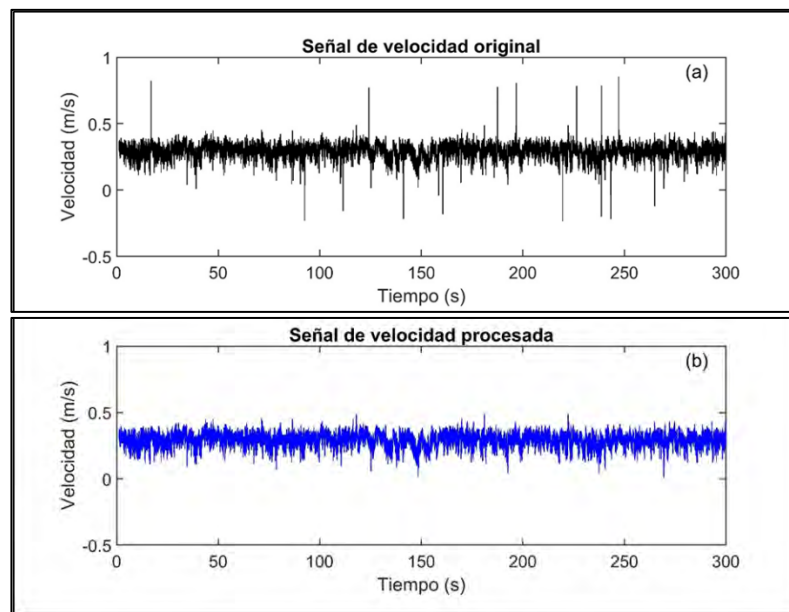
$a_i = \frac{u_i - u_{i-1}}{\Delta t}$, que es la aceleración de las partículas en el i-ésimo punto.

Si los datos sobre los que se realizó el análisis no se encuentran dentro de los rangos dictados por las condiciones, se sustituye el valor de velocidad instantánea por el valor medio referido a toda la señal u_{med} .

A lo largo de la dirección z , se aplican las mismas condiciones para realizar la eliminación de señales.

Figura 9

Señal de velocidad. (a) original, (b) procesada



En la Figura 9 (a) se observa la señal sin procesar (original), mientras en la Figura 9 (b) se observa la aplicación del proceso *despiking* de datos para conseguir la eliminación de picos.

Perfiles de Velocidad

Para obtener los perfiles de velocidad en el espacio se comienza aplicando el procedimiento de despiking a los datos de velocidad obtenidos en los diferentes puntos verticales de cada uno de los perfiles horizontales, luego se procede a realizar un promedio temporal de estos datos ya depurados en cada uno de los perfiles.

Finalmente, se realiza la adimensionalización de los perfiles de velocidad.

Los datos de los esfuerzos de corte τ_0 , y del cálculo de la velocidad de fricción u^* , de los 15 perfiles se muestran a continuación:

Tabla 1

Velocidad de fricción y esfuerzo de corte de los Perfiles de velocidad

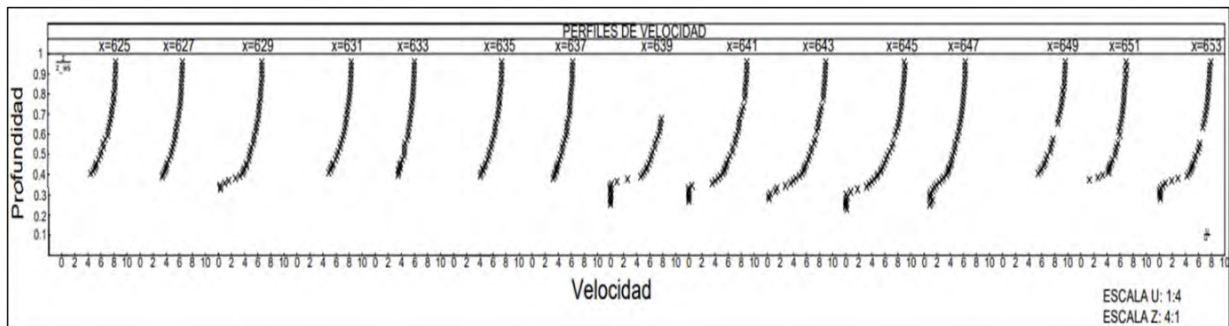
PERFIL	τ_0 (Pa)	u^* (m/s)
X=625	1.533	0.039
X=627	2.482	0.049
X=629	2.322	0.048
X=631	1.49	0.039
X=633	2.921	0.054
X=635	1.932	0.044
X=637	2.769	0.053
X=639	1.366	0.037
X=641	1.376	0.037
X=643	1.333	0.037
X=645	1.313	0.036

PERFIL	τ_0 (Pa)	u^* (m/s)
X=647	2.71	0.052
X=649	1.182	0.034
X=651	2.291	0.048
X=653	1.868	0.043

Presentamos en la siguiente figura los perfiles de velocidad de todas las secciones

Figura 10

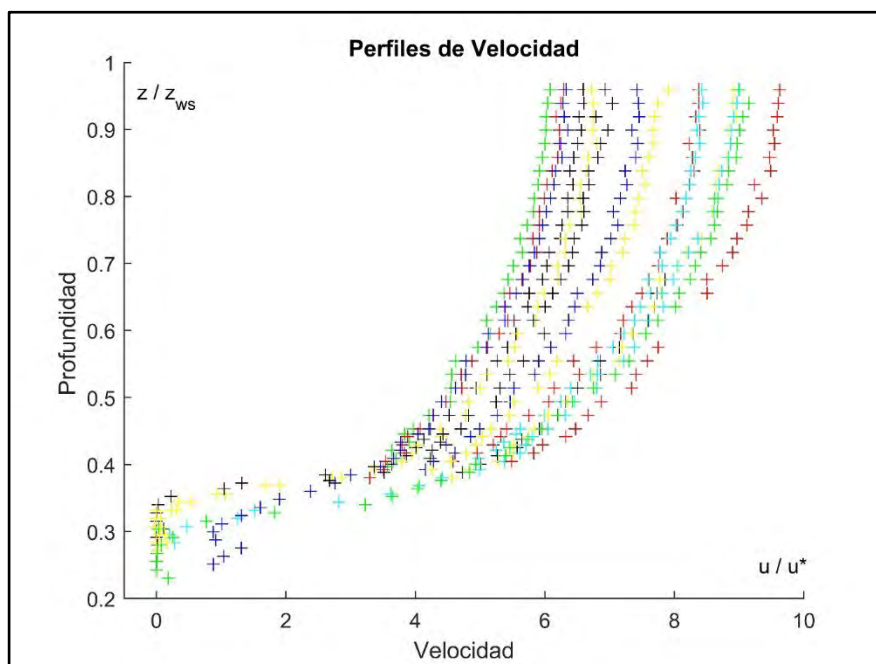
Perfiles de velocidad adimensionalizado (u/u^) de todas las secciones*



En la Figura 11 se observan los 15 perfiles de velocidad superpuestos desde los cuales se puede confirmar que, aunque exista una cierta variabilidad en la velocidad, debido a la rugosidad no uniforme del fondo del canal, la forma es semejante para todos los perfiles cumpliendo con cuanto evidenciado en (Nikora et al., 2001).

Figura 11

Comparación gráfica de los perfiles de Velocidad adimensionales



Cálculo de los esfuerzos cortantes viscosos.

Las componentes de los esfuerzos cortantes viscosos (τ_{lam}) a lo largo de la vertical se describen a continuación:

$$\tau_{lam} = \rho v \frac{d\bar{u}}{dz} \quad (6)$$

Donde \bar{u} , representa el componente de velocidad, a lo largo de la dirección principal, se tiene que $\rho = 1000 \frac{kg}{m^3}$ y $v = 1.126 \cdot 10^{-6} \frac{m^2}{s}$ para $T = 15^\circ C$.

Finalmente, se procede a realizar adimensionalización de los esfuerzos cortantes viscosos donde se divide el $\frac{\tau_{lam}}{\tau_0}$, y los valores de profundidad Z se dividen para la altura total del canal medida desde el fondo Z_{ws} .

Cálculo de los esfuerzos cortantes turbulentos.

El cálculo de los esfuerzos cortantes turbulentos está dado por la ecuación 7, donde se muestra la componente de los esfuerzos cortantes turbulentos.

$$\tau_{turb} = -\rho(\overline{u'w'}) \quad (7)$$

Las componentes $(\overline{u'w'})$, en primera instancia se obtuvieron promediando sus fluctuaciones individualmente y después se realiza la multiplicación de estos valores, referidos a una elevación z dada para un perfil determinado, finalmente se promediaron los valores obtenidos. Una vez obtenidos los valores de $(\overline{u'w'})$ a lo largo de la vertical z, se realiza la multiplicación por $\rho = 1000 \frac{kg}{m^3}$. Para proceder a la adimensionalización de los esfuerzos cortantes turbulentos se divide el $\frac{\tau_{turb}}{\tau_0}$, y los valores de profundidad Z se dividen para la altura total del canal medida desde el fondo Z_{ws} .

Cálculo de los Esfuerzos Cortantes Totales.

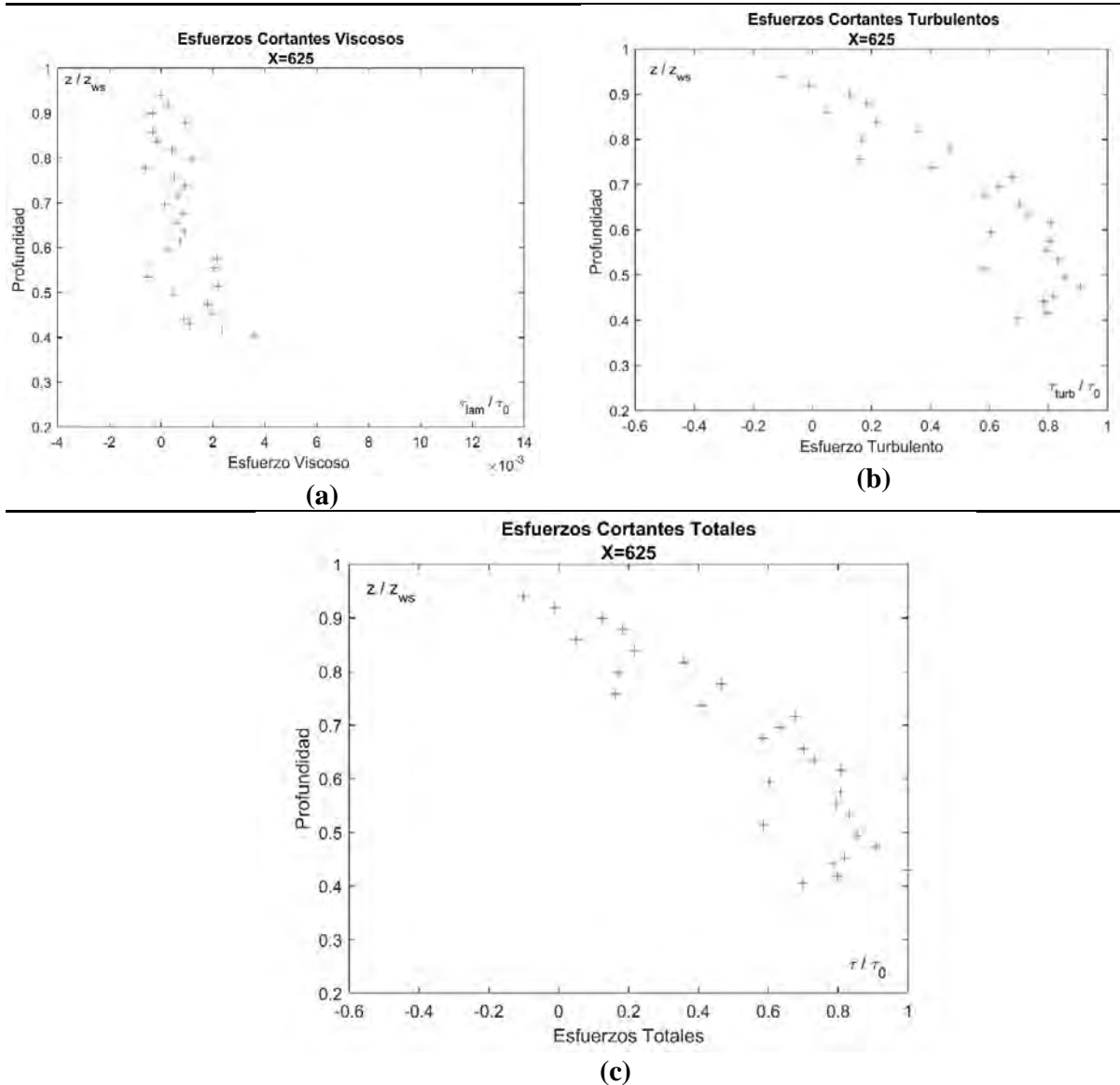
Al sumar los esfuerzos viscosos y turbulentos y graficar el resultado se obtienen los esfuerzos cortantes totales (τ).

Para proceder a la adimensionalización de los esfuerzos cortantes totales se divide el $\frac{\tau}{\tau_0}$; los valores de profundidad Z a su vez son divididos para la altura total del canal medida desde el fondo (Z_{ws}).

Se obtienen graficas de esfuerzos cortantes para las 15 secciones, a continuación, en la Figura 12 (a,b,c) se muestra la distribución de esfuerzos cortantes (a) Viscosos (b) Turbulentos (c) Totales, para la sección X=625.

Figura 12

Sección X=625. (a) Esfuerzos cortantes viscosos, (b) esfuerzos cortantes turbulentos, (c) esfuerzos cortantes totales



Conclusiones

De los datos originales de velocidad procesados con el software Matlab, para un intervalo de medición de 300 s por punto en cada sección, se obtuvo que la velocidad varía entre -0.5 m/s y 1.0 m/s. En cuanto a los datos de señal depurada con el procedimiento de despiking, así mismo en un tiempo de 300 s, se obtiene una reducción en los rangos de la señal de velocidad, la cual varía de entre -0,2 m/s a 0,7 m/s. Las velocidades negativas, comprueban la presencia de vórtices que en determinados puntos tienen dirección opuesta a la del flujo.

Se determinaron 15 perfiles de velocidad, promediados en el tiempo. Se obtuvo así, valores de velocidad que varían entre 0 y 0.35 m/s. Además, la forma de los perfiles es semejante, cuya única diferencia se da por la variación de velocidad. En cuanto a los esfuerzos cortantes, se tiene que los esfuerzos viscosos están en rangos de -0.01 Pa a 0.02 Pa, mientras que, los esfuerzos cortantes turbulentos se encuentran en rangos de -0.5 Pa a 3 Pa y los esfuerzos cortantes totales se encuentran en rangos de -0.5 Pa a 3 Pa. Entonces los esfuerzos

turbulentos son de mayor magnitud respecto a los esfuerzos viscosos, por esta razón los esfuerzos cortantes totales tienen rangos y distribución similares respecto a los esfuerzos turbulentos, verificando, por ende, la teoría de los perfiles de esfuerzos cortantes.

En los esfuerzos cortantes totales se tiene un incremento de intensidad cerca del fondo, debido a la mayor fricción a la cual está sujeto el flujo por la elevada rugosidad del fondo, el valor máximo de esfuerzo cortante (τ_0) se ha empleado para adimensionalizar los perfiles con el fin de poder compararlos, de todas las secciones el de mayor intensidad se encuentra en la sección X=633, siendo el esfuerzo de 2.921 Pa.

Referencias

- Calderón, J. A. (2014). *Comportamiento Hidráulico de sistemas de tuberías bajo fluido supercrítico: Diseño tradicional vs Diseño futuro*. Universidad de los Andes.
<https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/17158/u703594.pdf?sequence=1>
- Carrasco, X. (2019). *Estudio y caracterización hidráulica del óvalo 21 al óvalo 22 del canal de riego Ambato-Huachi- Pelileo, cantón Cevallos, Provincia de Tungurahua*. Universidad Técnica de Ambato.
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/29539/1/Tesis%20I.%20C.%201305%20-%20Carrasco%20Carrasco%20Xavier%20Alejandro.pdf>
- Casignia, M. (2014). *Dimensionamiento Hidráulico de una estructura de unión de dos canales*. Universidad Central del Ecuador. <http://www.dsplace.uce.edu.ec/bitstream/25000/3015/1/T-UCE-0011-135.pdf>
- Castellanos, M. (2018). *Estudio experimental de flujo en canales abiertos*. Universidad de Jaen.
https://tauja.ujaen.es/jspui/bitstream/10953.1/9194/1/Memoria_TFG_Isabel.pdf
- Chow, V. T. (2004). *Hidraulica de Canales Abiertos*. McGraw-HILL.
- Corapi, P., Acaro, X. C., Mendoza, J. C., & Vera, P. E. (2022b). *Experimental Evaluation of the Coriolis Coefficient in Open Channels with High Roughness*. LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology. <https://laccei.org/LACCEI2022-BocaRaton/meta/FP123.html>
- Corapi, P., Acaro, X., & Arroyo, J. (2022a). *(Acoustic Doppler Velocimeter) tecnología ADV (Issue February)*. Grupo Compas.
https://www.researchgate.net/publication/358862496_Medicion_de_velocidades_en_canales_abiertos_mediante_tecnologia_ADV_Acoustic_Doppler_Velocimeter
- Corapi, P., Acaro, X., & Chuquimarca, L. (2021). *Velocity scaling in open-channel flows with sediment transport*. Tecnología y Ciencias del Agua. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2021-05-02>
- Dey, S. (2014). *Fluvial hydrodynamics: Hydrodynamic and sediment transport phenomena*. Journal of Hydraulic Research. <https://doi.org/10.1080/00221686.2014.968888>
- French, R. (1998). *Hidraulica de Canales Abiertos*. McGRAW-HILL.
- García, N. (2016). *Hidráulica de Canales Principios básicos*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
https://www.imta.gob.mx/biblioteca/libros_html/riego-drenaje/Hidraulica-de-canales.pdf
- Gavilan, G. (2001). *Guía de Laboratorio de Hidraulica de Canales Abiertos*.
- Goring, D. G., & Nikora, V. I. (2002). *Despiking Acoustic Doppler Velocimeter Data*. Journal of Hydraulic Engineering.
https://www.researchgate.net/publication/245296487_Despiking_Acoustic_Doppler_Velocimeter_Data
- Marín, E. (2017). *Construcción de un modelo hidráulico para la simulación de tipos de flujo en canales abiertos para el laboratorio de mecánica de fluidos e hidráulica de la facultad de ingeniería, usac*. Universidad de San Carlos de Guatemala. <https://core.ac.uk/download/pdf/94669661.pdf>

- Nikora, V., Goring, D., McEwan, I., & Griffiths, G. (2001). *Spatially Averaged Open-Channel Flow over Rough Bed*. Journal of Hydraulic Engineering.
https://www.researchgate.net/publication/270851629_Spatially_Averaged_Open-Channel_Flow_over_Rough_Bed
- Nortek. (2018). *Comprehensive Manual for Velocimeter*.
- Streeter, V. L., Wylie, E. B., & Bedford, K. W. (2000). *Mecánica de Fluidos* (Vol. Novena Edición).
- Velasco, D., & Craig, H. (2009). *Experimental verification of acoustic Doppler velocimeter (ADV) performance in fine-grained, high sediment concentration fluids*. SonTec/YSI.
<https://www.xylemanalytics.co.uk/media/pdfs/sontek-adv-in-fluid-mud.pdf>

Metodología para la evaluación de desempeño de plantas solares fotovoltaicas a través del uso de la ciencia de datos

Methodology for evaluating the performance of photovoltaic solar plants through the use of data science

César A. Yajure-Ramírez¹ <https://orcid.org/0000-0002-3813-7606>,
Jairo J. Rojas-Aranguren² <https://orcid.org/0009-0008-4486-9804>

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

²R&C Ingeniería y Servicios SpA, Santiago, Chile
jairo.rojas@rcenergia.com



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

Enviado: 2023/02/17

Aceptado: 2023/05/11

Publicado: 2023/06/30

Resumen

La evaluación continua de las plantas solares fotovoltaicas es fundamental para su operación, puesto que, se debe hacer seguimiento a sus variables principales, y así verificar que se entrega la energía eléctrica en óptimas condiciones de operación y de eficiencia. En esta investigación se presentó una metodología basada en la ciencia de datos con el fin de evaluar plantas solares fotovoltaicas. Se aplicó al conjunto de datos de una planta solar del Laboratorio Nacional de Energías Renovables de EEUU, haciendo un análisis de los datos para obtener curvas temporales de irradiancia y energía, y también de los principales indicadores de desempeño. Así también, se empleó el algoritmo K-Means para generar clústers dentro del conjunto de datos, y el algoritmo K-NN para crear modelos de predicción de clases de la energía y del indicador PR. Se obtuvieron clústers que agrupan los valores de potencia generada, y los valores del PR. El modelo de clasificación de las clases de energía tuvo una exactitud del 91,67%, mientras que el modelo de clasificación de las clases del indicador PR tuvo una exactitud del 83,33%. Dado que la tasa de ensuciamiento promedio en las escalas mensual y anual estuvo por encima del 90%, mientras que las del PR estuvieron alrededor del 70%, se recomienda hacer un estudio para determinar el origen de las pérdidas en la planta. Asimismo, se sugiere realizar un modelo para determinar el impacto de la temperatura ambiente, la temperatura del módulo fotovoltaico, y de la velocidad del viento en la producción de energía eléctrica.

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

Como citar: Yajure-Ramírez, C. & Rojas-Aranguren, J. (2023). Metodología para la evaluación de desempeño de plantas solares fotovoltaicas a través del uso de la ciencia de datos. *Revista Tecnológica - Espol*, 35(1), 120-136. <http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/1011>

Palabras clave: Energía eléctrica, K-Means, K-NN, tasa de desempeño, tasa de suciedad.

Abstract

The continuous evaluation of solar photovoltaic plants is essential for their operation. Their main variables must be monitored to verify that the electrical energy is delivered under optimal operating and efficiency conditions. This research presents a methodology based on data science to evaluate solar photovoltaic plants. This methodology was applied to the data set of a solar plant of the US National Renewable Energy Laboratory, analyzing the data to obtain temporal curves of irradiance and energy, as well as the leading performance indicators. Also, this study used the K-Means algorithm to generate clusters within the data set and the K-NN algorithm to create class prediction models of the energy and PR indicator. Clusters grouping the generated power values and the PR values were obtained. The energy class classification model had an accuracy of 91.67%, while the PR indicator class classification model had an accuracy of 83.33%. Since the average fouling rate in the monthly and annual scales was above 90%, while those of the PR were around 70%, a study is recommended to determine the origin of the losses in the plant. It is also suggested that a model be developed to determine the impact of ambient temperature, PV module temperature, and wind speed on of electric power production.

Keywords: Electrical energy, K-Means, K-NN, performance ratio, soiling rate.

Introducción

En la sociedad actual, el uso de la energía eléctrica es tan común que cuesta imaginarse un mundo sin energía eléctrica. Desde finales del siglo XIX hasta el presente se han desarrollado distintas tecnologías para la producción de electricidad y, poco a poco, la tendencia ha sido utilizar fuentes de energía cada vez menos contaminantes y que minimicen el impacto ambiental debido a su uso. En ese sentido han surgido distintas tecnologías para captar energía desde fuentes renovables, entre ellas se encuentran aquellas provenientes del sol. Usualmente se utilizan dos formas para captar esta energía solar, una es el método indirecto en el que esta energía se aprovecha para calentar un fluido, convertirlo a vapor, y hacer que mueva una turbina conectada a través de su eje con un generador eléctrico. El otro método es el directo, llamado sistema solar fotovoltaico y, según Yahyaoui (2018), este sistema “convierte la radiación solar en electricidad de manera directa”, mediante el uso de celdas solares.

De acuerdo con ABB (2019), los sistemas de generación eléctrica del tipo solar fotovoltaico tienen como elemento principal el arreglo de paneles solares, a través del cual se genera energía eléctrica en corriente continua. Debido a que la mayoría de las cargas eléctricas consumen corriente alterna, o porque el sistema solar fotovoltaico se vaya a conectar a la red eléctrica externa en corriente alterna, la salida del arreglo de paneles debe conectarse a un inversor para transformar la energía de corriente continua a corriente alterna. Adicionalmente, podría poseer otros componentes tales como: reguladores de carga, contadores, transformadores, entre otros.

Ahora bien, tal como cualquier sistema de producción de energía, este tipo de sistemas requiere ser monitoreado, tomando las mediciones necesarias para determinar las pérdidas del sistema (Asolmex, 2018), y aplicando distintos indicadores, para de esta manera determinar y evaluar su desempeño. En ese sentido, el objetivo de esta investigación consiste en presentar y aplicar una metodología para evaluar plantas solares fotovoltaicas a través del uso de la ciencia de datos y los indicadores claves propuestos en la normativa vigente. Específicamente, en la etapa de modelación del proceso de ciencia de datos, se trabaja con el algoritmo de

agrupamiento K-Means para generar clústers de registros de datos con características similares asociadas a la tasa de desempeño de la planta (PR: Performance Ratio), y a la energía eléctrica producida por la planta. Además, se aplica el algoritmo de clasificación K-NN para predecir el rango de valores de la tasa de desempeño y de la energía eléctrica producida.

En la revisión del estado del arte se encontraron varias investigaciones relacionadas con el tema de este trabajo, la mayoría con plantas solares fotovoltaicas en el orden de los megavatios. Por ejemplo, Verma et al. (2021) desarrollan la evaluación de desempeño de tres plantas solares fotovoltaicas ubicadas en regiones semiáridas con climas secos y cálidos, y ofrecen sugerencias para mejorar su eficiencia. Compararon los valores de desempeño obtenidos con valores simulados y observaron un mejor desempeño durante los meses de marzo, abril, y mayo. Sugieren mantener un proceso de limpieza de polvo frecuente mientras esté operativa la planta.

Así también, en la investigación de Tackie & Cemal (2022) se realiza la evaluación de desempeño y estudios de viabilidad de una planta solar fotovoltaica ubicada en el norte de Chipre. Además del indicador tasa de desempeño PR, utilizan la eficiencia específica, el factor de planta FC, e indicadores de inversión. Como resultado obtienen una tasa de desempeño del 85,77%, un factor de planta de 17,71%, y que la producción de energía aumentaría un 27,88% si se instalara en la planta un sistema de seguimiento.

En su investigación, Veerendra et al. (2022) realizan la evaluación de desempeño de una planta solar de 1,1 MW, ubicada en Louisiana, con distintos tipos de tecnologías de paneles solares, utilizando los indicadores PR, FC, y eficiencia del sistema. Concluyen que el sector de la planta con paneles de seleniuro de cobre, indio y galio (CIGS) tiene una mejor PR de 79% en comparación con el sector con paneles de silicio monocristalino y el silicio policristalino, que tienen PR de 77% y 73%, respectivamente.

Asimismo, Romero et al. (2019) realizan un análisis de desempeño de plantas con distintas tecnologías de paneles solares. Una planta de 3,3 kWp con paneles de silicio monocristalino ubicada en Arequipa, otra de 3,3 kWp también con paneles de silicio monocristalino situada en Tacna, una de 3 kWp con paneles de silicio policristalino localizada en Lima, y una última planta de 3,5 kWp con paneles con hetero unión de silicio amorfo/silicio cristalino ubicada también en Lima. Los rendimientos finales anuales obtenidos se encuentran entre 1770 y 1992 kWh/kW, entre 1505 y 1540 kWh/kW y entre 736 y 833 kWh/kW para Arequipa, Tacna y Lima, respectivamente, mientras que el rendimiento energético anual del conjunto fotovoltaico alcanzado por la planta con hetero unión es 1338 kWh/kW. El PR anual se mantiene en torno a 0,83 para las plantas en Arequipa y Tacna mientras que este parámetro oscila entre 70% y 77% para la planta de silicio monocristalino en Lima, y un valor de 97% para la segunda planta ubicada en Lima.

De igual manera, Nugroho y Sudiarto (2020) desarrollaron un estudio para evaluar una planta solar fotovoltaica en Indonesia empleando los datos del sistema de adquisición de datos desde marzo del 2016 hasta diciembre del 2019 para calcular el indicador PR diario, para el que obtuvieron valores entre 70% y 90%. Por otra parte, Vasisht et al. (2016) analizan el desempeño de una planta solar ubicada en el techo de una universidad en la India y determinan los efectos estacionales en la producción de energía eléctrica. Utilizan los indicadores de PR y FC para la evaluación de la planta y obtienen un FC del 16,5% y un PR de alrededor del 85%, pero adicionalmente determinan que el PR de la planta está correlacionado con la temperatura en las distintas épocas del año.

León-Ospina et al. (2023) desarrollan la evaluación del desempeño de proyectos fotovoltaicos ubicados en Latinoamérica, pero utilizando indicadores económicos-financieros. Por último, Ahire et al. (2018) realizaron el análisis de desempeño de una planta solar fotovoltaica de 10 kWp, usando un software de simulación de sistemas fotovoltaicos. Utilizan como principal indicador el PR, para el cual se obtuvieron valores mensuales alrededor del 78%.

El resto del artículo se distribuye de la siguiente manera. La sección 2 corresponde a la presentación de la metodología utilizada, en la sección 3 se presentan y discuten los resultados obtenidos y, finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones que se derivan de la presente investigación.

Materiales y Métodos

Para la evaluación de desempeño de plantas solares, se han propuesto una serie de indicadores clave típicos; tales como el rendimiento de referencia, el rendimiento específico y la relación de desempeño. Estos indicadores clave de desempeño fueron propuestos por la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC por sus siglas en inglés) en su documento de especificaciones técnicas para el desempeño de sistemas fotovoltaicos (IEC, 2016). En cuanto a la relación de desempeño, este representó el nivel de calidad de una planta solar fotovoltaica para un período de tiempo determinado, y se obtiene de la división entre el rendimiento específico y el rendimiento de referencia, obtenidos para dicho período. Adicionalmente, se consideraron importantes los valores de energía eléctrica AC a la salida de la planta, los valores de irradiancia solar, la tasa de ensuciamiento de la planta, así como las variables climáticas de temperatura ambiente y velocidad del viento.

La metodología propuesta en esta investigación consistió en tomar los datos del sistema de adquisición de datos de la planta solar fotovoltaica para evaluar la planta de acuerdo con los indicadores mencionados en el párrafo anterior, aplicando los pasos o etapas de un proceso de ciencia de datos presentados por Cielen et. al. (2016). En ese sentido, la Ciencia de Datos no es más que el uso de técnicas especializadas para el análisis de grandes cantidades de datos con el fin de extraer conocimientos significativos de ellos. Entonces, en primer lugar, se fijaron los objetivos de la investigación, acción que requiere un conocimiento adecuado del negocio, en este caso, del funcionamiento y operación de las plantas solares fotovoltaicas. Seguidamente, se obtuvieron los datos necesarios para llevar a cabo la investigación. Los datos requeridos para obtener los indicadores de desempeño, así como la energía eléctrica de salida, y las variables climáticas provienen del sistema de medición que normalmente se instala en la planta solar fotovoltaica, lo que permitió hacer el seguimiento correspondiente. Como tercer paso estuvo la preparación de los datos, el cual incluyó la corrección de datos faltantes, datos duplicados, y/o datos atípicos. Además, se requirió de la transformación de datos, o la combinación de estos. Por ejemplo, con las mediciones básicas de irradiancia y potencia eléctrica ac, se podrían obtener las variables necesarias para calcular los datos de energía eléctrica y la tasa de desempeño de la planta.

El siguiente paso consistió en desarrollar un análisis exploratorio de los datos, utilizando técnicas analíticas estadísticas, así como también, técnicas gráficas. Fueron de interés, por ejemplo, las curvas horarias, diarias, y mensuales de generación de energía, así como las curvas mensuales y anuales de la tasa de desempeño, y las curvas de la tasa de ensuciamiento. Entonces, hasta este punto de la metodología se pudo tener suficiente conocimiento de la instalación fotovoltaica y sus datos, como para seleccionar y aplicar los algoritmos de aprendizaje automático adecuados, y así generar los modelos que permitan el alcance de los objetivos. En esta etapa de modelación, se ejecutaron, evaluaron y compararon

los distintos modelos, y los resultados obtenidos se utilizaron para la etapa final de toma de decisiones.

Por lo general, los pasos del proceso de ciencia de datos no se aplican de manera lineal. En algunas aplicaciones será necesario sólo aplicar hasta el análisis exploratorio de los datos para lograr el conocimiento deseado, y no requerirse la etapa de modelación. Asimismo, en algunas ocasiones, pudiera haber necesidad de volver a etapas anteriores desde cualquier punto para obtener mejores datos, si los resultados obtenidos hasta ese momento así lo ameritan, o desde la modelación hacia el análisis exploratorio, entre otras posibilidades. En esta investigación se aplican todas las etapas del proceso desde el establecimiento del objetivo de investigación hasta la modelación de los datos para la toma de decisiones. Es así como, en esta sección se presenta la etapa de obtención de los datos, y la etapa de preparación de los datos, mientras que las restantes etapas se presentan en la siguiente sección de la investigación.

Obtención de los datos

Los datos utilizados en esta investigación provinieron del Laboratorio Nacional de Energías Renovables de los Estados Unidos (NREL por sus siglas en inglés). Específicamente, se tomaron de la página web del conjunto de datos públicos del sistema de adquisición de datos del NREL (PVDAQ, 2023). La información corresponde al sistema de adquisición de datos de las instalaciones fotovoltaicas del NREL ubicadas en Colorado, Estados Unidos. La planta está compuesta de cinco paneles solares de mono silicio, de 200 vatios pico cada uno (SolarDesignTool, 2023), en un montaje fijo, con 40° de inclinación, y ángulo azimut de 180°. Los datos corresponden a mediciones minutas de potencia de salida de la planta (“ac_power”), en vatios, temperatura ambiente (“ambient_temp”) en grados Celsius, irradiancia (“poa_irradiance”) en vatios por metro cuadrado, velocidad del viento en metros por segundo (“wind_speed”), y tasa de ensuciamiento (“soiling”). Las mediciones minutas iniciaron el 25 de febrero del 2010 y culminaron el 13 de diciembre del 2016, para un total de 1.558.875 filas (registros o instancias).

Preparación de los datos

En esta etapa, se aplicaron las técnicas sugeridas por McKinney (2018), las cuales incluyen revisión de los datos con el fin de detectar posibles datos faltantes o filas duplicadas, transformación de datos, combinación de columnas de datos, y verificación del formato adecuado para las distintas variables. Se puede decir que no se detectaron filas duplicadas. Sin embargo, se detectaron siete (7) datos faltantes en la variable de temperatura ambiente (“ambient_temp”), y 17.362 datos faltantes en la variable de velocidad del viento (“wind_speed”). Los datos faltantes de temperatura corresponden a menos del 0,01% de las filas totales, mientras que los de velocidad corresponden a aproximadamente el 1,11% de las filas totales y, no obstante, al ser porcentajes bajos, se optó por imputarlos con el valor medio de los tres datos más cercanos al dato faltante.

Adicionalmente, se crearon nuevas columnas de datos, correspondientes a nuevas variables. A partir de la columna de la fecha, se elaboraron columnas correspondientes al año, mes, día y hora de lectura de los datos. De igual manera, a partir de la columna de potencia, se elaboró la columna de energía, y a partir de la columna de irradiancia, se creó la de irradiación.

Se pudo detectar que para el año 2010, no existían registros para los meses de enero, septiembre y octubre, lo que podría perturbar los resultados del análisis exploratorio. En consecuencia, se eliminaron los datos del año 2010, y se hizo el análisis exploratorio con los datos de los restantes años, es decir, desde el año 2011 hasta el año 2016.

Resultados y Discusión

En esta sección se presentan los resultados obtenidos al desarrollar las etapas de análisis exploratorio de los datos, y de modelación de los datos.

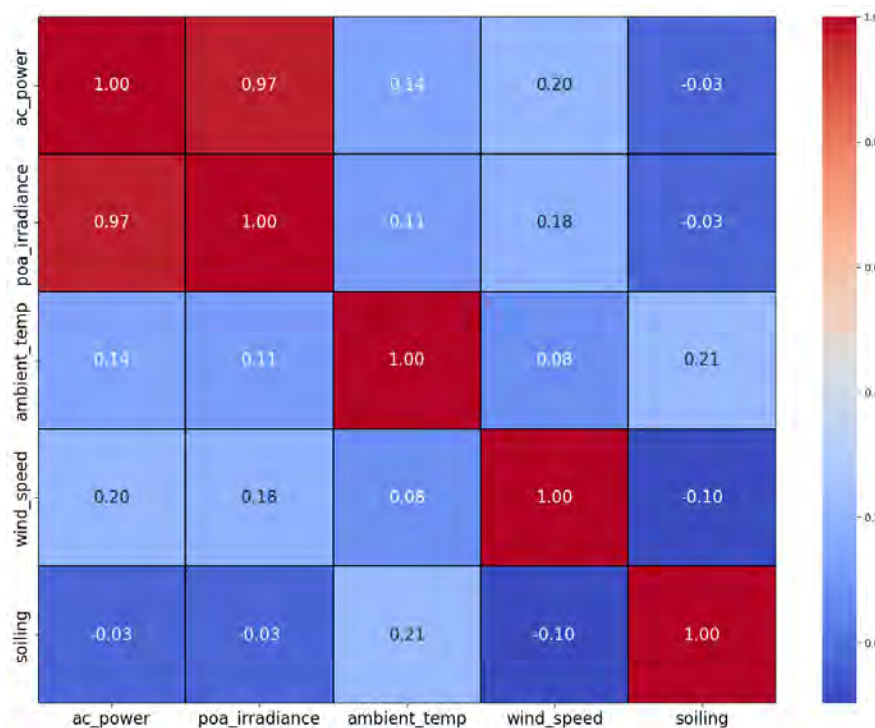
Análisis exploratorio de los datos

Luego de la preparación de los datos quedó un conjunto de datos de lecturas minutales con 1.429.678 registros (filas), y 12 variables (columnas). Se hizo un análisis de correlación entre las variables, pero sin incluir las variables temporales ni las variables calculadas. Se consideró el método tradicional de Pearson, pero también el método de Spearman, y el de Kendall, ya que de acuerdo con Amat (2023), el coeficiente de Pearson aplica para datos que están normalmente distribuidos, mientras que los otros dos métodos, estadístico Rho de Spearman o el estadístico Tau de Kendall, son convenientes cuando los datos no siguen distribución alguna. En esta investigación los resultados fueron similares al comparar los tres métodos, por lo cual, en la Figura 1 se presentan para el caso tradicional de Pearson.

Los valores de correlación varían entre 0 y 1, mientras más cerca de 1 significa que el par de variables están altamente correlacionadas entre sí, pero si el valor se acerca a 0, representa que la correlación entre las variables es baja. Entonces, en la Figura 1 se puede ver que la irradiancia y la potencia eléctrica ac están altamente correlacionadas en sentido positivo, es decir, cuando una varía su valor, la otra variable también varía en el mismo sentido y casi con la misma magnitud. No se observa algún otro par de variables con valores de correlación significativos, puesto que, según lo que indica Ratner (2017), si los valores absolutos de correlación varían entre 0 y 0,3 hay una relación débil entre las variables, si está entre 0,3 y 0,7 la relación es moderada, y si se encuentra entre 0,7 y 1, la relación es fuerte.

Figura 1

Matriz de correlación del conjunto de datos



Seguidamente se desarrolló un resumen estadístico descriptivo de los datos minutales, correspondientes a un total de 1.429.678 registros o filas, sin considerar las variables temporales. Esta información se presenta en la Tabla 1, en la que se puede observar que a

excepción de la tasa de ensuciamiento (“soiling”), todas las demás variables tuvieron una alta variabilidad con respecto a su valor medio. También se puede ver, que todas las variables presentan un valor medio relativamente cercano a su mediana.

Tabla 1

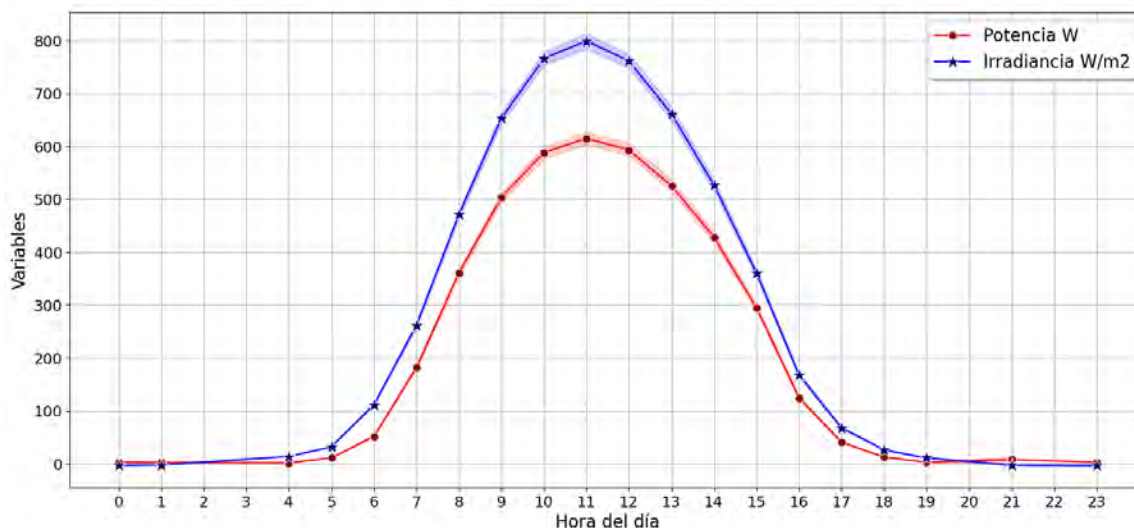
Resumen descriptivo del conjunto de datos

Parámetro	ac_power	poa_irradiance	ambient_temp	wind_speed	soiling	ac_energy	irradiation
Media	374,88	483,55	15,52	1,77	0,96	6,25	8,06
DesvStd	301,26	368,68	9,79	1,20	0,04	5,02	6,14
Mínimo	-1,68	-8,36	-25,31	-0,11	0,76	-0,03	-0,14
1er. Cuartil	82,70	136,97	8,51	0,94	0,94	1,38	2,28
Mediana	314,67	406,62	16,28	1,51	0,98	5,24	6,78
3er. Cuartil	666,12	832,32	23,23	2,30	0,99	11,10	13,87
Máximo	1210,80	1646,61	68,57	14,65	1,00	20,18	27,44

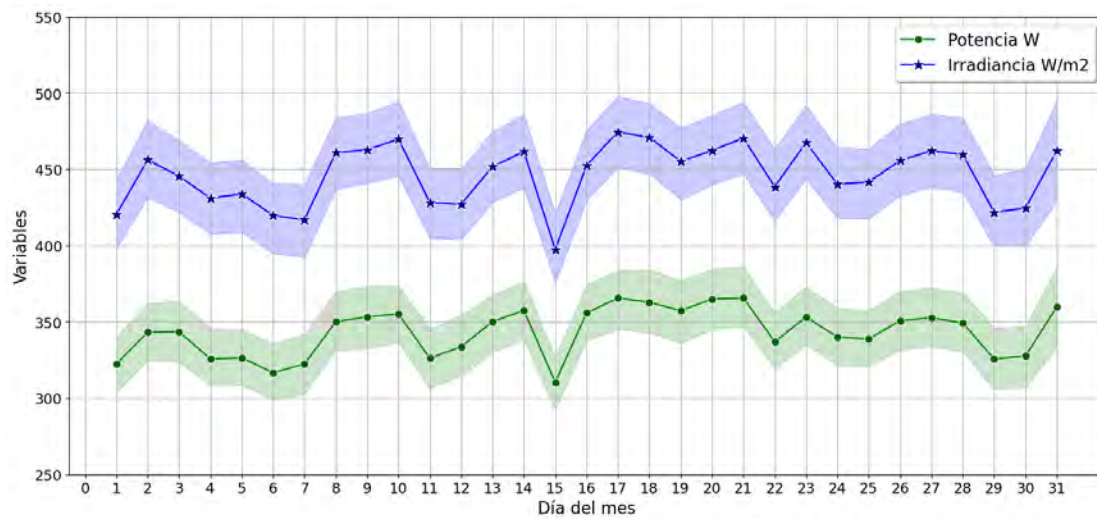
Posteriormente, se desarrollaron curvas temporales con los valores promedios de la irradiancia en la planta, así como de la potencia AC generada. En la Figura 2 se presenta la curva horaria de irradiancia y de potencia AC, y de la misma se puede ver que tanto la irradiancia como la potencia tienen sus valores máximos alrededor de las 11 am, y la generación de potencia eléctrica ocurre principalmente entre las 6 am y las 5 pm. Lo anterior implica que la energía eléctrica entregada estará disponible durante ese mismo período del día. En cada punto de la curva se presenta el intervalo de confianza respectivo, siendo la línea continua el valor promedio, y la parte sombreada son las bandas del intervalo de confianza.

Figura 2

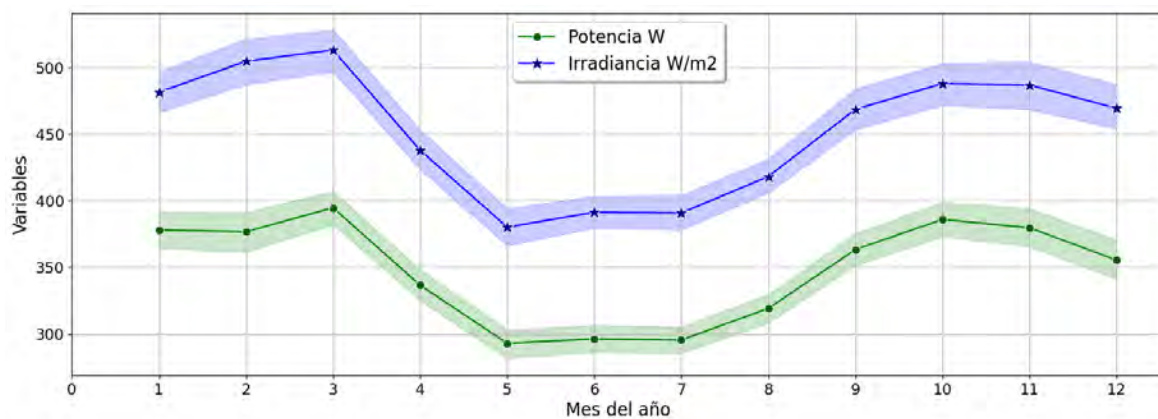
Curva horaria de irradiancia y potencia generada AC



En la Figura 3 se presenta la curva diaria de los valores promedios de irradiancia y potencia AC, con sus respectivos intervalos de confianza. Se puede ver que el valor promedio diario de la potencia se encuentra entre un valor superior a 300 W, pero menor a 375 W, siendo su valor mínimo el del día 15, y su valor máximo el del día 21. También se observa que la forma de curva de irradiancia es aproximadamente igual a la de la potencia, lo que confirma los resultados obtenidos en el análisis de correlación.

Figura 3*Curva diaria de irradiancia y potencia generada AC*

El comportamiento de los valores promedio de estas mismas variables, pero ahora en una escala temporal mensual se presenta en la Figura 4. Se puede notar que los valores promedio máximos de irradiancia y potencia ocurrieron entre los meses de octubre y marzo, luego disminuyeron para obtener los valores mínimos entre los meses de mayo a julio. Los restantes meses fueron de transición.

Figura 4*Curva mensual de irradiancia y potencia generada AC*

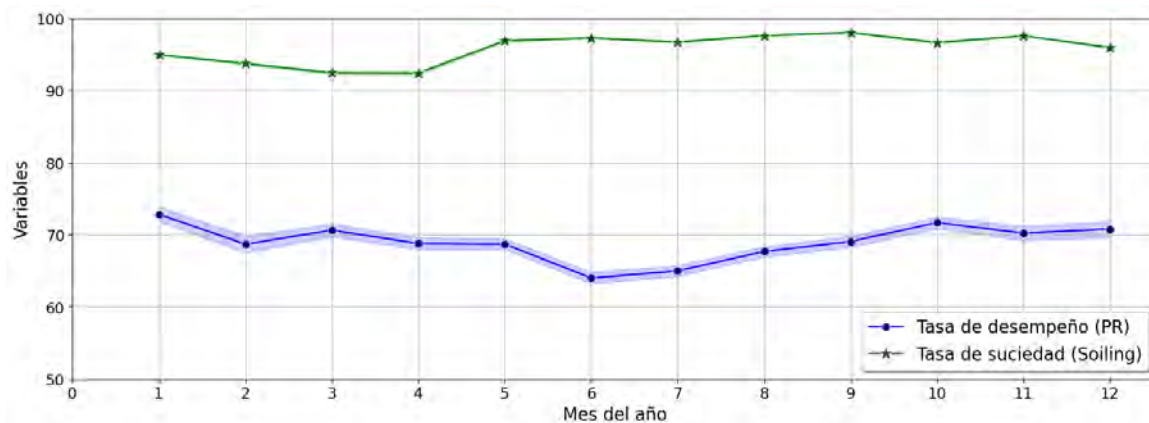
Ahora bien, utilizando los datos de la columna de energía eléctrica, se calculan los datos para crear la columna del rendimiento específico (RendEsp), mientras que, con los datos de la columna de radiación, se calculan los datos para obtener la de rendimiento de referencia (RendRef). Posteriormente, con los datos de las columnas de rendimiento específico y rendimiento de referencia, se obtienen los datos para crear la columna de tasa de desempeño PR, el cual es uno de los indicadores utilizados para evaluar las plantas solares fotovoltaicas. Todos estos indicadores fueron obtenidos aplicando las ecuaciones presentadas en IEC (2016).

En la Figura 5 se presentan las curvas mensuales de los indicadores clave de desempeño de la planta solar. Se puede ver que la tasa de ensuciamiento (*soiling rate*) es alta y siempre mayor al 90% lo cual indica que la planta prácticamente no tiene pérdidas, para cada uno de los meses del año, pues según lo que se indica en Cordero et al. (2018), la tasa de ensuciamiento

es igual a la relación entre la potencia de salida de los módulos cuando están sucios y la potencia de salida de los módulos cuando están limpios. Sin embargo, la tasa de desempeño es siempre mayor al 60% pero menor al 75%, lo cual evidencia un nivel de pérdidas en la planta que es relativamente alto, pero cuyo origen es diferente al nivel de ensuciamiento. Distintas razones, diferentes al soiling pueden causar disminución de PR, entre las esperadas se encuentran: la degradación del módulo solar, derrateo de potencia en inversores, entre otras. Según el NREL, en un estudio desarrollado en el año 2013, los paneles solares de silicio sufren una tasa promedio de degradación del 0,8% anual, con una mediana del 0,5% anual (Jordan & Kurtz, 2012).

Figura 5

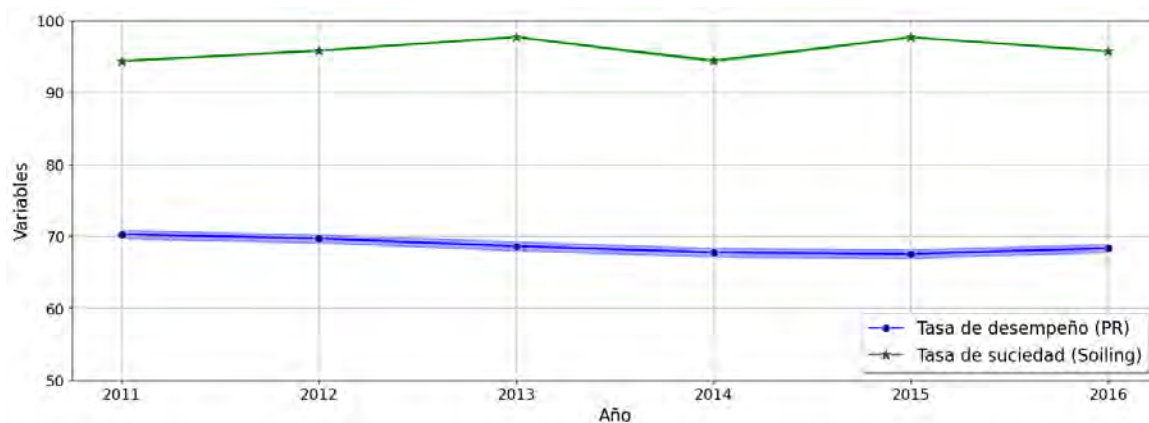
Curva mensual de PR y Soiling de la planta solar



El comportamiento de estos indicadores también se grafica en una escala anual, tal como se presenta en la Figura 6. Se puede ver que los valores promedio de la tasa anual de ensuciamiento siguen siendo altos, por lo que, las pérdidas razón serían notablemente bajas. En cuanto a la tasa de desempeño, esta inició con alrededor de 70% en el año 2011, se mantuvo en el año 2012, pero luego cayó, y quedó por debajo del 70% por el resto del período de estudio. Esta caída de la tasa de desempeño, con valores altos de tasa de ensuciamiento (bajo nivel de suciedad), podría explicarse con la posible degradación de los distintos elementos que conforman la planta solar, entre otras razones posibles.

Figura 6

Curva anual de PR y Soiling de la planta solar



Modelación de los datos

En esta sección se discuten los resultados obtenidos luego de usar los algoritmos de aprendizaje automático a los datos, y obtener los respectivos modelos. Se agruparon los datos en clústers al aplicar el algoritmo de agrupamiento K-Means, adicionalmente, se generaron modelos de predicción de clases al emplear el algoritmo de K vecinos más cercanos K-NN.

Aplicación del algoritmo K-Means

El algoritmo para agrupamiento o clustering de datos K-Means es un algoritmo de aprendizaje automático de tipo no supervisado, a través del cual, se definen grupos o clústers de manera tal que cada elemento en un grupo específico presente una desviación mínima con respecto a los restantes elementos del grupo. Según lo planteado en Igual et al. (2017), el agrupamiento por K-Means consiste en juntar elementos que sean parecidos entre sí. Cuando exista más de un grupo para un conjunto de datos, los elementos de un mismo grupo o clúster deben ser parecidos entre sí, y los elementos de grupos diferentes deben tener características diversas entre sí.

Para este algoritmo, el hiperparámetro corresponde al número de clústers, el cual lo debe definir el analista. Se han diseñado distintas técnicas para encontrar su valor óptimo. Umargono et al. (2019) plantean que el “método del codo” es adecuado para definir el número de clústers K, este es un método gráfico que consiste en determinar en una gráfica de inercia vs. número de clústers, cuál es el número de clústers para el cual se observa la reducción más drástica de la inercia. Por su parte, Russano et al. (2020) consideran que la inercia es una métrica que se utiliza regularmente para obtener el valor óptimo de K, y explican que esta métrica no es más que el cuadrado de la distancia euclidiana entre cada punto del clúster y su centroide.

En la práctica, se ha demostrado que esta técnica funciona bien, pero en otros casos no es así, por lo que, se utilizan otros métodos. Un método muy popular consiste en seleccionar el número de clústers que maximiza la métrica silhouette. En Yuan y Yang (2019) indican que la métrica silhouette combina los factores de cohesión y separación. El factor de cohesión representa la similitud del elemento y los otros elementos de su clúster, mientras que el factor de separación revela que tan diferente es el elemento cuando se compara con los de otros clústers.

En esta investigación, para la aplicación del algoritmo K-Means se utilizan los datos horarios (26.172 registros) y se aplican las dos técnicas para la determinación del número óptimo de clústers. Previamente, se crean columnas adicionales en el conjunto de datos correspondientes al rango de valores de la potencia generada (cuatro clases), y al rango de valores de la tasa de desempeño (tres clases).

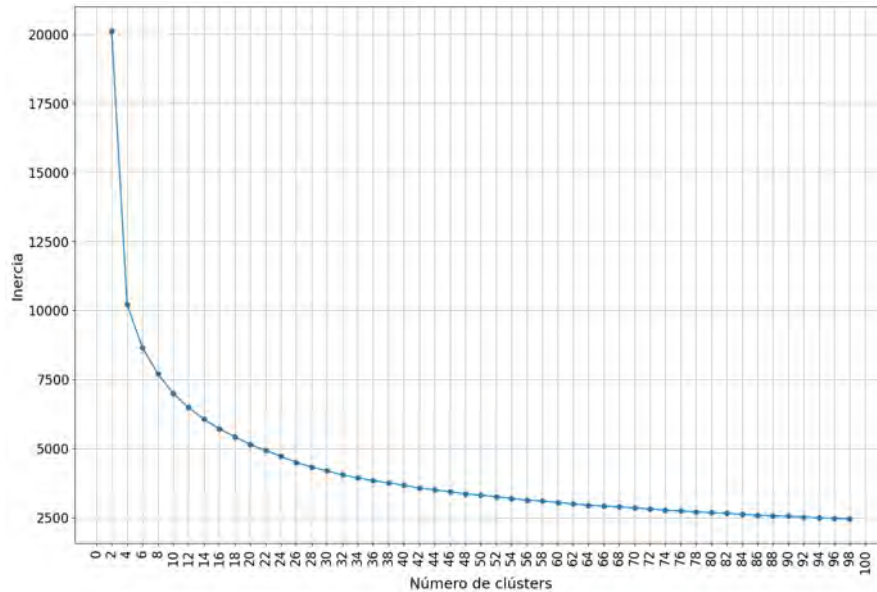
Al aplicar las dos técnicas para obtener el valor óptimo de K, y considerando el rango de valores de la potencia AC, el resultado obtenido fue igual a cuatro para ambas técnicas. En la Figura 7 se presenta la gráfica de número de clústers K vs. Inercia, en la cual puede observar claramente que la inercia sufre una variación drástica justo cuando el número de clústers es igual a cuatro.

Entonces, aplicando el algoritmo de K-Means, se obtienen entonces cuatro grupos o clústers. El primer clúster tiene 12.169 registros, el segundo 5.459 registros, el tercero 5.341 registros, y el cuarto 3.203 registros. Los elementos de estos clústers se diferencian entre sí sólo por el rango de potencia AC al que pertenecen, y también por la hora del día al que pertenece el registro respectivo. Por ejemplo, el primer clúster tiene registros asociados a 20

de las 24 horas del día, el segundo tiene registros con horas que van desde las 8 am hasta las 3 pm, el tercer clúster presenta registros desde 7 am hasta las 4 pm y, por último, el cuarto tiene sólo registros con horas entre las 9 am y las 2 pm.

Figura 7

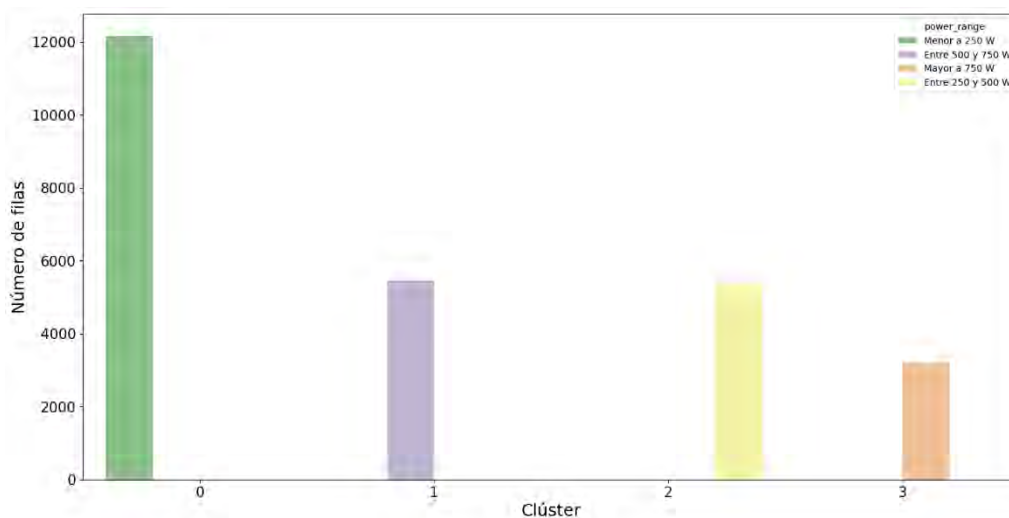
Determinación del K óptimo – Rango de potencia AC



En cuanto al rango de potencia AC, en la Figura 8 se presenta como fue su distribución con respecto a los clústers. Se puede ver que en el primer clúster solo hay registros cuya potencia AC es menor o igual a los 250 W, en el segundo se tienen registros cuya potencia AC está entre 500 W y 750 W, en el tercero se evidencian registros cuya potencia AC está entre 250 W y 500 W, mientras que en el cuarto se muestran registros cuya potencia AC es mayor a 750 W.

Figura 8

Clústers vs. Rango de potencia AC



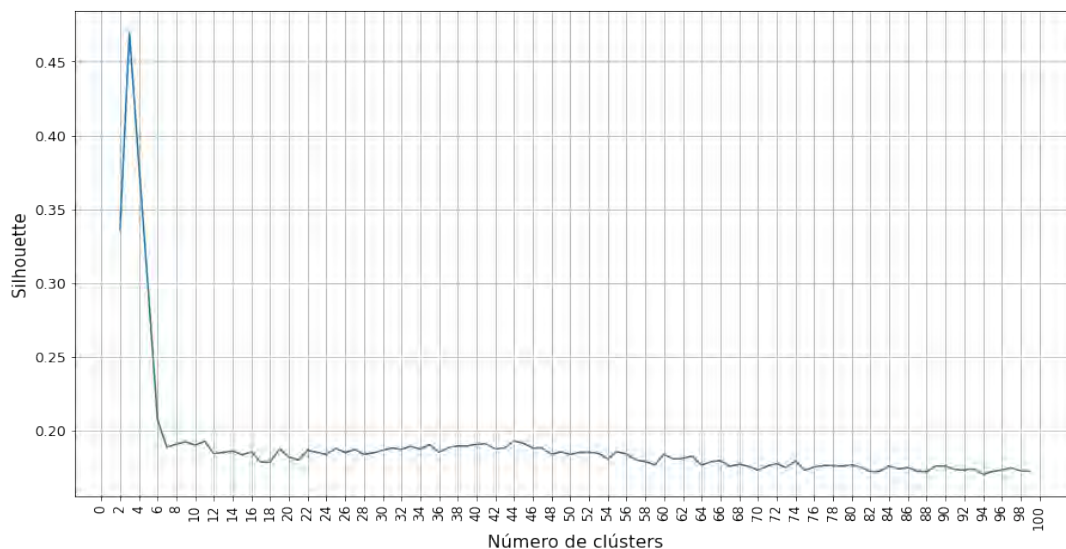
Es así que se deduce que la planta solar genera potencia AC mayor a 750 W, sólo entre las 9 am y las 2 pm del día, mientras que entre las 8 am y las 3 pm la potencia generada varía

entre 500 y 750 W. Asimismo, se obtuvo que para el segundo clúster se obtuvieron valores de la tasa de desempeño mayores o iguales al 70%, al igual que para el cuarto clúster.

Posteriormente, se repite el procedimiento, pero considerando para la aplicación del algoritmo el rango de valores de la tasa de desempeño (tres clases). Al aplicar las dos técnicas para obtener el valor óptimo de K, el resultado fue igual a cuatro para la técnica que usa la métrica inercia, y fue igual a tres para la técnica que usa la métrica silhouette. En la Figura 9 se presenta el resultado con la métrica silhouette, aquí el valor máximo ocurre cuando el número de clústers es igual a tres.

Figura 9

Determinación del K óptimo – Rango de tasa de desempeño



Por lo tanto, se aplica nuevamente el algoritmo K-Means, considerando tres grupos o clústers y al rango de valores de la tasa de desempeño. En esta oportunidad, se tienen 8.204 registros en el primer clúster, 9.801 registros en el segundo, y 8.167 en el tercero o. Los elementos de distintos clústers se diferencian entre sí sólo por la hora del día del registro, y por la clase del rango de la tasa de desempeño a la que pertenece el registro correspondiente. El primer clúster tiene registros con horas que van desde las 4 am hasta las 7 pm, además con una tasa de desempeño menor o igual a 70%. De igual forma, el segundo clúster evidencia registros con horas especialmente desde las 7 am hasta las 3 pm y valores de tasa de desempeño mayores a 80%. Finalmente, en el tercer clúster se presentan registros con horas entre las 4 am y las 7 pm, y tasas de desempeño entre 70% y 80%. Adicionalmente, en el primer clúster hay valores, principalmente, de potencia AC menores a 250 W, mientras que para los otros dos clústers hay amplia variedad en los valores de potencia AC.

Aplicación del algoritmo K-NN

El algoritmo K-NN, o de los K vecinos más cercanos, es del tipo supervisado para clasificación. Uno de sus principales usos es predecir la clase o categoría de un set de datos a partir de un grupo de variables predictoras. Algunos autores como Lee (2019), consideran que este es uno de los algoritmos más simples al compararse con los otros algoritmos de aprendizaje supervisado para clasificación. Su principio de funcionamiento consiste en contrastar la distancia entre cada registro de referencia y las otras instancias del set de entrenamiento, seleccionando los K vecinos más cercanos a ellos.

Para desarrollar el modelo, en primer lugar, se debe definir el número de vecinos K , el cual es el hiperparámetro para este algoritmo. El procedimiento para obtenerlo consiste en seleccionar el valor de K que maximiza alguna métrica de desempeño. La métrica más utilizada para este fin es la exactitud (accuracy), puesto que, para un modelo de clasificación, Fenner (2020) indica que nos da “el porcentaje de respuestas que coinciden con la variable objetivo”.

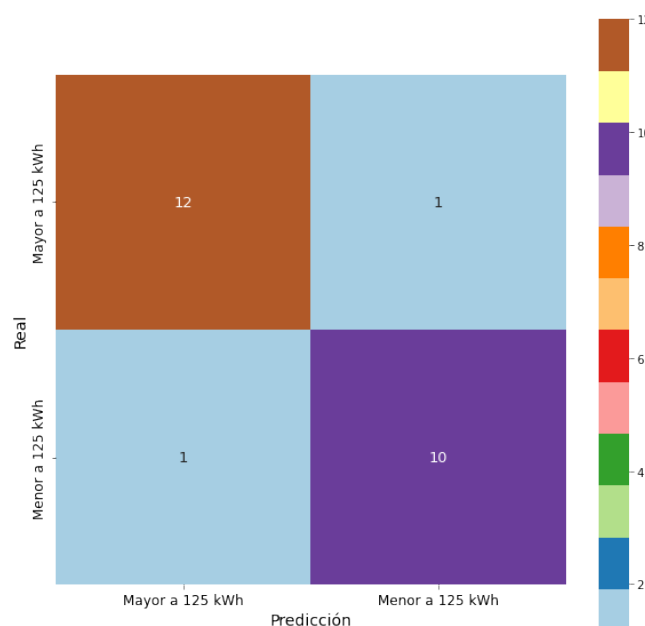
En este trabajo se aplicó el algoritmo en dos partes. Se consideran los datos mensuales desde marzo del 2010 (sin considerar agosto y septiembre de ese año) hasta noviembre del 2016 (para un total de 79 registros) y así generar un modelo que permitió predecir si la energía eléctrica producida estará por debajo o por encima del valor promedio de energía de los datos del período de estudio. De igual manera, se utilizaron estos datos para generar un modelo que posibilitó predecir si los valores de la tasa de desempeño de la planta estaban por debajo o por encima de su valor promedio.

Para la primera parte se tuvo como variables predictoras a la temperatura ambiente, la irradiancia, la tasa de ensuciamiento, y la velocidad del viento. Como variable objetivo se consideró a la clase de la energía eléctrica generada, por encima de 125 kWh (valor medio) o por debajo de 125 kWh. El valor óptimo del número de vecinos más cercanos K resultó para este caso igual a 15, el cual se utilizó para aplicar el algoritmo. Seguidamente, los 79 registros del conjunto de datos mensuales se dividieron en dos partes: el 70% (55 registros) para el set de entrenamiento que permitió la generación del modelo, y el 30% (24 registros) para el set de prueba que facilitó la evaluación del modelo obtenido.

Este modelo tuvo una exactitud del 91,67%, la cual es bastante alta, pero otra herramienta que usualmente se utiliza para mostrar el resultado de la evaluación del modelo de clasificación es la matriz de confusión, que es una matriz cuadrada cuya longitud de sus lados es igual al número de clases o categorías de la variable objetivo. Las celdas de la matriz tienen la siguiente información: los verdaderos negativos y los verdaderos positivos en la diagonal principal, y los falsos negativos y los falsos positivos en las otras celdas. Para este caso, ya que se tuvieron sólo dos categorías, se obtuvo una matriz de 2×2 . La matriz de confusión obtenida, para los 24 registros del set de prueba, se presenta en la Figura 10.

Figura 10

Matriz de confusión – Energía eléctrica



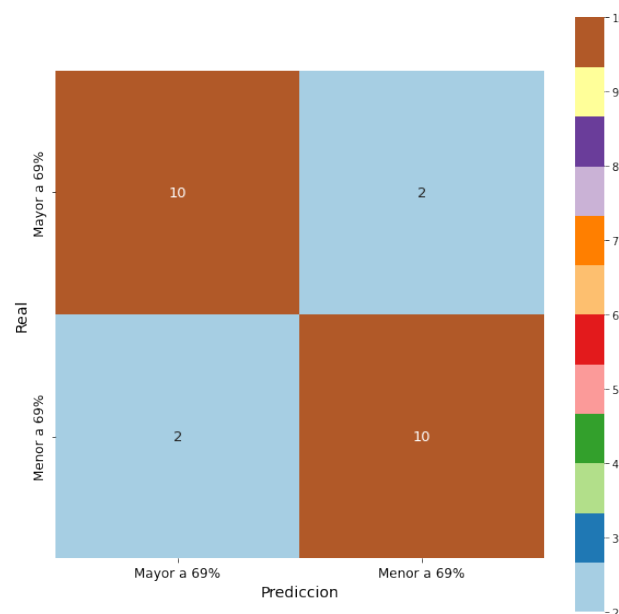
De la matriz de confusión se puede observar que del set de prueba se tuvo trece registros reales con energía eléctrica mensual mayor o igual a 125 kWh, y el modelo clasificó correctamente doce de ellos. Por otra parte, dicho set de prueba generó once registros reales con energía eléctrica mensual menor a 125 kWh, y el modelo clasificó correctamente diez de esos registros.

Posteriormente, para el segundo modelo se obtuvieron como variables predictoras a la potencia AC generada, la temperatura ambiente, la irradiancia, la tasa de ensuciamiento, y la velocidad del viento. Como variable objetivo se tuvo a la clase de la tasa de desempeño de la planta por encima del 69% (valor medio) o por debajo del 69%. El valor óptimo del número de vecinos más cercanos K resultó para este caso igual a 5, y este valor es el que se utiliza para aplicar el algoritmo. Al igual que en el caso anterior, los 79 registros del conjunto de datos mensuales se dividieron en dos partes: el 70% (55 registros) para el set de entrenamiento que permitió la generación del modelo, y el 30% (24 registros) para el set de prueba que facilitó la evaluación del modelo obtenido. En este caso, el modelo obtenido tuvo una exactitud del 83,33% en el conjunto de prueba.

La matriz de confusión de este modelo, para los 24 registros del set de prueba, se presenta en la Figura 11. Se puede notar que el set de prueba consta de doce registros reales con tasa de desempeño mayor a 69%, y el modelo clasificó diez de estos registros de manera correcta. De igual forma, el set de prueba constó también de doce registros reales, y el modelo organizó de manera correcta diez de los registros.

Figura 11

Matriz de confusión – Tasa de desempeño de la planta



Conclusiones

Del análisis de correlación, con los datos minutales, se pudo observar una relación lineal alta entre el nivel de irradiancia capturada por la instalación y la potencia AC generada. Este resultado fue confirmado con las gráficas temporales de irradiancia y potencia, en las escalas horaria, diaria y mensual, en las que se observó un comportamiento similar de ambas variables.

La tasa de ensuciamiento (*soiling rate*) promedio mensual es superior al 90% para todos los meses del año, lo cual demostró que las pérdidas por ensuciamiento en la planta son notablemente bajas y, por lo tanto, no tienen efecto alguno en la producción de energía eléctrica. Este resultado se repitió cuando se hizo el análisis en la escala anual. Por otra parte, la tasa de desempeño promedio mensual se movió alrededor del 70%, con valores mínimos del 65% para los meses de junio y julio. Mientras que, en la escala anual, la tasa de desempeño también se osciló desde un máximo de 70% para el primer año de estudio (2011), y luego una tendencia a la baja a partir del año 2012.

Cuando se consideró a la potencia AC generada dentro de los datos de entrenamiento, el algoritmo K-Means generó grupos donde los mayores niveles de potencia se suscitaron entre las 9 am y las 2 pm, junto con una tasa de desempeño superior al 70%. De igual forma, se obtuvo un clúster con registros entre las 8 am y las 3 pm, con niveles de potencia relativamente alto (entre 500 y 750 W), con tasa de desempeño superior al 70%. Los registros con menor potencia generada también tuvieron baja tasa de desempeño (menor al 70%).

Al considerar a la tasa de desempeño de la planta dentro del conjunto de datos de entrenamiento del modelo, con el algoritmo K-Means, se obtuvo un clúster con registros con horas desde las 7 am hasta las 3 pm, valores de tasa de desempeño mayores a 80%, y valores de potencia generada mayoritariamente superiores a 500 W. En contraste, se tuvo un clúster con horas que van desde las 4 am hasta las 7 pm, con tasa de desempeño menores o igual a 70%, y potencia generada menor a los 250 W.

El modelo de predicción de la categoría de energía eléctrica generada tuvo una exactitud de casi el 92%, clasificando correctamente a 22 de los 24 registros del conjunto de prueba. Por otra parte, el modelo de predicción de la categoría de la tasa de desempeño de la planta tuvo una exactitud del 83%, categorizando correctamente a 20 de los 24 registros del conjunto de prueba.

Sería recomendable desarrollar un modelo de regresión lineal múltiple con los datos diarios de la energía eléctrica AC, y determinar cuál es el impacto de las variables climáticas de temperatura y velocidad del viento en la generación de energía eléctrica. Adicionalmente, se sugiere realizar un estudio sobre las causas de tener un PR relativamente bajo (alrededor del 70%), siendo que la tasa de ensuciamiento es relativamente alta (alrededor del 90%).

Referencias

- Ahire, N., Agrawal, A., & Sharma, D. (2018). Performance Analysis of PV Solar Power System. *IOSR Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 35-41. DOI: 10.9790/1676-1302013541.
- Amat Rodrigo, J. (15 de 02 de 2023). *Ciencia de Datos, Estadística, Machine Learning y Programación*. (Joaquin Amat Rodrigo) Recuperado el 01 de Diciembre de 2022, de <https://www.cienciadedatos.net/documentos/pystats05-correlacion-lineal-python.html>
- Asea Brown Boveri. (2019). *Technical Application Paper. Photovoltaic plants-Cutting edge technology. From sun to socket*. <https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=9AKK107492A3277&LanguageCode=en&DocumentPartId&Action=Launch>.
- Asociación Mexicana de Energía Solar. (2021). *Operación y Mantenimiento. Guía de Mejores Prácticas / Edición México*. <https://asolmex.org/2021/04/29/operacion-y-mantenimiento/>.
- Cielen, D., Meysman, A., & Ali, M. (2016). *Introducing Data Science*. Shelter Island, NY: Manning Publications Co.

- Cordero, R., Damiani, A., Laroze, D., MacDonell, S., Jorquera, J., Sepúlveda, E., . . . Torres, G. (2018). Effects of soiling on photovoltaic (PV) modules in the Atacama Desert. *Scientific Reports*, 1-14. DOI:10.1038/s41598-018-32291-8.
- Fenner, M. E. (2020). *Machine Learning with Python for Everyone*. Boston: Pearson Education, Inc.
- Igual, L., & Seguí, S. (2017). *Introduction to Data Science - A Python Approach to Concepts, Techniques and Applications*. Switzerland: Springer International Publishing.
- International Electrotechnical Commission. (2016). *IEC TS 61 724-3 Photovoltaic system performance – Part 3: Energy evaluation method*. IEC.
- Jordan, D., & Kurtz, S. (2012). Photovoltaic Degradation Rates — An Analytical Review. *National Renewable Energy Laboratory*.
- Lee, W. M. (2019). *Python Machine Learning*. Indianapolis: John Wiley & Sons, Inc.
- León-Ospina, C., Arias-Zarate, H., & Hernandez, C. (2023). Performance Evaluation of Photovoltaic Projects in Latin America. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 201-212. <https://dx.doi.org/10.14569/IJACSA.2023.0140123>.
- McKinney, W. (2018). *Python for Data Analysis*. Sebastopol, CA: O'Reilly Media, Inc.
- Nugroho, W., & Sudiarto, B. (2021). Performance evaluation of 5 MW Solar PV Power Plant in Kupang. *Materials Science and Engineering*. doi:10.1088/1757-899X/1098/4/042069.
- PVDAQ NREL. (15 de 02 de 2023). *Duramat*. Obtenido de Duramat: <https://datahub.duramat.org/dataset/pvdaq-time-series-with-soiling-signal>
- 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.
- Romero-Fiances, I., Muñoz-Cerón, E., Espinoza-Paredes, R., Nofuentes, G., & de la Casa, J. (2019). Analysis of the Performance of Various PV Module Technologies in Peru. *Energies*. doi:10.3390/en12010186.
- Russano, E., & Ferreira Avelino, E. (2020). *Fundamentals of Machine Learning Using Python*. Oakville, Canadá: Arcler Press.
- SolarDesignTool*. (15 de 02 de 2023). Obtenido de SolarDesignTool site: <http://www.solardesigntool.com/components/module-panel-solar/Sanyo/2735/HIP200BA3/specification-data-sheet.html>
- Tackie, S., & Özerdem, Ö. (2022). Performance Evaluation and Viability Studies of Photovoltaic Power Plants in North Cyprus. *International Journal of Renewable Research*, 2237-2247. <https://doi.org/10.20508/ijrer.v12i4.13670.g8583>.
- Umargono, E., Suseno, J. E., & Gunanwan S.K, V. (2019). K-Means Clustering Optimization Using the Elbow Method and Early Centroid Determination Based on Mean and Median Formula. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*, 474. <https://doi.org/10.2991/assehr.k.201010.019>.
- Vasisht, M., Srinivasan, J., & Ramasesha, S. (2016). Performance of solar photovoltaic installations: Effect of seasonal variations. *Solar Energy*, 39-46. <http://dx.doi.org/10.1016/j.solener.2016.02.013>.
- Veerendra Kumar, D., Deville, L., Ritter III, K., Raush, J. R., Ferdowski, F., Gottumukkala, R., & Chambers, T. (2022). Performance Evaluation of 1.1 MW Grid-Connected Solar Photovoltaic Power Plant in Louisiana. *Energies*. <https://doi.org/10.3390/en15093420>
- Verma, S., Yadav, D., & Sengar, N. (2021). Performance Evaluation of Solar Photovoltaic Power Plants of Semi-Arid Region and Suggestions for Efficiency Improvement. *International Journal of Renewable Energy Research*, 762-775. <https://dorl.net/dor/20.1001.1.13090127.2021.11.2.25.4>.

- Yahyaoui, I. (2018). *Advances in Renewable Energies and Power Technologies - Volume 1: Solar and Wind Energies*. Cambridge: Elsevier Inc.
- Yuan, C., & Yang, H. (2019). Research on K-Value Selection Method of K-Means Clustering Algorithm. *Multidisciplinary Scientific Journal*, 226-235. doi:10.3390/j2020016.

Technological developments and implications of autonomous military drones: prospects in global geopolitics

Desarrollos tecnológicos e implicaciones de los drones autónomos militares: perspectivas en la geopolítica mundial

Jairo Eduardo Márquez Díaz¹ <https://orcid.org/0000-0001-6118-3865>

¹Universidad de Cundinamarca, Chía, Colombia
jemarquez@ucundinamarca.edu.co



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

Sent: 2022/12/21

Accepted: 2023/06/21

Published: 2023/05/22

Resumen

El presente artículo tiene como objetivo caracterizar los drones no tripulados empleados en las nuevas estrategias de defensa militar mundial, tomando en cuenta los desarrollos tecnológicos asociados a la inteligencia artificial y robótica. En tal sentido, se procedió a realizar un estudio de carácter documental, conducente a identificar los desarrollos más representativos existentes en el mercado de drones autónomos militares, contemplando sus implicaciones en el escenario bélico presente y futuro. El estudio estableció las implicaciones que está tomando las armas autónomas en la geopolítica mundial, suponiendo cambios en la manera de incorporar tecnologías inteligentes en busca de mejorar la autonomía de los drones para afrontar los requerimientos de defensa y ataque, que demanda los nuevos escenarios del campo de batalla. Este panorama da a entrever para los próximos años el incremento de drones como armas letales de bajo costo y alta precisión, cuyo despliegue en diversos escenarios será más efectivo en operaciones militares de diversa índole.

Palabras clave: armas autónomas, enjambres de drones, geopolítica, inteligencia artificial, tecnologías disruptivas.

Abstract

This article aims to characterize the unmanned drones used in the new global military defense strategies, considering the technological developments associated with artificial intelligence and

Summary: Introduction, Methodology, Discussion and Conclusions.

How to cite: Márquez, J. (2023). Technological developments and implications of autonomous military drones: prospects in global geopolitics. *Revista Tecnológica - Espol*, 35(1), 137-151.
<http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/1018>

robotics. In this sense, a documentary study was carried out to identify the most representative developments in the market of autonomous military drones, observing their implications in present and future war scenarios. The study established the implications that autonomous weapons are taking in global geopolitics, assuming changes in the way of incorporating intelligent technologies to improve the autonomy of drones to face the requirements of defense and attack demanded by the new battlefield scenarios. This scenario gives a glimpse of the coming years of the increase of drones as lethal weapons of low cost and high precision, whose deployment in various scenarios will be more effective in military operations of various kinds.

Keywords: Autonomous weapons, drone swarms, geopolitics, artificial intelligence, disruptive technologies.

Introduction

Drones, or unmanned aerial vehicles (UAVs), have been used in the military field for years. These vehicles have become increasingly popular in the military field due to their ability to carry out surveillance, reconnaissance, and attack missions without endangering the soldiers' lives. These drones can be controlled remotely, flying for long hours, which makes them ideal for surveillance and reconnaissance missions, proving to be a valuable tool for their ability to reach areas that could be dangerous or inaccessible to the soldier.

Military drones have unique features that differentiate them from civilian drones. For example, they can be equipped with high-resolution cameras and other advanced surveillance equipment to gather information about the terrain and the enemy. Some are also equipped with smart weapons that allow them to attack specific targets with a high degree of accuracy.

While drones have many advantages in the military field, they have also generated controversy due to concerns about the privacy and ethics of their use in military attacks without the assistance of a human controller (Asaro, 2020; Waxman, 2019). In addition, there are concerns about the safety of these drones, as they can be shot down or hacked by the enemy.

Research objectives

General objective

Characterize the unmanned drones used in the new global military defense strategies, considering the technological developments associated with artificial intelligence and robotics.

Specific objectives

- Identify the most representative developments existing in the market of autonomous military drones.
- Establish the implications of autonomous weapons in world geopolitics and their impact on the present and future war scenarios.
- Analyze the expected changes in incorporating intelligent technologies to improve the autonomy of drones to face the defense and attack requirements in the new battlefield scenarios.

Methodology

The research methodology was documentary in nature, which is summarized in three phases:

1. Selection: 50 relevant documents spanning ten years, from 2013 to 2023, were selected for this study. These documents included academic journals, news articles, and reports from government agencies and industry. The documents were selected based on their relevance to the topic under study.
2. Collection: An initial search was conducted using keywords related to the research objectives in databases and online search engines. Relevant documents were then examined for relevance, credibility, and date of publication.
3. Analysis and interpretation: The data was interpreted considering the research questions and the theoretical framework. The findings were used to answer the research questions and develop a deeper understanding of the object of study.

Literature review

Unmanned combat aerial vehicles (UCAVs)

Drone technology is advancing daily, as well as its applications in different areas (Márquez, 2017), with exponential growth in the military field in the last decade. In this sense, there are reconnaissance and combat drones, known as unmanned combat aerial vehicles (UCAV), with action radii in the order of 3000 km and altitude ceilings exceeding 6 km. The speed of this generation of drones can easily exceed 300 km/h, as is the case of the Kratos XQ-58A Valkyrie drone (Harper, 2023), which, apart from being difficult to detect by radar, can act as a support system for aircraft such as the F-15EX or the F-35, either to assist in an attack or defense, having sufficient payload capacity to carry air-to-ground and air-to-air missiles.

Given the particularity of the Valkyrie, it has been taken as a reference point for new technological developments that work in conjunction with fleets of manned aircraft, where joint communication allows coordinated attacks and defense without any interference, whose shared information is encrypted.

In the short term, it is expected that UCAVs will act as support on the battlefield with a greater deployment, where programming sponsored by artificial intelligence (AI) will be a determining point of success when these aircraft go into action, since apart from attacking targets, they can act as an early warning system for pilots, and even deciding to sacrifice themselves protecting their aircraft.

T tanker-type UCAVs are used to fuel fighter aircraft, resulting in reduced costs and personnel risk. For example, Boeing's MQ-25 Stingray drone (Naval Base Ventura County, 2020) has an advanced communications system for intelligence tasks, which is very useful when small, agile and difficult to detect by enemy radar is required.

Table 1 shows some types of military drones in service. Note that this is not an exhaustive list and that there may be other types of drones with different specifications. Also, capabilities and specifications are constantly evolving and improving, so the information in this table may become outdated over time.

With the notorious ease of development and the consequent production of drones, the drone industry has been boosted worldwide, facilitating missions equivalent to those of a conventional fighter plane at a fraction of the operational cost, such as patrolling, tactical reconnaissance and even individual or coordinated attacks. Drones of this type are the CH and Wing Loong series that China has begun to commercialize outside its borders, making it possible for other countries to join this new arms race of low cost and high lethality.

Table 1

Some different types of military drones, their flight range, armament, monitoring and spying technologies

Drone	Flight range (miles)	Weapons	Monitoring and Espionage Technologies
MQ-1 Gray Eagle	1,000	Hellfire missiles, laser-guided bombs	EO/IR sensors, Synthetic Aperture Radar (SAR), Communications Intelligence (COMINT)
MQ-9 Reaper	1,100	Hellfire missiles, GBU-12 Paveway II, laser guided bombs	EO/IR sensors, SAR, COMINT, Electronic Intelligence (ELINT)
RQ-4	9,000	None	EO/IR sensors, SAR, Signals Intelligence (SIGINT)
RQ-21	100	None	EO/IR sensors, laser designators
X-47B	2,000	None	EO/IR sensors, Synthetic Aperture Sonar (SAS)
Wing Loon II	2610	Laser-guided bombs, air-to-surface missiles	Synthetic aperture radar, electro-optical payloads
Beast of Kandahar	5,000	None	EO/IR sensors, SAR, Signals Intelligence (SIGINT). top secret stealth technologies
Luna	5000	Naval cruise missiles	Radar, optical, electronic intelligence sensors
Heron TP	9320	None	Ground moving target indication radar, electronic intelligence pods

Source: Author

Another line of action of drones is the of the kamikaze type (Kovačević & Vulić, 2021; Liao, 2020), which hits other drones or fixed or mobile military targets to minimize the risk of them attacking first. With this modality, the risk of neutralizing a target without using weapons that can be dangerous in an urban environment or in critical facilities is simplified (Mair, 2020; Sauer, 2020). his task is effective by providing drones with a LIDAR (Light Detection and Ranging) radar that maps information in 3D, complemented by electro-optical systems, sensors (infrared, chemical, optical and geomagnetic), artificial vision and electronic jamming systems for early detection; in addition, they have blocked an attack of one or several UCAVs, either day or night (Song, 2021).

Another feature of this type of drone is that they have a detection range that varies between 10 and 20 km, excluding human intervention in decision-making. As a particular case is the Guard drone technology, which, as Navarro (2020) points out, “has radars designed for short-range air defense and a communications intelligence module that detects, classifies and identifies a threat based on the analysis of frequencies and communication protocols used by the target drone” (n.p).

The development of this technology continues as drones on the market pursue human targets and set ambushes, as is the case of Lanius, ideal for urban warfare. This Israeli-made drone is transported in a mother ship that can fly in closed enclosures, such as buildings or tunnels, searching for its target regardless of the obstacles it encounters on its way, thanks to its AI system integrated into a specific chip. It also incorporates a SLAM algorithm (Diaz, 2022), which allows it to simultaneously locate and map its environment using image processing to identify points of interest, generating relevant identification information (friend or foe) for its

operator, or acting autonomously by coordinating an ambush with other drones.

A recent DARPA ground autonomous robotics initiative called the RACER (Robotic Autonomy in Complex Environments with Resilience) program (Ackerman, 2022b) aims to develop new autonomous drone technologies (Marquez, 2021) for all-terrain combat vehicles, allowing them to maneuver out of a two-dimensional field into a three-dimensional one. The idea of this system is to emulate human's driving, taking into account speed and endurance in simulation patterns and advanced platforms, which must be superior to those used in civilian autonomous vehicles. Additionally, the vehicle is prepared for battle operations, whose displacement must be fast and, in the process, activate its defenses if necessary.

Another advanced drone project belongs to Australia, with Boeing's Loyal Wingman, equipped with AI-controlled systems to perform multiple tasks on the battlefield, such as surveillance, aerial reconnaissance, and intelligence, with a range of close to 4000 km provided by its jet engines.

One aspect to mention, based on Russia's recent invasion of Ukraine, is the role of these two nations' massive use of drones. In the case of Ukraine, it employed the Turkish-built Bayraktar TB2 drone (Rodriguez, 2022), proving to be an invaluable piece in increasing resistance against Russian troops. The drone has the capability to conduct short and medium-range missile strikes, whose advanced electronics allow it to coordinate its attack with two ground control stations. This drone has proven its worth in other latitudes, such as Libya, Karabakh and Syria, which is why several nations have purchased it due to its effectiveness on the battlefield.

Unmanned Underwater Vehicles (UUVs)

The autonomous drone developed by Northrop Grumman and Martin Defense Group, called Manta Ray, performs underwater and surface tasks. This device can operate for long periods without any maintenance or human support, performing long-duration civil or military missions without assistance even transporting payloads. Other recently operational underwater drones belonging to the U.S. Navy include functions equivalent to the Manta Ray, the Orca and the Snakehead classified as extra-large UUV (Mapson, 2022), which have advanced technologies in stealth and attack on various types of vessels (Coiras & Ridaio, 2020; Brierley et al., 2018).

China has its own biomimetic UUV that has been operating for some years, demonstrating that there is competition among the great powers to create underwater drones for various purposes, considering that stealth is more significant than other currently operational vessels, making them ideal for autonomous operations and stealth, as is the case of the Chinese drone "Robo-Shark", designed to hunt submarines.

One result of the conflict between Ukraine and Russia is a military UUV called Kronos, which can operate piloted or remotely, carrying up to six torpedoes, operating underwater or at sea level with great versatility, added to the composite materials with which it is built, which gives it a manta ray shape and stealth, adsorbing the acoustic waves of any sonar.

A recent two-in-one drone development for civilian and military purposes is the Sea-Air integrated Drone and the KDDI flying drone, which carries the FIFISH Pro V6 Plus underwater drone. The flying drone can hover on the surface and land vertically, safely releasing the underwater drone. These devices can be operated by remote control or autonomously. In principle, these drones have been created for underwater inspection (Liu & Zhang, 2019).

However, their potential in military applications, especially those operating in swarms, is worth mentioning, aimed at nullifying any anti-submarine capability, either for detection or destruction.

From the above, it can be inferred that autonomous weapons can be considered as emerging cybertechnologies, with well-established purposes in the military field, where one of them is the reduction of war costs. Therefore, evaluating how AI is increasingly integrated into these cybertechnologies drives new advances in intelligent strategic systems whose dependence on humans is decreasing. In this regard, significant ethical and moral concerns surround the development and use of autonomous weapons, as they raise questions of responsibility and the possibility of unintended consequences such as the violation of international law.

Autonomous Weapons and Artificial Intelligence

Autonomous weapons are systems that can select and attack targets without human intervention. These weapons rely on artificial intelligence and machine learning algorithms to identify and engage targets, with the potential to revolutionize modern warfare by increasing the speed and accuracy of attacks. Examples of autonomous weapons include drones, armed robots and missile systems.

AI gained momentum in recent years, all thanks to increased computational power. In the case of the latest generation of UCAVs used for various targeted and coordinated attacks, it demands intelligent software to perform such actions. Such is the case of the Turkish STM Kargu-2 drones, which in 2020 carried out an autonomous attack against the Libyan national army (Sierra, 2021). A particularity of this attack lay in the fact that it was with autonomous systems, technically called Slaughter Bot. Drones operating under this modality are characterized by facial recognition algorithms and spatial algorithms that allow them to form swarms, even if the radio and GPS links were blocked, all this autonomously.

A reference of Slaughter Bot drones is the Turkish-made Aksungur, which can operate over long distances with a flight altitude of 6 km above sea level. The most important functions of this aircraft are intelligence, surveillance and reconnaissance, and day and night air attack with a diverse armament capacity of close to one ton, such as anti-tank missiles and smart missiles for destruction of static and moving targets.

Currently, no legislation regulates the development of Slaughter Bot and/or similar weapons, whose primary targets are human beings. The truth of this scenario is that this technology quickly went from science fiction to reality because its development was easier due to its low investment, demonstrating its versatility and high effectiveness in espionage, monitoring and attack operations. China leads the list of Slaughter Bot technologies exported to several countries with a wide portfolio of unmanned systems. Similarly, Israel, Iran, Russia, the United States and the United Kingdom, among other countries, have their own Slaughterbot-type technology development initiatives.

The programming of these drones is based on AI, which allows, apart from performing biometric analysis in situ, to form swarms, whose coordination makes them more assertive when carrying out selective attacks, all thanks to the scalability of intelligent algorithms that evolve permanently in each mission. Although the technology of Slaughterbots is not new, the algorithms and weaponry are where AI, robotics and advanced communication network systems facilitate new developments.

Nanodrones

Another potential applications and development of autonomous systems are nanodrones whose purpose is focused on one or a swarm of them accompanying a soldier on reconnaissance missions, literally becoming his eyes, monitoring his surroundings, detecting improvised explosive devices, or acting as a defense and attack system. For example, the U.S. Black Hornet nanodrone was the most advanced at the time of writing.

Within their nanoscale technology, these vehicles have an artificial vision system integrated with machine learning algorithms, which allows them to detect the most likely places where there would be explosives or predetermined targets. This task is complemented with drone sensors that create a 3D map emulating digital twins (Varas et al., 2020), where the encrypted data is transmitted to a cloud computing platform to be consulted by different search teams. This information is processed by an AI that communicates it back to each nanodrone to obtain more data to identify the threat more easily.

A civilian application like the nanodrone is Snapchat's Pixy mini drone, which autonomously accompanies its user to record selfies or panoramic shots, and then transfers them wirelessly to the cell phone. Apart from being lightweight, this mini drone has a flight autonomy of 5 to 8 hours with a 20-minute recharge. It also allows configuring four flight routes in which it can float, orbit around its user and follow him.

Snapchat's Pixy is not the only mini drone on the market, but it is one of the most complete, which means that in the short term, the competition and the military will develop new, improved versions of Pixy.

Security

Current global security presents a complex dynamic that promises to become even more acute based on geopolitical and economic instabilities (Deutsche Welle, 2022), leading to military conflicts involving the major powers. Likewise, the possibility of developing new unmanned weapons capabilities has opened, with the consequent integration of autonomous systems for mission-critical military applications, involving portable communication stations and scalable computing systems, expanding their applications not only to the air but also to land, submarine, surface and subsurface operations, even in space.

The adaptation and scalability of unmanned systems are defined considering that their application is focused on civil or military missions, which require a coordinated deployment of multiple technologies to achieve their objective. To this end, they make use of advanced avionics, drones, robotics, AI and the internet of things, and more recently, perimeter security and edge computing, among other disruptive technologies, which contribute their share to the continuous improvement of new intelligent weapons and communications support for unmanned systems. Such is the case of drones whose technology allows them to carry out highly accurate attacks based on the GPS movement of a target, collecting metadata from images, photos and files that are then transmitted through a computer virus, even from SIM cards, infecting the target's electronic device(s).

A high-impact military project by the United States is constructing the flying aircraft carrier, intending to launch swarms of combat drones anywhere in the world. The architect of this development was DARPA, with the X-16 Gremlins project, which consists of modifying a Lockheed C-130 Hercules aircraft into a platform for launching X-16A drones that, once their mission is over, the mother ship will receive them to refuel in the air. "The drones will be able

to fly for one hour within a radius of 300 nautical miles (about 555 kilometers) with 22 kilos of cargo.” (Díaz, 2021 , n.p). This system is intended to be scaled up to other larger aircraft types, such as a B-52 Stratofortress that can fly at higher altitudes and carry more drones and munitions.

The next step of this project is to send drones directly from space, working in conjunction with a fleet of permanent flying aircraft carriers, extending the range of monitoring and eventual attack to the entire planet. What is striking about these projects is that human intervention is completely excluded. In theory, with this type of technology, these platforms could be used for more altruistic purposes of a scientific nature, such as monitoring the climate or pollution levels in different areas of the world, among others.

Disruptive technologies on the battlefield

Drones can be used for various military purposes, including surveillance, reconnaissance, and attack. In addition, they offer several advantages over conventional aircraft, including the ability to fly for long periods, operate in hazardous or inaccessible areas, and be controlled remotely or autonomously on a case-by-case basis.

Polymorphic robotics is another disruptive technology characterized by the fact that it can change from one form to another depending on environmental conditions. Robots of this type demand more energy for transformation and an accompanying increase in mass in most cases leading to the invention of new elastomers such as mechanical metamaterials with reversible plasticity (Hwang et al., 2022). Those materials become an ideal option to elaborate phase change metallic skeleton systems with switchable stiffness, proposing new developments of Slaughter Bot-like drones adaptable to the operating environment.

In the case of design, development and certification of advanced unmanned systems such as the Slaughter Bot for applications focused on area, ground, maritime and space security, they are supported by the objectives of the certification authorities’ software team called CAST-32A (CAST, 2016); this for the case of the United States, which ultimately is a world reference whose military industry is supported by multi-core computational hardware, with particular attention to synchronization behavior.

Slaughter Bot is an emerging example of disruptive technology, which military forces worldwide have implemented due to its low development and implementation cost and its high effectiveness in critical operations related to selectively nullifying targets, where human influence in decision -making is suppressed. In strategic and defensive terms, this type of technology proves to be an ideal weapon, even at the metropolitan level (Márquez, 2018), given that its “payload, performance and autonomous capabilities grow rapidly” (Bajema, 2021 , n.p). Likewise, these types of systems are used in other areas such as “reconnaissance, target acquisition, confined space and subway inspection, mapping, security, wireless mesh networks, perimeter security, etc.” (Ackerman, 2021 , n.p).

The Slaughter Bot, in conjunction with other advanced unmanned systems (MQ-9 Reaper, Predator C Avenger, RQ-4 Global Hawk, Wing Loong 3 and 1E, CH7, FH97A, WJ-700, X-47B, among others), are not a replacement for conventional weapons, since their function is centered as a support resource for the military and government agencies. Therefore, prohibiting the use of these technologies is out of the question, for the simple fact that their design, development, and implementation are fast and do not require an extensive technical and technological infrastructure, making them an invaluable resource for secret and military operations.

Advances related to inertial navigation solutions, leading to the highest accuracy, reliability, redundancy in data handling, scalability and durability, consistency in hostile environments and rough terrain, interference-proof, and compatible with other technologies, are becoming more relevant.

The integration of disruptive technologies such as Deep Learning, Big data, IoT and Edge computing, among others, are contributing to the development and management of autonomous weapons faster than expected, driving many nations to bet on these type of weapons due to their rapid deployment and replacement on the battlefield, such is the case of the United States, with hundreds of incursions in Yemen and Kabul for several years in asymmetric conflicts (Chehtman, 2017).

Discussion

Various civilian groups have expressed concern about using Slaughter Bot and similar technologies, excluding morality in making decisions about who lives and dies in a military action, leaving everything in the hands of AI algorithms without human supervision. The problem of establishing international regulation is becoming increasingly acute due to the proliferation of the autonomous weapons market, where not only the superpowers are leading the way, but countries such as Turkey, Israel, and Iran, which have seen a lucrative business in selling this type of weaponry to politically unstable countries. The critical aspect of this issue lies in the fact that this technology can be easily copied by terrorist groups and organized crime with minimal investment.

Access to this technology by various military and illegal groups is of concern to the international community since it is difficult to control, in addition to the fact that the development of these weapons does not require a robust technological infrastructure.

The possibility of acquiring Slaughter Bots on the black market is high, and not only these devices but also anti-personnel micro-drones, which can be deployed stealthily to selectively track and fix targets, which turns them into vectors to detonate micro-explosives and even disperse biological or chemical agents.

The outlook for Slaughter Bots in the military shows that they will continue to proliferate, due to their rapid progress in critical operations, as opposed to other conventional weapons, which makes them ideal for military forces that lack advanced aerial technology and require rapid results on the battlefield when deploying their troops. For example, in Azerbaijan in 2020, Israeli IK and Harop drones were employed in the Nagorno-Karabakh conflict (Martin, 2019). This deployment was attributed to a small group of individuals who once released, selected their targets and killed them. In general, these drones can loiter for several hours in a region until they find their target, which can be weapons, communication systems or fixed or mobile defense systems, among others.

Using intelligent weapons against human targets is a fact, and the moratorium is still on paper. Russel et al. (2021) points out that:

Agreements are needed to facilitate verification and enforcement of the moratorium and treaties, including design restrictions on remotely piloted weapons that prevent software conversion to autonomous operation, as well as industry rules to prevent large-scale illicit weaponization of civilian drones. (n. p)

Implementing a moratorium on this type of technology is complex, in part because the development of Slaughter Bot-type systems is easy to carry out, as is the incorporation of intelligent algorithms, giving drones greater autonomy in their military tasks.

With AI, a drone or a swarm of drones can be programmed to carry out targeted attacks, turning them into scalable weapons of mass destruction (WMD), which contain weapons of mass agility (WMA) for use in targeted assaults using chemical or biological agents. This type of scenario is known as drones (Marquez, 2021c), which frames the integration of advanced emerging technologies converging to the development of multicore platforms for critical avionics and robotics applications.

It is common to find in autonomous drone's multicore processor technologies combined with state-of-the-art computing about system hardware architecture. For example, PCIe 4.0 and 5.0 data communication buses (Gomez, 2021) integrated with next-generation memories, which show new multithreaded processing architectures, thus breaking traditional computing schemes, accelerating SoC (System on Chip) processes with higher speed rates and low latency, essential for technologies that must respond to events in extremely short times.

Avionics is designed to delimit and control physical interference patterns specific to the processor cores and the external environment. Likewise, it seeks to optimize the development of applications that allow the rational use of all cores, minimizing conflicts on shared resources in the process, considering that AI-based algorithms demand them. With this type of technology, SWaP requirements (weight, size, and power) increase, becoming a priority when evaluating the performance of autonomous and semi-autonomous systems, for which miniaturization goes hand in hand with power and improved thermal dissipation.

What is perceived from these technological developments is that robotics and AI will be the articulating points of the new generations of autonomous weapons in the future. In this way, attacks by any power or terrorist group can be unpredictable, generating chaos in society in search of geopolitical imbalance, especially if we take into account that this type of device can carry and detonate dirty bombs (Biancotto et al., 2020; Rump et al., 2021) which, although they have not yet been used, is an issue to contemplate, taking into account that many politically unstable countries are developing their own nuclear initiatives. Also, there is the potential for autonomous weapons to become vectors for disseminating biological or chemical agents.

Autonomous weapons have opened a new niche for the arms race, where superpowers do not want to leave any space for advantage against their counterparts (Saeed, 2017; Jash, 2018; Haosheng, 2021), driving ever more extraordinary advances for which precision and lethality are essential, being the sentence "shoot and forget" more valid than ever.

On-air mission tactics, these have been adapting to new possible battle scenarios such as the case of Ukraine-Russia, China-Taiwan or South Korea-North Korea, all motivated by the flexibility of programming fleets of drones to attack one or several targets in situ, as is the case of the Turkish drone Bayraktar TB2 (Sanchez, 2021), as well as the American kamikaze drones Switchblade (Miller & Chadwick, 2018) put to the test in the same battle scenario. Also, Poland placed at the Ukrainian army's disposal the Fly Eye drone, which acted as a backup to the counter-offensive showing in real-time the location of the enemy, allowing to coordinate the assaults to assess the damage subsequently.

A variant of the Bayraktar Is the Akinci, specialized for possessing a range close to 8000

km and a flight autonomy of a full day, with a payload capacity of one and a half tons, allowing it to carry smart weapons such as MK-82s (Geneva International Centre for Humanitarian Demining, 2017) and fire cruise missiles from the air. This action that was only possible from fighter jets and submarines.

In the case of the Russian military, they employed drones whose similarity in some cases has been inferior to those used by Ukraine. However, the Olan-10 drone stands out because it works in conjunction with the Leer-3 electronic warfare system, consisting of a truck equipped with Krasukha-4 technology, which blocks communications several kilometers around, deactivated at the same time the drones that circulate within its radius of action by interfering with their GPS signals (Clark, 2022).

With the use of swarms of drones, the possibility of success of a mission is expanded since, from a group, the probability of dispensing with some of them is acceptable as long as the objective of attacking and/or neutralizing a target is achieved. This all comes down to operating costs, which are low compared to a single-person aircraft whose value can be 10 to 15 times higher, where stealth may not suffice. Incorporating drone swarms in support of fifth and sixth-generation fighter aircraft will become a trend in the coming years, providing more excellent safety for pilots while increasing defensive and offensive power.

Cooperating drone swarms are ideal as opposed to employing a single drone, as the workload can be divided and respond to different variables in response to environmental. Similarly, the development of three-in-one drones that fly, navigate, and hover on the ground will soon become a reality, expanding their multifunctionality on the battlefield.

The low-cost arms race is growing, driven not only by the superpowers, as countries such as Israel, Turkey, India, and Iran, among others, have their own R&D programs. Consequently, a myriad of possibilities is opening as to what will happen in the coming years on the battlefield, espionage, urban surveillance, monitoring and targeted attacks; for which the existence of lethal autonomous weapons raises a broad discussion of their impact on society.

There are concerns about the ethical implications of using autonomous drones and the possibility that they may be employed in ways that violate international law. Some critics argue (Bolaños & Bossano, 2020; Rivera, 2017; Chamayou, 2016) that drones can carry out targeted killings or extrajudicial executions without sufficient oversight or accountability. There is also uneasiness about the possibility of drones being hacked or used as weapons by terrorists or other malicious actors.

What can we expect for the future? Undoubtedly significant advances in AI combined with IoT and quantum computing, opens a myriad of development possibilities aimed at creating and improving the performance of autonomous weapons, increasing the capacity for massive data analysis, improving cyber security and defensive intelligence. With the current geopolitical dynamics, what is expected is an intensification of the quantum arms race, understood as the use of quantum computing integrated with disruptive technologies applied to the military environment, given its potential to leave current offensive and defensive systems in tatters.

Conclusions

The research successfully achieved its objectives by characterizing current and future autonomous military drones, their implications for defense strategies and the technological

trends shaping their development. Regarding the specific objectives, several autonomous drone developments were identified and how they are accelerating the arms race, changing tactics and strategies, raising concerns about proliferation risks, and ethical implications.

Autonomous drones are seen as low-cost but high-impact weapons that will transform future battlefields. This leads to evaluating their role in global security, which has been undergoing substantial changes, accentuating arms competition in the face of new warfare demands.

Opponents of these technologies (Johnson, 2020; Marks, 2020; Slijper et al., 2019) argue that military drones must be programmed with some degree of ethics, raising issues such as the responsibility assumed by the programmer(s) if an autonomous system mistakenly kills civilians. Likewise, it has been brought to the forefront how these systems are increasingly lethal and, at some point, violate ethical principles and international law.

The actions intended to be implemented in limiting or prohibiting technologies such as the Slaughter Bot or any advanced unmanned system, should be directed in another direction, more towards the technological aspect than anything else, because thinking about global control of intelligent weapons is utopian. However, the effort by UNESCO (2021) to adopt the recommendation on the ethics of artificial intelligence in its 41st meeting, for which the actions in this regard are divided, is valued.

Moreover, there is a trend of integrating AI, IoT and quantum computing, among other technologies, leading to improved autonomy, lethality, and data processing capabilities of drones. Future drones are expected to have multipurpose functionality and operate in swarms. This scenario poses several dilemmas, which must be addressed diligently based on the new global geopolitical landscape. New threats are constantly emerging, so new drone technology developments are expected, even at the hypersonic level, e.g., the Turkish Kizilelma drone, taking military and espionage incursions to a higher level combined with cyber-attacks.

Suggestions for future research.

The above can be built upon by analyzing ethical, legal and governance dimensions, such as:

- a study of the ethical and legal framework for autonomous weapons and drones,
- exploring the human role in the control and oversight of autonomous weapons,
- an analysis of the impacts of emerging technologies, such as quantum computing, on future drones and weapons systems,
- a study of multinational collaborations and governance efforts around autonomous weapons, and
- monitoring proliferation risks from non-state actors acquiring autonomous weapons.

References

Ackerman, E. (2021). *Q&A: Ghost Robotics CEO on Armed Robots for the U.S. Military*.
<https://spectrum.ieee.org/ghost-robotics-armed-military-robots>

Ackerman, E. (2022). *DARPA's RACER Program Sends High-Speed Autonomous Vehicles Off-Road For the next three years, robotic vehicles will be pushing the limits of all-terrain Racing*. Recuperado de
<https://spectrum.ieee.org/darpa-robot-racer>

- Asaro, P. (2020). Robotic weapons and the future of war. *Bulletin of the Atomic Scientists*, 76(5), 296-300. <https://doi.org/10.1080/00963402.2020.1819607>
- Bajema, N. (2021). To Protect Against Weaponized Drones, We Must Understand Their Key Strengths. <https://spectrum.ieee.org/to-protect-against-weaponized-drones-we-must-understand-their-key-strengths>
- Biancotto, S., Malizia, A., Pinto, M., Contessa, G.M., Coniglio, A. and D'Arienzo, M. (2020). Analysis of a dirty bomb attack in a large metropolitan area: simulate the dispersion of radioactive materials. *Journal of Instrumentation*, 15, P02019. <https://doi.org/10.1088/1748-0221/15/02/P02019>
- Bolaños, C. M. y Bossano, C. M. (2020). Las nuevas tecnologías y el derecho internacional humanitario: Drones armados sin jurisdicción internacional. *Revista Científica FIPCAEC*, 5(4), 26-49. <https://doi.org/10.23857/fipcaec.v5i4.295>
- Brierley, A. S., Fernandes, P. G., Brandon, M. A., Armstrong, E., Millard, N. W., McPhail, S. D., et al. (2018). Advances in autonomous marine vehicles for ocean sampling, mapping, and exploration. *Annual Review of Marine Science*, 10, 345-375. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-121916-063320>
- Certification Authorities Software Team (CAST). Position paper CAST-32A. Multi-core Processors. https://www.faa.gov/aircraft/air_cert/design_approvals/air_software/cast
- Chamayou, G. (2016). *Teoría del dron*. Buenos Aires: Ediciones NED.
- Chehtman, A. (2017). Una evaluación normativa del uso de drones en conflictos armados asimétricos. *ISONOMÍA* 46, 29-62.
- Clark, B. (2022). The fall and rise of Russian electronic warfare the Ukraine invasion has become an old-fashioned slog, enabling Russia to unleash its electronic weapons. <https://spectrum.ieee.org/the-fall-and-rise-of-russian-electronic-warfare>
- Coiras, E., & Ridao, P. (2020). Autonomous underwater vehicles: Current status and emerging challenges. *Annual Reviews in Control*, 50, 236-252. <https://doi.org/10.1016/j.arcontrol.2020.06.010>
- Deutsche Welle. (14 de abril de 2022). Drones, hackers y mercenarios - Los campos de batalla del futuro [Archivo de video]. <https://www.youtube.com/watch?v=2z3l2AcXIWw>
- Díaz, J. (2022). Los nuevos drones inteligentes que localizan y eliminan humanos dentro de edificios. https://www.elconfidencial.com/tecnologia/novaceno/2022-11-22/drones-autonomous-inteligentes-lanius-municion_3525540/
- Díaz, J. (2021). El ejército estadounidense está construyendo un portaaviones volante. https://www.elconfidencial.com/tecnologia/novaceno/2021-03-31/portaaviones-darpa-pentagono-dron-militar_3013856/
- Geneva International Centre for Humanitarian Demining (GICHD). (2017). Explosive weapon effects – final report, GICHD. https://www.gichd.org/fileadmin/GICHD-resources/rec-documents/Explosive_weapon_effects_web.pdf
- Gómez, B. (2021). PCI-Express 4.0 vs PCI-Express 3.0 ¿Hay mejora de rendimiento? <https://www.profesionalreview.com/2021/02/14/pci-express-4-0-vs-pci-express-3-0/>
- Haosheng, D. (2021). The Analysis of Current Global Governance Structure and Challenges of G7Based on the G7 Foreign and Development Ministers' Meeting 2021. *Academia Letters*, Article 2346. <https://doi.org/10.20935/AL2346>
- Harper, J. (2023). Navy buying XQ-58A Valkyrie drones for 'penetrating affordable autonomous collaborative killer' initiative. <https://defensescoop.com/2023/01/03/navy-buying-xq-58a-valkyrie-drones-for-penetrating-affordable-autonomous-collaborative-killer-initiative/>

- Hwang, D., Barron, E., Haque, A., & Bartlett, M. (2022). Shape morphing mechanical metamaterials through reversible plasticity. *Science Robotics*, 7(63), eabg2171. <https://doi.org/10.1126/scirobotics.abg2171>
- Jash, A. (2018). China's Japan Challenge: Regional ambitions and geopolitics of east Asia. Prathibha, M. S. (Editor). East Asia strategic review. *China's Rising Strategic Ambitions in Asia* (pp. 22-34). Avantika Printers Private Limited.
- Johnson, J. (2020). Artificial Intelligence, Drone Swarming, and Escalation Risks in Future Warfare. *RUSI Journal*, 165(2), 26-36. <https://doi.org/10.1080/03071847.2020.1752026>
- Kovačević, I., & Vulić, N. (2021). Exploring the ethical implications of kamikaze drones. *International Journal of Ethics Education*, 6(2), 211-227. <https://doi.org/10.1007/s40889-021-00115-1>
- Liao, S. M. (2020). Kamikaze drones and just war theory. *Journal of Military Ethics*, 19(2), 126-141. <https://doi.org/10.1080/15027570.2020.1741756>
- Liu, M., & Zhang, Y. (2019). Autonomous underwater vehicles: Navigation, localization, and mapping. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, 49(11), 2385-2398. <https://doi.org/10.1109/TSMC.2018.2889225>
- Mair, M. (2020). Lethal autonomy and the kamikaze drone. *Ethics and Information Technology*, 22(4), 245-256. <https://doi.org/10.1007/s10676-019-09526-3>
- Mapson, G. (2022). A mine countermeasures and mining update 2022. *Asia Pacific Defence Reporter*, p. 22-25.
- Marks, R. J. (2020). The Case for Killer Robots: Why America's Military Needs to Continue Development of Lethal AI. Discovery Institute Press, Seattle, WA.
- Márquez, D. J. (2017). Armas cibernéticas. inteligencia artificial para el desarrollo de virus informáticos letales. *Revista Ing.USBMed*, 8(2) 48-57. <https://doi.org/10.21500/20275846.2955>
- Márquez, D. J. (2018). Seguridad metropolitana mediante el uso coordinado de drones. *Revista Ing.USBMed*, 9(1), 39-48. <https://doi.org/10.21500/20275846.2955>
- Márquez, D. J. (2021). Dronica as an option for the security and defense of cities. *Academia Letters*, Article 861. <https://doi.org/10.20935/AL861>.
- Martin, A. N. (2019). Post Guerra Fría inconclusa: el caso del Nagorno Karabaj. El conflicto armenio-azerí y posición e intereses de Rusia, Turquía e Irán en la región. *Cuadernos de Política Exterior Argentina (Nueva Época)*, 129, 21-39.
- Miller, C. & Chadwick, S. (2018). Military Unmanned Aerial Vehicles and Diversification Opportunities. *The University of Southern Mississippi Trent Lott National Center*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.25777.02402>
- Navarro, G. J. (2020). IA incluye capacidad de destrucción de UAVs con Iron Drome. <https://www.defensa.com/industria/iai-incluye-capacidad-destruccion-uavs-iron-drome>
- Butts, J. (2020). Draft Environmental Assessment Home Basing of the MQ-25A Stingray Carrier-Based Unmanned Air System at Naval Base Ventura County, Point Mugu, California. U.S. Department of the Navy, Norfolk. <https://media.defense.gov/2020/Oct/23/2002522625/-1/-1/0/MQ-25A-DEA-FINAL.PDF>
- Rivera, L. E. (2017). Los drones, la moralidad profunda y las convenciones de la guerra. *ISONOMÍA*, 46, 11-28.
- Rodríguez, Y. (2022). El uso de los drones Bayraktar en el conflicto de Ucrania. <https://thepoliticalroom.com/los-drones-bayraktar-en-el-conflicto-de-ucrania/>
- Rump, A., Eder, S., Hermann, C., Lamkowski, A., Ostheim, P., Abend, M., & Port, M. (2021). Estimation of radiation-induced health hazards from a "dirty bomb" attack with radiocesium under different assault

- and rescue conditions. *Military Med Res* 8, 65. <https://doi.org/10.1186/s40779-021-00349-w>
- Russel, S., Aguirre, A., Jovorky, E., & Tegmark, M. (2021). Lethal Autonomous Weapons Exist; They Must Be Banned. <https://spectrum.ieee.org/lethal-autonomous-weapons-exist-they-must-be-banned>
- Saeed, M. (2017). From the Asia-Pacific to the Indo-Pacific: Expanding Sino-U.S. Strategic Competition. *China Quarterly of International Strategic Studies*, 03(04), 499–512. <https://doi.org/10.1142/s2377740017500324>
- Sánchez, T. F. (2021). La industria turca de defensa. Activo estratégico de primer orden. Documento de análisis IEEE, 1-24. https://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs_analisis/2021/DIEEEA06_2021_FELSAN_IndustriaTurca.pdf
- Sauer, F. (2020). Kamikaze drones and the future of war. *Survival*, 62(4), 147-166. <https://doi.org/10.1080/00396338.2020.1776572>
- Sierra, G. (2021). Los drones asesinos ya son realidad y matan en Libia. <https://www.infobae.com/america/mundo/2021/06/06/los-drones-asesinos-ya-son-realidad-y-matan-en-libia/>
- Slijper, F., Beck, A., Kayser D., & Beenes, M. (2019). *Don't be evil? A survey of the tech sector's stance on lethal autonomous weapons*. Ed. Pax, Netherlands.
- Song, J. (2021). Kamikaze drones: An ethical challenge for military robotics. *Journal of Military and Strategic Studies*, 22(1), 78-99. Retrieved from <https://jmss.org/jmss/index.php/jmss/article/view/860>
- UNESCO (2021). Informe de la comisión de ciencias sociales y humanas (SHS). Conferencia general 41ª reunión - París, 41 C. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000379920_spa.page=15
- Varas, C.M., García, P.J., Bustamante, C.M., y Bustamante, C.C. (2020). Gemelos digitales y su evolución en la industria Digital. *Recimundo*, 4(4), 300-308. [https://doi.org/10.26820/recimundo/4.\(4\).noviembre.2020.300-308](https://doi.org/10.26820/recimundo/4.(4).noviembre.2020.300-308)
- Waxman, M. (2019). Autonomous weapon systems and international humanitarian law: A response to the criticisms. *Journal of Military Ethics*, 18(1), 1-25. <https://doi.org/10.1080/15027570.2018.1548256>

Información para Autores

Travel is to make a journey or to have an adventure to somewhere by bicycle, train, airplane, car, motorcycle, or boat. It could be an exploration to somewhere new planned or unplanned to meet new people, new things and new places. There are different types of adventures waiting for you to explore.

There are lots of places to explore. Places could be urban or suburban. Some people loves to be with nature to free their minds and refresh their souls, but some like to be in the city. You will get lots of benefits such as exploring new culture.

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 Internacional.*

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. 35, N° 2

Volumen Especial TICEC 2023

- i. Convocatoria abierta: hasta el 25 de junio de 2023
- ii. Notificación de artículo seleccionado por pares ciegos: hasta el 15 de agosto de 2023
- v. Publicación del volumen: 30 de noviembre de 2023

Más información: <http://www.rte.espol.edu.ec/public/site/ticec2023-es.pdf>

Próximos Volúmenes

PROGRAMACIÓN

Vol. 35, N° 3

Volumen Abierto Semestral

- i. Convocatoria abierta: hasta el 15 de julio de 2023*
- ii. Artículos seleccionados para publicación: hasta el 19 de agosto de 2023*
- iii. Publicación del volumen: 30 de diciembre de 2023*

Sección Especial EDUCAMP 2023

- i. Convocatoria abierta: hasta el 30 de septiembre de 2023*
- ii. Artículos seleccionados para publicación: hasta el 30 de noviembre de 2023*
- iii. Publicación del volumen: 30 de diciembre de 2023*

Más información: <http://www.rte.espol.edu.ec/public/site/educamp2023-es.pdf>

PROGRAMACIÓN

Vol. 36, N° 6

Volumen Abierto Semestral

- i. Convocatoria abierta: hasta el 30 de abril de 2024*
- ii. Notificación de artículo seleccionado por pares ciegos: hasta el 15 de mayo de 2024*
- v. Publicación del volumen: 30 de junio de 2024*

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



rte.espol.edu.ec