

Revista

# MINERVA

**VOL. 4, NÚM. 2**  
**ENERO/JUNIO 2021**  
**ISSN 2521-8794**

**UNIVERSIDAD DE  
EL SALVADOR**

**VICERRECTORÍA ACADÉMICA**  
**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
*AL SERVICIO DE LA NACIÓN*



**SIC-UES**

Secretaría de Investigaciones Científicas  
de la Universidad de El Salvador



## REVISTA MINERVA Revista Científica Multidisciplinaria

Volumen 4, Número 2  
Enero-junio de 2021  
ISSN 2521-8794  
<https://minerva.sic.ues.edu.sv>

### Universidad de El Salvador

Secretaría de Investigaciones Científicas  
Final Avenida Mártires del 30 de Julio de 1975,  
Ciudad Universitaria "Dr. Fabio Castillo Figueroa",  
San Salvador, El Salvador.

### Teléfono:

(503) 2225-8434

### Correo electrónico:

[revista.minerva@ues.edu.sv](mailto:revista.minerva@ues.edu.sv)

### Periodicidad:

Se publica semestralmente, con dos números anuales correspondientes a los períodos de enero-junio y julio-diciembre.

### Objetivo:

Difundir investigaciones inéditas y originales, de calidad científica, elaboradas por los miembros de la comunidad académica y profesional nacional e internacional.

### Alcance:

Revista Minerva cumple con los principios de acceso abierto. Publica artículos científicos de las diferentes áreas del conocimiento, entre ellas la Física, la Química, la Biología, las Matemáticas, Ciencias Ambientales, Ciencias Sociales, Ciencias Humanísticas, Medicina, Ingenierías, entre otras. La revista acepta artículos de investigación, revisión y reflexión en español e inglés.

### ACLARATORIA:

LAS IDEAS Y OPINIONES CONTENIDAS EN LOS TRABAJOS Y ARTÍCULOS SON DE RESPONSABILIDAD EXCLUSIVA DE LOS AUTORES Y NO EXPRESAN NECESARIAMENTE EL PUNTO DE VISTA DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.



MINERVA es una revista con licencia creative commons 4.0 CC BY: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

## AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

**M.Sc. Roger Armando Arias Alvarado**  
Rector

**PhD. Raúl Ernesto Azcúnaga López**  
Vicerrector Académico

**Ing. Agr. M.Sc. Juan Rosa Quintanilla Quintanilla**  
Vicerrector Administrativo

**Ing. Francisco Antonio Alarcón Sandoval**  
Secretario General

**Lic. Rafael Humberto Peña Marín**  
Fiscal General

**MVz. María José Vargas**  
Presidenta Asamblea General Universitaria (AGU)

**Ing. Agr. M.Sc. José Miguel Sermeño Chicas**  
Secretario de Investigaciones Científicas (SIC-UES);  
Director Ejecutivo del Consejo de Investigaciones Científicas (CIC-UES)

## COMITÉ EDITORIAL

**Director Editorial**  
Isidro Galileo Romero Castro  
[isidro.romero@ues.edu.sv](mailto:isidro.romero@ues.edu.sv)

**Editor Gráfico**  
Luis Alberto Sánchez Alfaro  
[luis.alfaro@ues.edu.sv](mailto:luis.alfaro@ues.edu.sv)

**Editor Digital**  
Saúl Antonio Vega Baires  
[saul.vega@ues.edu.sv](mailto:saul.vega@ues.edu.sv)

**Correctores de Estilo**  
Andrea Veraliz Delgado de Martínez  
[andrea.salazar@ues.edu.sv](mailto:andrea.salazar@ues.edu.sv)

Cristina Isabel Guzmán Cruz  
[cristina.guzman@ues.edu.sv](mailto:cristina.guzman@ues.edu.sv)

Selvin Mauricio Montano Quintanilla  
[selvin.montano@ues.edu.sv](mailto:selvin.montano@ues.edu.sv)

---

## COMITÉ CIENTÍFICO

### Miembros UES

#### Brenda Iliana Gallegos

Docente de Educación Alimentaria y Nutricional, Facultad de Medicina, Universidad de El Salvador

#### Dagoberto Pérez

Docente de Cultivos Anuales, Departamento de Ciencias Agronómicas, Facultad Multidisciplinaria Paracentral, Universidad de El Salvador

#### David A. Hernández

Unidad de Becas de Posgrado para el Exterior, Universidad de El Salvador

#### Evelin P. Gutiérrez de Doradea

Investigadora, Unidad de Investigación, Facultad de Jurisprudencia y Ciencias Sociales, Universidad de El Salvador

#### José Roberto Ramos López

Docente, Escuela de Ingeniería Eléctrica, Universidad de El Salvador

#### Rudis Yímar Flores

Docente Investigador, Facultad Multidisciplinaria Oriental, Universidad de El Salvador

#### Ruth Fernández de Quezada

Docente, Facultad de Odontología, Universidad de El Salvador

### Miembros externos a la institución

#### Andrea L. Joyce

Assistant Professor, University of California, Merced. Estados Unidos

#### Ignacio Aisur Agudo Padrón

Gerente Investigador Projeto "Avulsos Malacológicos - AM", Florianópolis, Santa Catarina / SC, Brasil

#### James Iffland

Professor in the Languages department at Boston University

#### José Rutilio Quezada

Consultor Internacional. Manejo Integrado de Plagas y Control Biológico, Estados Unidos

#### Luis A. Mejía

Adjunct Professor, Department of Food Science and Human Nutrition, University of Illinois, Urbana-Champaign

#### Luis Pineda

Técnico en Gestión de Cuencas y Humedales Autoridad Científica en Fauna Silvestre-CITES. Dirección General de Ecosistemas y Biodiversidad, Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador

#### Mario Ernesto Parada Jaco

Gerente de Investigación y Desarrollo Tecnológico Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal

#### Mónica Lara Uc

Profesora Investigadora, Universidad Autónoma de Baja California Sur, México

#### Paul Almeida

Professor and Chair of Sociology, University of California, Merced. Estados Unidos

#### Pedro José Toruño

Profesor, Departamento de Agroecología, Escuela de Ciencia Agraria y Veterinaria, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León

#### Randy Atencio Valdespino

Entomólogo  
Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá

#### Tania Vianney Gutiérrez Santillán

Estancia Postdoctoral, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León, México

#### Víctor D. Carmona Galindo

Associate Professor and Director of Sustainability, College of Engineering and Science, University of Detroit Mercy. Estados Unidos

#### William R. Fowler

Cross College Scholar, Founder and Editor-in-Chief, Ancient Mesoamerica, Associate Professor, Department of Anthropology / Vanderbilt University

---

# Contenido

<b>ARTÍCULOS CIENTÍFICOS</b>	<b>7</b>
<b>Estrategia metodológica para el diagnóstico de la producción de recursos educativos digitales</b>	<b>9</b>
Karina Guardado, Lázaro Viera, Jesús Vasco	
<b>Impacto de la fuga de cerebros en los países en desarrollo</b>	<b>27</b>
Gracia Ivonne Bonilla-Morán	
<b>Decisiones financieras y desempeño organizacional: la influencia de la mujer en la generación de valor</b>	<b>43</b>
Alexander Haro-Sarango, Nayelli Mishell Naranjo-Cedeño	
<b>Impacto económico por el COVID-19 en sectores productivos del oriente de El Salvador 2020</b>	<b>56</b>
Marta Villatoro-de-Guerrero	
<b>Capacidad antioxidante y contenido cafeína en Cafés especiales de El Salvador</b>	<b>75</b>
Ulises G. Castillo, Edgar Aldair Joachin, Morena L. Martínez, Ernesto Velásquez, Lily Pacas, Marvin J. Núñez	
<b>Estudio de la toxicidad aguda y subaguda oral del extracto etanólico de las hojas de <i>Hamelia patens</i> (Rubiceae) en ratón</b>	<b>85</b>
María H. Escobar, Juan Pablo Sanchez-Perez, Jesús N. Avalos, José G. Mejía, Simon G. Toloza, Marvin J. Núñez, Miguel A. Moreno	
<b>Recursos ictiológicos en las propuestas de áreas de conservación de Santo Domingo de los Tsáchilas</b>	<b>93</b>
Jerson Chanchay, Fiama Valeria Chévez-Avilés, Veronica Elizabeth Narváez-Terán	
<b>Medidor de relación de eficiencia energética de bajo costo para aires acondicionados de ventana y unidades separadas</b>	<b>102</b>
Carlos Pocasangre, Manfred Gonzalez	
<b>ESTUDIO DE CASOS</b>	<b>124</b>
<b>Guía para el modelo de distribución de especies por Máxima Entropía, estudio de caso de la "lora nuca amarilla" <i>Amazona auropalliata</i> en El Salvador</b>	<b>125</b>
Carlos Giovanni Rivera, Katherine Tatiana Funes-Hernández, José Fernando Merino-Villalta, Alicia Verónica Beltrán-Sánchez	
<b>ARTÍCULOS DE REVISIÓN</b>	<b>143</b>
<b>Las voces subalternas en la Puerta del Cielo de Luis de Lion</b>	<b>145</b>
Luis Antonio Tobar-Quintero	

# Content

<b>SCIENTIFIC ARTICLES</b>	<b>7</b>
<b>Methodological strategy for the diagnosis of the production of digital educational resources</b>	<b>9</b>
Karina Guardado, Lázaro Viera, Jesús Vasco	
<b>Impact of brain drain in developing countries</b>	<b>27</b>
Gracia Ivonne Bonilla-Morán	
<b>Financial decisions and organizational performance: the influence of women in the generation of value</b>	<b>43</b>
Alexander Haro-Sarango, Nayelli Mishell Naranjo-Cedeño	
<b>Economic impact of COVID-19 in productive sectors of eastern El Salvador 2020</b>	<b>56</b>
Marta Villatoro-de-Guerrero	
<b>Antioxidant capacity and caffeine content in specialty coffees from El Salvador</b>	<b>75</b>
Ulises G. Castillo, Edgar Aldair Joaquín, Morena L. Martínez, Ernesto Velásquez, Lily Pacas, Marvín J. Núñez	
<b>Acute and sub-acute oral toxicity study of the ethanolic extract of leaves from <i>Hamelia patens</i> (Rubiaceae) in mice</b>	<b>85</b>
María H. Escobar, Juan Pablo Sanchez-Perez, Jesús N. Avalos, José G. Mejía, Simon G. Toloza, Marvín J. Núñez, Miguel A. Moreno	
<b>Ichthyological resources in proposals conservation areas of Santo Domingo de los Tsáchilas</b>	<b>93</b>
Jerson Chanchay, Fiama Valeria Chévez-Avilés, Veronica Elizabeth Narváez-Terán	
<b>Low-cost energy efficiency ratio meter for window and separate unit air conditioners</b>	<b>102</b>
Carlos Pocasangre, Manfred Gonzalez	
<b>STUDY OF CASES</b>	<b>124</b>
<b>Guide for the species distribution model by Maximum Entropy, case study of the “yellow-naped amazon” <i>Amazona auropalliata</i> from El Salvador</b>	<b>125</b>
Carlos Giovanni Rivera, Katherine Tatiana Funes-Hernández, José Fernando Merino-Villalta, Alicia Verónica Beltrán-Sánchez	
<b>REVIEW ARTICLES</b>	<b>143</b>
<b>The Subaltern Voices at the Gate of Heaven by Luis de Lion</b>	<b>145</b>
Luis Antonio Tobar-Quintero	

# ARTÍCULOS CIENTÍFICOS







# Revista MINERVA

Plataforma digital de la revista: <https://minerva.sic.ues.edu.sv>



## Estrategia metodológica para el diagnóstico de la producción de recursos educativos digitales

### Methodological strategy for the diagnosis of the production of digital educational resources

Karina Guardado<sup>1</sup>, Lázaro Viera<sup>2</sup>, Jesús Vasco<sup>3</sup>

Correspondencia:  
kguardado@gmail.com

Presentado: 29 de enero de 2021  
Aceptado: 13 de abril de 2021

- 1 Coordinadora de la Unidad de Tecnologías de Información, Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, Universidad de El Salvador.
- 2 Investigador auxiliar, ICCP.
- 3 Universidad de Ciencias Pedagógicas "Enrique José Varona".

#### RESUMEN

**Introducción:** En el presente artículo se describe la estrategia metodológica implementada para el diagnóstico del estado inicial de la producción de recursos educativos digitales en la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática de la Universidad de El Salvador, incluyendo la operacionalización de la variable objeto de investigación. Este estudio se deriva de un proyecto de tesis del programa de Doctorado en Educación de la Facultad Multidisciplinaria de Occidente de la Universidad de El Salvador, que tiene por objeto de estudio la producción de recursos educativos digitales. **Objetivo:** estructurar el procedimiento para caracterizar la producción de recursos educativos digitales en la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática de la Universidad de El Salvador. **Metodología:** se aplicaron los métodos teóricos analítico-sintético y sistémico-estructural y los métodos empíricos de tipo análisis documental, entrevista, grupo focal, encuesta y observación. Además, se utilizaron métodos estadísticos para la determinación de la población y muestra, y para el análisis de resultados se aplicó la triangulación de datos con una perspectiva predominantemente descriptiva e interpretativa. **Resultados:** mediante el análisis de las características de las dimensiones e indicadores de la variable objeto de investigación se determinó que esta se encuentra en un nivel de poco logrado, que corresponde con el estado más alejado de lo deseado. **Discusión:** los resultados confirman la necesidad de contar con un referente teórico-metodológico para dar cobertura a las necesidades pedagógicas, didácticas, metodológicas y organizativas que la variable en estudio demanda, además la estrategia metodológica aplicada tributó en determinar con mayor certeza y objetividad el diagnóstico realizado.

**Palabras clave:** Estrategia metodológica; recursos educativos digitales; entornos virtuales.

## ABSTRACT

**Introduction:** This article describes the methodological strategy implemented for the diagnosis of the initial state of the production of digital educational resources in the Faculty of Natural Sciences and Mathematics of the University of El Salvador, including the operationalization of the variable under investigation. This study is derived from a thesis project of the Doctorate in Education program of the Western Multidisciplinary Faculty of the University of El Salvador, which aims to study the production of digital educational resources. **Objective:** To structure the procedure to characterize the production of digital educational resources in the Faculty of Natural Sciences and Mathematics of the University of El Salvador. **Methodology:** The analytical-synthetic and systemic-structural theoretical methods and empirical methods such as documentary analysis, interview, focus group, survey and observation were applied. In addition, statistical methods were used to determine the population and sample, and for the analysis of results, the triangulation of data was applied with a predominantly descriptive and interpretive perspective. **Results:** Through the analysis of the characteristics of the dimensions and indicators of the variable under study, it was determined that it is at a poorly achieved level, which corresponds to the state furthest from what is desired. **Discussion:** The results confirm the need to have a theoretical-methodological reference to cover the pedagogical, didactic, methodological and organizational needs that the variable under study demands, in addition the applied methodological strategy contributed to determining with greater certainty and objectivity the diagnosis made.

**Keywords:** Methodological strategy; digital educational resources; virtual environments.

## INTRODUCCIÓN

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, UNESCO (2017), la enseñanza superior ha experimentado cambios en los últimos años y con los recursos educativos digitales se imponen nuevas exigencias en la educación superior, entre estas el desarrollo de procesos de aprendizaje novedosos e innovadores. Además, con la irrupción y los avances de las tecnologías de la información y comunicación se han creado nuevos medios y herramientas para el desarrollo y acceso a estos recursos, lo que permite una mayor interactividad en la comunicación docente-estudiante y estudiante-estudiante. Por lo que, es fundamental establecer un diálogo didáctico mediante recursos educativos que integren contenidos que comuniquen elementos significativos (Acebal, 2014), con base a los objetivos de aprendizaje y al diseño curricular (Amador, 2015; Acebal, 2014) que cumplan con ciertas características entre las cuales García (2014) recomienda: que sean precisos,

actuales, válidos, representativos, coherentes, interactivos, integrados, estandarizados, significativos, atractivos y enriquecidos por variedad de formatos.

Por tanto, cabe señalar que los recursos educativos digitales son un elemento importante en la educación y al respecto SITEAL-UNESCO (2018) los define como “contenidos verbales, gráficos, icnográficos, audiovisuales, multimedia y transmedia que se encuentran en la red, que provienen tanto de portales internacionales como de los contenidos creados a nivel nacional” (p. 28). Además, para los autores Espinosa et al. (2017) estos recursos consisten en “un material digital, que puede ser aprovechado con fines educativos a partir de una intencionalidad definida y que contiene metadatos que permiten su descripción y recuperación, lo cual facilita su reutilización y adaptación a diferentes ambientes” (p. 1).

Al estudiar las definiciones y consideraciones anteriores, los autores de esta investigación identifican que no se ajustan en su totalidad al objeto de estudio, por tanto,

consideran necesario elaborar una definición contextualizada y operativa. Para ello han tomado como referencia el significado etimológico de Recurso Educativo Digital (RED), a partir de los significados de recurso y material del Diccionario de la Lengua Española, Real Academia Española; de las características más relevantes de las definiciones de los autores antes mencionados y de la experiencia de los autores con el objeto de estudio, de allí que definen un RED como: **un material digital conformado por un conjunto de información, orientaciones y/o actividades, preparados con el fin de apoyar, acompañar y fomentar el aprendizaje autorregulado, en correspondencia con los conocimientos, competencias y actitudes que se pretende que alcance el estudiante, y adaptados a sus necesidades y a un diseño curricular.**

A partir de este orden de ideas, para iniciar con el diagnóstico de la producción de recursos educativos digitales en la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática de la Universidad de El Salvador se ha estructurado y aplicado una estrategia metodológica, y en particular en las carreras que se ofertan en educación a distancia, por el desarrollo que el objeto de estudio ha tenido en esta modalidad. Esto sobre la base de algunos antecedentes y de la revisión de literatura científica que oriente sobre diferentes términos y procedimientos, entre estos la operacionalización de la variable objeto de la investigación de la que se deriva este artículo.

Como parte de este proceso ha sido necesario comenzar por identificar algunos antecedentes y al respecto cabe destacar que la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática de la Universidad de El Salvador, fue fundada el 5 de septiembre de 1991, por acuerdo del Consejo Superior Universitario y a iniciativa del entonces Rector el Dr. Fabio Castillo (CIMAT, 2012). Actualmente, la facultad está

conformada académicamente por las escuelas de Física, Química, Biología y Matemática, en total se imparten 10 carreras de pregrado en modalidad presencial, y desde el Programa de Educación a Distancia se imparten 3 carreras. Además, la facultad cuenta con un aproximado de 1900 estudiantes y 111 docentes de planta.

La oferta de carreras en el Programa de Educación a Distancia, en la facultad, requirió de un proceso de producción de contenidos y recursos educativos digitales para el cual se adoptó el proceso y metodología que en la Universidad de El Salvador se ha venido realizando a partir del año 2016 (Guardado, 2019). Desde los inicios del proceso de producción de recursos educativos digitales, se trabajó principalmente con la producción de video-clases, algunas audio-clases, y muy pocos videos animados. Para la producción de estos recursos se ha contado con el apoyo de la Unidad de Producción de Multimedia de la Universidad de El Salvador, que comenzó a funcionar en el año 2016, a partir de la oferta de algunas carreras en modalidad virtual, y cuenta con dos estudios de grabación, áreas de edición y desarrollo de aplicaciones, cabinas de control, equipamiento y personal contratado en áreas de periodismo, artes y sistemas informáticos (Guardado, 2019).

Según se observó, si bien se cuenta con el apoyo técnico de la Unidad de Producción de Multimedia para la grabación de video-clases, la fase previa a este proceso se realiza de manera empírica al interior de la facultad, con el apoyo de procesos de inducción en los que se brindan orientaciones básicas al personal asignado, y se proporcionan algunas plantillas de trabajo para la elaboración de los recursos educativos digitales. Sin embargo, para la producción de otros tipos de recursos se carece de unidades de apoyo y referentes teóricos-metodológicos.

Con respecto a la modalidad presencial, la exploración realizada permitió identificar

que la producción de recursos educativos digitales, hasta el año 2019, ha sido limitada y enfocada principalmente a la elaboración de presentaciones en formato de PowerPoint y documentos en formato de Word y PDF. También, se observa que pocos docentes utilizan aulas virtuales en sus asignaturas. A partir del año 2020, a causa de la pandemia del COVID-19 se ha requerido de la producción de recursos educativos por parte de los docentes para atender la oferta de las asignaturas, pero con una producción realizada de manera empírica y con una dinámica diferente a la de la modalidad a distancia en términos de procedimientos, seguimiento y documentación.

A partir de los antecedentes descritos, se identificó que, para realizar la caracterización del diagnóstico de la producción de recursos educativos digitales en la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática de la Universidad de El Salvador, la recolección de datos se orientaría con mayor predominancia en la modalidad a distancia porque se cuenta con mayor información y experiencia referente al objeto de estudio.

Por lo que para iniciar con el diagnóstico de la producción de recursos educativos digitales en la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática de la Universidad de El Salvador, ha sido necesario identificar literatura científica que oriente sobre diferentes términos y procedimientos relacionados con la operacionalización de la variable, y para ello se comienza con el concepto de variable, que según Tamayo (2004), este término se utiliza para “designar cualquier característica de la realidad que pueda ser determinada por observación y que pueda mostrar diferentes valores de una unidad de observación a otra.” (p. 163). Además, según este autor, la operacionalización de la variable, consiste en definir las dimensiones, que son los factores

que se van a medir con respecto a la variable. Por otra parte, los indicadores señalan cómo se van a medir las dimensiones y la ponderación de la variable, que será obtenida a partir de diferentes combinaciones de valores de las dimensiones y de los indicadores.

Como parte de este proceso ha sido necesario identificar y establecer la población y muestra. Al respecto, según Tamayo (2004), la población corresponde a la “totalidad de un fenómeno de estudio, incluye la totalidad de unidades de población que integran dicho fenómeno y que debe cuantificarse para un determinado estudio integrando un conjunto N de entidades que participan de una determinada característica” (p. 176). Además, explica que la muestra se determina cuando “no es posible medir cada una de las entidades de población” y agrega que la muestra debe ser representativa de la población y que su tamaño estará determinado por “el nivel de precisión requerido por el error de muestreo aceptable o dispuesto a tolerar” (p. 176). También, el autor aclara que cuando se toma la totalidad de la población es entonces que se habla de un universo y que, en este caso, no se requiere de la determinación de una muestra.

Para la valoración de los resultados se aplicó la técnica de triangulación de datos, en la que, según Denzin (2015), intervienen personas, tiempo y espacio, y define el término triangulación como “la aplicación y combinación de varias metodologías de investigación en el estudio de un mismo fenómeno” (p. 1). Por su parte, Flick (2018) explica que este método es posible aplicarlo en investigaciones mixtas en las que se combinan enfoques cualitativos y cuantitativos, que permite un panorama más amplio del objeto de investigación.

Por tanto, con base en los antecedentes y el marco teórico descrito, se presenta la estrategia metodológica que se diseñó y aplicó para realizar el diagnóstico de la producción

de recursos educativos digitales en la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática de la Universidad de El Salvador. Luego se concluye con el análisis de los resultados obtenidos con base a la medición de una serie de indicadores para cada una de las dimensiones definidas para el análisis del estado inicial de la variable en estudio.

## METODOLOGÍA

Para realizar el diagnóstico de la producción de recursos educativos digitales en la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática de la Universidad de El Salvador, se aplicó un enfoque metodológico mixto, con una estrategia metodológica estructurada en diferentes pasos, los cuales se detallan a continuación:

a) Se determinó la variable objeto de investigación: **“Producción de recursos educativos digitales en la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática de la Universidad de El Salvador”**.

b) A partir de la determinación de los aspectos y definiciones conceptuales más relevantes del marco teórico de la investigación de la que se ha derivado este estudio, se precisó y definió conceptualmente la variable objeto de investigación como: **“Proceso de construcción de materiales digitales de apoyo al logro de objetivos de aprendizaje y al desarrollo de contenidos curriculares, a partir de preceptos organizacionales, pedagógicos, metodológicos y tecnológicos, dirigidos a la enseñanza-aprendizaje”**.

c) Se realizó la operacionalización de la variable, y para ello se determinaron cuatro dimensiones: organizativa, metodológica, tecnológica y pedagógica. Para cada una de estas dimensiones se realizó una definición y a partir de sus características esenciales se determinaron algunos indicadores que son los aspectos que han sido aplicados para

el estudio de la variable, definiéndose ocho indicadores para la dimensión organizativa, entre los que se han considerado aspectos relacionados a la existencia de una estructura organizativa legalmente aprobada, infraestructura de trabajo, normativa, políticas, medios de interacción entre los participantes en el proceso, y unidades de apoyo. Para la dimensión metodológica se determinaron diez indicadores, entre los cuales se han establecido aspectos como la concordancia con un modelo de diseño instruccional, fundamentación teórica, estrategias de actualización de los recursos existentes y documentación de referencia metodológica. En cuanto a la dimensión tecnológica los nueve indicadores definidos están orientados a valorar los medios y soportes tecnológicos de apoyo a la elaboración de los recursos educativos digitales, por ejemplo, la infraestructura tecnológica disponible para la gestión de los recursos y para su producción, la reutilización, accesibilidad e interoperabilidad de estos recursos y la disponibilidad de entornos virtuales. Para la dimensión pedagógica se definieron ocho indicadores, desde una perspectiva didáctica en la elaboración de los recursos educativos digitales en cuanto a la presentación didáctica, uso de guías didácticas, diversidad de formatos y medios, criterios de validación didáctica, capacitación docente y caracterización de la audiencia para quienes se elaboran los recursos educativos digitales.

d) Para asignar una ponderación a la variable objeto de investigación, primero se estableció una escala no métrica de tipo ordinal que representa los diferentes rangos en que pueden presentarse en la realidad los indicadores, las dimensiones y la variable, a partir de su estudio. Al respecto, se determinó como categoría de valor el **nivel** y se establecieron tres rangos de valores de los indicadores, dimensiones y la variable, con categorías **I, II y III**. El **nivel I**

considerado como **Poco Logrado**, es el más alejado del estado deseado; el **nivel II** es el **Medianamente Logrado**, es menos alejado del estado deseado. El **nivel III** considerado como **Logrado**, es el que coincide con el estado más cercano a lo deseado.

Luego, se estableció como regla de decisión que, para asignar el nivel a cada indicador se consideraría el que tuviese mayor representación en el indicador. Esto sobre la base del análisis de los resultados obtenidos de los ítems de los instrumentos de recolección de datos, aplicados a la población y muestra que estén directamente relacionados con el indicador.

Posteriormente, se asignó un valor a cada nivel para lograr una ponderación de acuerdo al peso que tiene cada uno en la evaluación de cada constructo determinado, potenciando los niveles que más se acercan al estado deseado y es así que para el caso del nivel I se asignó el valor 1, para el nivel II el valor 2 y para el nivel III el valor 3. Con esto fue posible determinar la fórmula para cada dimensión y para la variable, a partir de la suma de los valores numéricos de los indicadores, multiplicados por el peso que se determinó para cada tipo de indicador en la ponderación, como se muestra a continuación:

$$\text{Nivel de una dimensión} = \frac{\left[ \text{Cantidad de indicadores en el nivel I} \right] * (1) + \left[ \text{Cantidad de indicadores en el nivel II} \right] * (2) + \left[ \text{Cantidad de indicadores en el nivel III} \right] * (3)}{\text{Cantidad total de indicadores de la dimensión}}$$

Dado que el resultado puede ser un valor numérico no entero, se estableció un rango de

valores para aproximar el nivel de la dimensión, como se muestra a continuación:

Nivel I ----- Si el resultado es  $\geq 1$  y  $\leq 1.5$

Nivel II ----- Si el resultado es  $> 1.5$  y  $\leq 2.5$

Nivel III ----- Si el resultado es  $> 2.5$  y  $\leq 3$

Luego con los resultados de las dimensiones se determinó la fórmula para establecer el nivel de la variable, a partir de la suma de los

valores numéricos de las dimensiones, como se muestra a continuación:

$$\text{Nivel de la variable} = \frac{\left[ \text{Cantidad de dimensiones en el nivel I} \right] * (1) + \left[ \text{Cantidad de dimensiones en el nivel II} \right] * (2) + \left[ \text{Cantidad de dimensiones en el nivel III} \right] * (3)}{\text{Cantidad total de indicadores de la variable}}$$



Dado que el resultado puede ser un valor numérico no entero, se estableció un rango de valores para aproximar el nivel de la variable, como se muestra a continuación:

Nivel I ----- Si el resultado es  $\geq 1$  y  $\leq 1.5$

Nivel II ----- Si el resultado es  $> 1.5$  y  $\leq 2.5$

Nivel III ----- Si el resultado es  $> 2.5$  y  $\leq 3$

e) Teniendo en cuenta la operacionalización de la variable, se determinaron los métodos empíricos para el diseño de los instrumentos necesarios para la recolección de los datos referentes al estado actual de la variable objeto de investigación. Para ello, se seleccionaron el análisis bibliográfico y documental, la observación, la entrevista individual, la entrevista de grupo focal y la encuesta (Hernández-Sampieri et al., 2014). Además, se elaboraron los instrumentos para obtener la información a partir de la población objetivo de la investigación, siendo estos una guía para el análisis bibliográfico y documental, una guía para la entrevista de grupo focal, una guía para la entrevista individual semiestructurada, un cuestionario para cada encuesta y una guía para la observación de recursos educativos digitales producidos en la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática.

Los cuestionarios se construyeron con la herramienta de Google Forms y constan en su mayoría de preguntas de opción múltiple, algunas preguntas de tipo dicotómicas (Sí o No), preguntas con opciones de respuesta en escala tipo Likert de 4 niveles, algunas preguntas con respuesta única sin escala y una pregunta abierta para obtener observaciones u otra información que el encuestado podría considerar relevante con respecto al objeto de estudio.

f) Se precisaron los instrumentos para la recolección de datos, a partir de procesos de validación como consulta a especialistas y la validez de contenido (Hernández-Sampieri

et al., 2014), que consistió en la revisión de los referentes teóricos y metodológicos de la literatura científica relacionada con el objeto de la investigación. En el caso particular del instrumento de guía de observación, también se realizó una prueba piloto para la aplicación del instrumento, lo que tributó en realizar mejoras en su estructuración. Posterior a la construcción de los instrumentos, estos se correlacionaron con las dimensiones y los indicadores.

g) Se determinó la población y la muestra de la investigación y se estableció el tipo de instrumento a utilizar para la recopilación de la información. Entre las poblaciones definidas están los docentes que elaboraron recursos educativos digitales para la modalidad de educación a distancia en el año 2020, los docentes de la modalidad presencial, los coordinadores de carrera y de cátedra de la modalidad a distancia, los docentes tutores de la modalidad a distancia, coordinación de la Unidad de Producción de Multimedia de la Universidad de El Salvador y estudiantes de la modalidad presencial y de la modalidad a distancia. De estas poblaciones se determinó que en su mayoría se trabajaría con encuestas para la recopilación de datos a excepción de los coordinadores de carrera, coordinación de educación a distancia de la facultad y coordinación de la Unidad de Producción de Multimedia, para los cuales se realizaron entrevistas individuales y/o de grupo focal.

Además, con respecto a los tutores y estudiantes se definió que se trabajaría con una muestra por la cantidad de participantes en cada población y dado que se conocía el total de unidades que integraban el objeto de estudio y la cantidad de cada población era menor a 100,000, se estableció que las poblaciones eran finitas (Aguilar-Barojas, 2005). Por lo que, para el cálculo de la muestra poblacional se utilizó la siguiente fórmula, tomada de Aguilar-Barojas

(2005) y González (2017), en la que los autores de esta investigación seleccionaron los valores asociados a los elementos que la conforman y

realizaron los cálculos correspondientes para establecer el tamaño de la muestra:

$$n = \frac{Z^2 * N * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q}$$

Donde:

N = población

p = probabilidad que ocurra el evento = 50% = 0.5

En este caso dado que no se conoce la probabilidad de ocurrencia del evento, se optó por un valor del 50% para dar el mismo peso a que ocurra o no ocurra.

q = probabilidad que no ocurra el evento = (1-p) = 50% = 0.5

NC = Nivel de Confianza = 95%

= Error de estimación = 5% = 0.05

Z (obtenido de la tabla del área de la curva normal, con base a un error estimado de 5% y un nivel de confianza deseado del 95%) = 1.96

Para el cálculo de la muestra de las poblaciones de tutores y estudiantes se aplicó la fórmula de la siguiente manera:

$$n_{Ptutores} = \frac{(1.96)^2 * (217) * (0.5) * (0.5)}{(0.05)^2 * (217 - 1) + (1.96)^2 * (0.5) * (0.5)} = 138.90 \approx 139$$

$$n_{Pestudiantes} = \frac{(1.96)^2 * (1911) * (0.5) * (0.5)}{(0.05)^2 * (1911 - 1) + (1.96)^2 * (0.5) * (0.5)} = 320$$

Dado que la población de estudiantes está agrupada en estratos diferenciados, se aplicó la técnica de muestreo estratificado con afijación proporcional a la cantidad de participantes.

Para ello se aplicó la siguiente fórmula de fracción de muestreo, tomada de López-Roldán y Fachelli (2017).

$$n_h = n * \left( \frac{N_h}{N} \right)$$

$n_h$  = tamaño muestral del estrato h

$N_h$  = tamaño poblacional del estrato h

n = tamaño de la muestra total

N = número de unidades de la población total

Al aplicar la fórmula anterior se obtuvieron los siguientes resultados:

**Muestra proporcional para los estudiantes de la modalidad presencial** =  $\left( \frac{1,209}{1911} \right) * 320 = 202.45 = 203$

**Muestra proporcional para los estudiantes de la modalidad a distancia** =  $\left( \frac{702}{1911} \right) * 320 = 117.55 = 118$



h) Una vez finalizado el proceso de validación y precisión de los instrumentos, así como determinada la población y muestra, se planificó la aplicación de los instrumentos y para ello, primero se elaboró una nota dirigida al decano de la facultad, en la que se solicitó la autorización para la aplicación de dichos instrumentos. Con el visto bueno, se procedió a realizar la entrevista de grupo focal y la entrevista semiestructurada individual, de esta manera se inició con el enfoque cualitativo de la investigación, proceso que se realizó entre los meses de septiembre y noviembre del año 2019.

Luego, se consultó a las personas y se les consultaba si aceptaban participar en la entrevista. Cuando se logró su aprobación, se les explicó el objetivo y tiempo de duración, (45 minutos aproximadamente). Además, se estableció el día y fecha de la entrevista en común acuerdo con los participantes. El proceso de realización de las entrevistas duró una semana.

Con respecto al desarrollo cuantitativo de la investigación, se aplicaron las encuestas dirigidas al personal de educación a distancia de la facultad, y para ello se elaboraron cuestionarios en formato de Word y luego se construyeron formularios virtuales a través de la plataforma de Google Forms. Los enlaces a cada encuesta se compartieron con los coordinadores de carrera, quienes a su vez los compartieron con los coordinadores de cátedra, docentes tutores y a los docentes, todos ellos elaboran recursos educativos digitales, y se les identifica con el término de "contenidistas", para que de manera voluntaria participaran en el llenado de las encuestas, con énfasis en el manejo confidencial de la información. El proceso de recolección de datos a través de las encuestas tuvo una duración de tres semanas.

En el caso particular de la encuesta para docentes de la modalidad presencial, los

enlaces se compartieron por medio de los directores de escuela y también se compartió un aviso en redes sociales y en la página web de la facultad, para solicitar que de manera voluntaria participaran en el llenado de la encuesta, instrumento en el que se hizo énfasis acerca del manejo confidencial de la información. Cabe destacar que esta encuesta fue de especial interés para las autoridades de la facultad debido a la situación que se generó a causa de la pandemia del COVID-19 y la necesidad de contar con información relacionada con el objeto de esta investigación. El proceso de recolección de datos para esta encuesta tuvo una duración de tres semanas.

Además, en lo referente a la encuesta para estudiantes, de la modalidad presencial y de la modalidad a distancia, se compartió un aviso con el enlace al formulario, elaborado en la plataforma de Google Forms, a través de diferentes medios como redes sociales, portal web de la facultad y correo electrónico enviado desde la Administración Académica de la facultad, solicitando que de manera voluntaria participaran en el llenado de la encuesta, instrumento en el que se hizo énfasis acerca del manejo confidencial de la información. El proceso de recolección de datos para esta encuesta tuvo una duración de tres semanas.

Con respecto a la cantidad de participantes en cada uno de los métodos empíricos empleados para la recopilación de datos, se logró una cantidad representativa para cada población y muestra definida: participaron 139 docentes tutores, 407 estudiantes de la modalidad presencial, 299 estudiantes de la modalidad a distancia, 65 docentes de la modalidad presencial, 33 coordinadores de cátedra y 16 docentes que elaboraron recursos educativos digitales en el año 2020.

i) Luego se continuó con el desarrollo cualitativo de la investigación, mediante la aplicación de la guía de observación para

recursos educativos digitales, en particular de las asignaturas de las carreras en modalidad a distancia, que se distribuyen a través de la plataforma virtual institucional campus.ues.edu.sv, implementada en el sistema de gestión de cursos Moodle. Además, se aplicó la guía de revisión bibliográfica y documental para la recopilación, revisión, clasificación y análisis de documentos institucionales (acuerdos, informes, presentaciones, reglamentos, modelo educativo y otros) más relevantes y relacionados con el objeto de este estudio.

j) Posterior a la aplicación de los instrumentos para recolección de datos, se realizó el análisis y procesamiento de los resultados obtenidos para determinar el estado inicial de los indicadores, las dimensiones y la variable, y para ello se utilizó la técnica de triangulación de datos, en la que se integraron aspectos cuantitativos y cualitativos, así como también el cruce de criterios.

k) Además de la triangulación de datos, se aplicaron métodos estadísticos predominantemente descriptivos e interpretativos, mediante el uso de porcentajes para el análisis y sistematización de los resultados obtenidos a partir de la aplicación de los instrumentos a la población y muestra.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se identificaron algunas limitantes de la producción de recursos educativos digitales en la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, entre estas se destacan las siguientes:

- Insuficiente documentación y sistematización de referentes teóricos-metodológicos acerca de la producción de recursos educativos digitales, debido a que según las encuestas realizadas el 56.5% de los coordinadores de cátedra indicó que no existe documentación de referencia acerca de este proceso y el 91.3% consideró que sería muy

útil contar con esta información. También, al consultarles si en la facultad se les ha proporcionado documentación de aspectos teóricos y metodológicos, el 43.8.5% indicó que sí, pero que es insuficiente y el 50% que es suficiente. Además, al consultarles de las áreas en las que se les ha proporcionado inducción y/o asesoría, el área metodológica obtuvo un 43.8%, el área organizativa un 37.5% y el área pedagógica un 31.3%. Además, en el caso de los docentes de la modalidad presencial el 3.1% afirma no tener conocimientos de aspectos teóricos, metodológicos y pedagógicos del trabajo en modalidades de educación a distancia, el 7.7% indica que muy bajo, el 38.5% que bajo, un 46.2% que alto y un 4.6% que muy alto.

- Existe deficiente validación de los recursos educativos digitales, lo que se identificó a partir de la entrevista realizada al grupo focal, en la que se mencionó que no se cuenta con criterios de validación. También, al consultarle a los entrevistados si consideraban importante que como parte del proceso de producción se realice un pilotaje de los recursos educativos con estudiantes y tutores, respondieron en su totalidad de manera afirmativa. Además, esto coincide con los resultados de las encuestas realizadas a los docentes contenidistas, en los que el 56.3% respondió que no ha recibido criterios para autoevaluar los recursos educativos digitales y de igual forma el 56.5% de los coordinadores de cátedra. Asimismo, el 100% de los contenidistas coincidió en que sería importante disponer de criterios de evaluación, y también el 100% de los coordinadores de cátedra.

- Deficiente gestión de los recursos educativos digitales, lo que dificulta su acceso y reutilización. Al respecto el 60.9% de los coordinadores de cátedra considera que sería muy útil poder reutilizar los recursos elaborados en otras asignaturas afines, y el 39.1% considera

que sería útil. En el caso de los docentes de la modalidad presencial, el 69.2% considera que sería muy útil y el 23.1% que sería útil. Además, en la encuesta realizada a coordinadores de cátedra, se les consultó si tienen acceso a algún repositorio de recursos educativos digitales de los que puedan disponer y reutilizar, el 34.8% mencionó que no y el 65.2% que sí.

- Poca diversidad de tipos y formatos de recursos producidos, esto se pudo constatar dado que, al aplicar la guía de observación, en particular para las asignaturas de las carreras en modalidad a distancia, se observó que la mayoría de recursos son de tipo pdf y videos. Al respecto, de un total de 1,714 recursos consultados 850 son de tipo pdf, 702 enlaces a videos, 71 enlaces a sitios web externos, 43 presentaciones en formato de Power Point y 48 imágenes. Además, en su mayoría corresponden a recursos que no han sido elaborados por docentes de la facultad dado que, del total de archivos consultados, 1366 son recursos externos y 348 son recursos elaborados internamente y de estos 177 son de tipo pdf, 149 videos, 19 presentaciones de Power Point y 3 imágenes. Según los resultados de la encuesta realizada a los docentes de la modalidad presencial, principalmente elaboran presentaciones en formato de Power Point (87.7%) y documentos de texto (100%).

- Deficiente caracterización de los estudiantes para quienes se elaboran los recursos educativos digitales, el 37.7% de los docentes contenidistas respondió que no cuenta con información acerca de las características de la población estudiantil para la cual se elaboran los recursos educativos digitales, lo que coincide con el 47.8% de los coordinadores de cátedra. Por tanto, al consultarles si consideran importante contar con esta información, el 100% coincidió que sí sería útil, y también el 95.6% de los coordinadores de cátedra.

- Insuficientes programas de capacitación, el 31.3% de los contenidistas manifestaron que las capacitaciones son insuficientes, el 12.5% considera que son poco suficientes, el 50% que son suficientes y el 6.3% que son muy suficientes. Por lo que, al consultarles si les interesaría recibir capacitación, por ejemplo, sobre estrategias didácticas de enseñanza y aprendizaje aplicadas a la producción de recursos educativos digitales, el 81.3% respondió de manera afirmativa y hubo coincidencia al respecto con los coordinadores de cátedra debido a que el 56.5% también indicó tener interés. También, el 87.5% indicó acerca de la necesidad de recibir capacitación acerca del uso de herramientas de software y hardware para la producción de sus recursos educativos digitales, de igual manera el 91.3% de los coordinadores de cátedra. Otra área de capacitación que obtuvo un alto porcentaje de preferencia fue acerca del montaje de recursos educativos en la plataforma virtual, con un valor del 52.2% por parte de los coordinadores de cátedra y el 82.5% para los contenidistas. En el caso de los docentes de la modalidad presencial el 50% considera necesario recibir capacitación sobre modelos de diseño instruccional, 50% sobre estructurar en fases o etapas el proceso de producción de recursos educativos digitales, el 68.8% sobre fundamentos teóricos y metodológicos de la producción de estos recursos y un 50% sobre estándares internacionales en la catalogación de metadatos.

- Carencia de normativa acorde a la producción de recursos educativos digitales. En el grupo focal el 100% manifestó la carencia de normativas, políticas y/o lineamientos referentes a la producción de recursos educativos digitales. Al respecto, a partir de la revisión documental realizada en el Modelo educativo y en las Políticas y Lineamientos Curriculares de la Universidad de El Salvador

(Glower, 2014), no se identificaron aspectos directamente relacionados con la producción de recursos educativos digitales. Sin embargo, se identificó que en el Modelo Educativo de Educación a Distancia de la Universidad de El Salvador (Modelo EaD, 2016), se hace mención acerca de la importancia de la producción de recursos educativos digitales, aunque de manera muy breve. Además, si bien en la universidad no se cuenta con este tipo de normativa, en el Reglamento Especial de la Educación No Presencial en Educación Superior, aprobado por la Asamblea Legislativa en el año 2012, se mencionan algunos elementos como la necesidad de diseñar materiales didácticos para la modalidad no presencial y se destaca el diseño de recursos didácticos como una de las competencias académicas de los docentes que participan en esta modalidad.

- Insuficiente infraestructura tecnológica para la producción de recursos educativos digitales, dado que, según la documentación consultada en la Unidad de Tecnologías de Información, en la facultad no se cuenta con software y hardware especializado para producir recursos educativos digitales. En el caso particular de la modalidad presencial, el equipo con el que cuentan los docentes son principalmente computadoras de escritorio y conectividad a internet de tipo cableado, pero en su mayoría no cuentan con cámara web, micrófono, bocinas ni auriculares, los cuales son necesarios para la creación de recursos básicos de tipo multimedia. Además, según la consulta realizada en el grupo focal, para la producción de otros tipos de recursos educativos digitales, como material de tipo texto, se carece de unidades de apoyo, de espacios, equipamiento, software y personal especializado, lo cual consideran que es necesario.

- Deficiente interrelación de los actores del proceso y marcos de colaboración y cooperación. Al respecto, a criterio del 68.8% de

los contenidistas, actualmente no se ofrecen vías para interactuar con otros docentes que están elaborando recursos educativos digitales, el 68.8% considera que sería muy útil la elaboración de recursos de manera conjunta, y el 31.3% considera que sería útil. De igual manera el 49.2% de los docentes de la modalidad presencial, consideran que sería muy útil interactuar con docentes que tienen experiencia en la producción de recursos educativos, el 40% considera que sería útil y el 10.8% que sería poco útil.

- Carencia de espacios apropiados de producción de recursos educativos digitales en la facultad, debido a que el 100% de los entrevistados en el grupo focal mencionó que en la facultad no se cuenta con espacios adecuados para este proceso, y para la grabación de multimedios los únicos espacios existentes son los estudios de grabación de la Unidad de Producción de Multimedia (UPM) de la Universidad.

- Carencia de personal y/o unidades especializadas en la facultad que apoyen y asesoren sobre la producción de recursos educativos digitales. Se identificó consenso de parte de los coordinadores de cátedra, referente a la importancia de contar con asesoría y apoyo de profesionales, debido a que en los resultados de la encuesta el 91.3% indicó que sería muy útil recibir apoyo técnico, metodológico y pedagógico, y el 8.7% que sería útil. Además, en la pregunta abierta, algunos mencionaron la necesidad de contar con una unidad de producción, revisión y evaluación de materiales didácticos escritos y audiovisuales, así como también la contratación de personal especializado para que les asesore en el proceso. En lo referente a los docentes de la modalidad presencial el 60.0% respondió que sería muy útil y el 33.8% que sería útil.

- Desconocimiento de criterios de evaluación y validación de los recursos que

se elaboran. Esto se identificó a partir de la entrevista realizada en el grupo focal, en la que se mencionó que no se cuenta con criterios de validación. También, al consultarle a los entrevistados si consideraban importante que como parte del proceso de producción se realice un pilotaje de los recursos educativos con estudiantes y tutores, respondieron en su totalidad de manera afirmativa. Además, esto coincide con los resultados de las encuestas realizadas a los contenidistas, en los que el 56.3% respondió que no ha recibido criterios para autoevaluar los recursos educativos digitales e igualmente el 56.5% de los coordinadores de cátedra. Asimismo, el 100% de los contenidistas coincidió en que sería importante disponer de criterios de evaluación, y también el 100% de los coordinadores de cátedra. Al respecto, la autora de la investigación no identificó documentación existente referente a criterios de validación de los recursos educativos digitales.

- Deficiencias en el almacenamiento y clasificación mediante metadatos de los recursos educativos digitales que se producen en la facultad. Según los resultados obtenidos en las encuestas, el 73.9% de los coordinadores de cátedra, indicó desconocimiento sobre estándares de metadatos para la identificación, descripción y catalogación de los recursos educativos digitales. Por tanto, el 39.1% de los coordinadores de cátedra y el 50% de los contenidistas indicó la importancia de recibir capacitación en el área de estándares internacionales. Además, el 43.5% de los coordinadores de cátedra y el 37.5% de los contenidistas, indicaron que es importante recibir formación acerca de cómo realizar la clasificación de los recursos mediante el uso de metadatos. A partir del proceso de observación de recursos educativos digitales se observó la ausencia de metadatos en el 100% de los recursos consultados.

- Deficiente seguimiento de la efectividad didáctica de los recursos educativos digitales que se están utilizando en las asignaturas. Por ejemplo, el 8.7% de los coordinadores de cátedra indicó que nunca consulta a los estudiantes sobre su nivel de comprensión y aprendizaje de los recursos educativos digitales, el 26.1% que pocas veces, el 47.8% que a veces y el 17.4% que muchas veces. Además, al consultarles si dan seguimiento sobre el uso que realizan los estudiantes de los recursos digitales en la plataforma virtual, el 65.2% indicó que no lo realizan y un 34.8% mencionó que sí. En la misma línea, al consultarle a los estudiantes acerca de su valoración sobre los recursos educativos digitales, que les son proporcionados en las asignaturas de la carrera que estudian, hubo diversidad de criterios dado que el 6.1% los considera deficientes, el 13.5% regulares, el 28% buenos, el 39.1% muy buenos y el 13.4% excelentes. Con respecto a los docentes tutores, el 40.3% considera que los recursos son excelentes, el 43.9% muy buenos, el 13.7% buenos, el 1.4% regulares y el 0.7% deficientes. Sin embargo, al consultarle a los docentes tutores si han recibido requerimientos por parte de los estudiantes de materiales complementarios a los recursos educativos proporcionados, el 49.8% indicó que sí y el 50.4% que no.

- Falta de políticas o lineamientos relacionadas con la actualización, control de calidad, derechos de autor, estándares y validación de los recursos que han sido elaborados. Por ejemplo, en la consulta realizada referente a la existencia de estrategias de actualización de los recursos educativos digitales, el 39.1% de los coordinadores de cátedra respondió que no tienen definidas y el 60.9% que sí. Sin embargo, en la documentación consultada no se identificó información al respecto, lo que orienta a que probablemente cada coordinación de cátedra y/o carrera



establece sus propios criterios en los casos que lo realizan. Además, en la observación de los recursos educativos digitales en el aula virtual se evidencia la carencia de metadatos como la fecha en que fueron elaborados, el área a la que pertenecen y los derechos de autor.

- Deficiencias en el cumplimiento de aspectos didácticos en algunos recursos educativos digitales. Esto debido a que un bajo porcentaje de los estudiantes que participaron en la encuesta considera que los recursos educativos digitales que les son proporcionados estimulan su interés y mantienen su atención al momento de consultarlos, correspondiente a un 26.7%; y un 30.8% considera que el diseño y presentación de los recursos favorece el adecuado procesamiento de la información. Además, los docentes tutores asignaron los porcentajes de 51.1% y 48.9% para cada caso y los coordinadores de cátedra los valores de 60.9% y 47.8%.

- Deficiente estructura organizativa, debido a que en la facultad no se cuenta con una estructura formalmente creada y legalmente aprobada acerca de la producción de recursos educativos digitales. Por ejemplo, en la modalidad presencial la creación de recursos educativos digitales lo organiza y realiza cada docente de manera más empírica; y en lo referente a la modalidad a distancia, según la información obtenida de los participantes del grupo focal, cada coordinador de carrera es quien organiza el proceso, da seguimiento y avala los productos entregados, en algunos casos con el involucramiento del coordinador de cátedra.

Sin embargo, también se identificaron algunas potencialidades en el estado inicial de la variable del objeto de estudio, entre estas las que se presentan a continuación:

- La interoperabilidad en el formato de los recursos educativos digitales facilita su uso

en diferentes entornos virtuales de enseñanza-aprendizaje. Por ejemplo, se identificó que, el 52.2% de los coordinadores de cátedra considera que siempre es posible consultar los recursos educativos digitales desde diferentes dispositivos, el 39.1% que casi siempre y un 8.7% que algunas veces. De manera similar, el 59.7% de los tutores indicó que siempre, el 36% que casi siempre y el 3.6% que algunas veces. Además, al considerar que los recursos educativos que más se están elaborando en la modalidad a distancia y también en la modalidad presencial, según los resultados de las encuestas y de la observación de recursos, son videos, presentaciones en formato de Power Point y documentos de texto, estos formatos se pueden utilizar en diferentes plataformas, entre estas Moodle, Google Classroom, Schoology y Edmodo. Esto coincide también con la respuesta de los estudiantes al consultarles sobre los medios por los cuales reciben los recursos educativos digitales, en la cual el 83% respondió que por la plataforma Moodle que se utiliza en la Universidad, el 29.8% por Schoology y el 18% por Google Classroom.

- La disponibilidad de un entorno virtual de enseñanza-aprendizaje institucional para la distribución de los recursos educativos digitales.

- La disponibilidad de computadoras actualizadas y con un nivel de procesamiento que, con otros dispositivos adicionales como cámaras web y auriculares se podrían ajustar para la producción de recursos educativos básicos.

- Se utilizan guías didácticas en los que se proporcionan las orientaciones básicas referente al uso de los recursos educativos, las cuales son un buen punto de partida para el diseño instruccional. Al respecto, el 37.5% de los docentes contenidos manifestaron que siempre realiza guías didácticas para los recursos educativos digitales, el 31.3% que casi

siempre, el 6.3% que algunas veces, el 18.8% que muy pocas veces y el 6.3% que nunca. Además, según los coordinadores de cátedra, el 78.3% indicó que brindan guías didácticas a los tutores y el 21.7% que no.

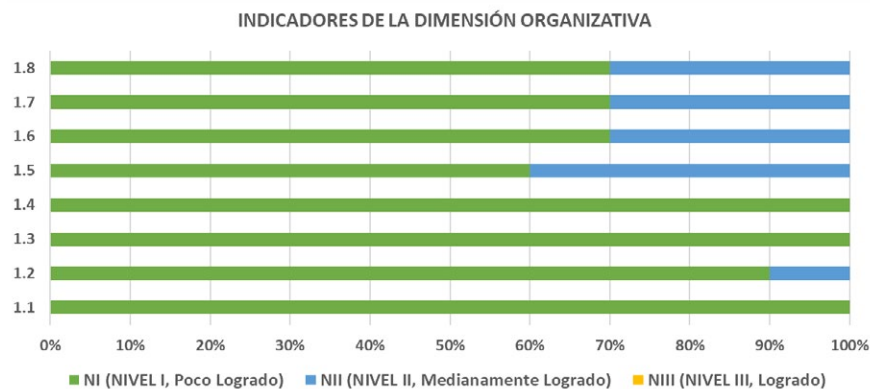
- Secuenta con una Unidad de Producción Multimedia institucional con personal técnico e infraestructura de apoyo a la producción de recursos educativos multimedia.

Sobre la base del análisis de los resultados obtenidos de la aplicación de los métodos

empíricos de entrevistas, encuestas, revisión documental y observación, así como también de la aplicación de la técnica de triangulación de datos, se realizó la valoración del estado actual de la variable objeto de investigación, con mayor predominancia en la modalidad de educación a distancia. Al respecto, los resultados del estado inicial de los indicadores para cada una de las dimensiones, se muestran en las Figuras 1, 2, 3 y 4, en las cuales se ha asociado un porcentaje de correspondencia de nivel de logro para cada indicador.

**Figura 1**

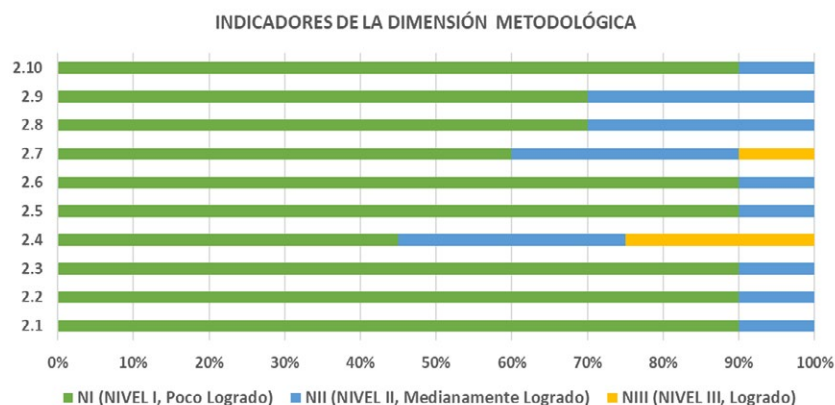
Representación gráfica del estado inicial de los indicadores de la dimensión Organizativa



Nota: Elaboración propia.

**Figura 2**

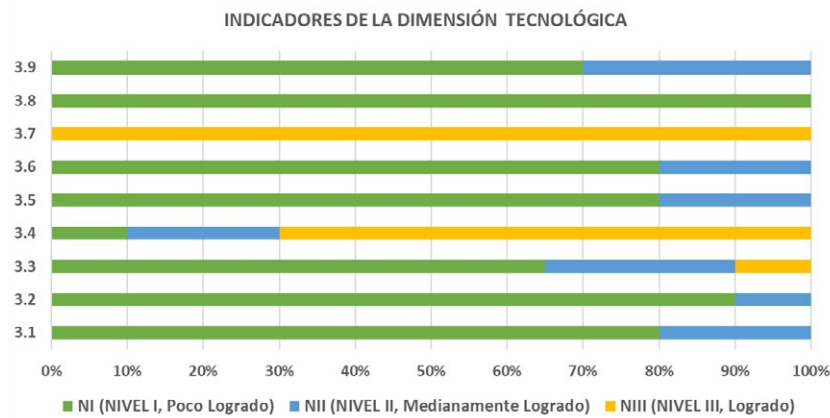
Representación gráfica del estado inicial de los indicadores de la dimensión Metodológica



Nota: Elaboración propia.

**Figura 3**

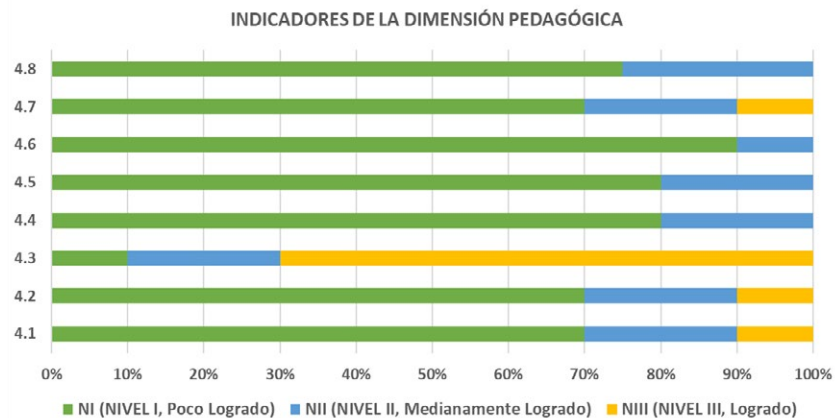
Representación gráfica del estado inicial de los indicadores de la dimensión Tecnológica.



Nota: Elaboración propia.

**Figura 4**

Representación gráfica del estado inicial de los indicadores de la dimensión Pedagógica.



Nota: Elaboración propia

Según los resultados anteriores, a criterio de los autores de esta investigación, se determinó que en la dimensión **Organizativa** los ocho indicadores corresponden con el Nivel 1; en la dimensión **Metodológica** los diez indicadores se ubican en el Nivel 1; en la dimensión **Tecnológica** se asociaron siete indicadores con el Nivel 1 y dos indicadores con el Nivel III; y en la dimensión **Pedagógica** se ubicaron siete indicadores en el Nivel 1 y un indicador en el Nivel III. Esto indica que los indicadores en su

mayoría se encuentran en el Nivel 1, que se refiere al estado más alejado de lo deseado y es considerado como Poco Logrado. A partir de la determinación del nivel de logro de los indicadores, se estableció el nivel de logro de las dimensiones y de la variable, y al respecto la dimensión **Organizativa** se ubica en el **Nivel I**, que es poco logrado; la **Metodológica**, en el **Nivel I**, poco logrado; la dimensión **Tecnológica**, en el **Nivel II**, medianamente logrado; y la dimensión **Pedagógica** en el **Nivel I**, poco



logrado. Por tanto, la variable **“Producción de recursos educativos digitales en la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática de la Universidad de El Salvador”** se determinó que se encuentra en el **Nivel I**, que es el más alejado de lo deseado y considerado como **Poco Logrado**.

## CONCLUSIONES

La determinación de la estrategia metodológica para realizar la caracterización de la variable objeto de investigación, tributó, con mayor certeza y objetividad, a la comparación del estado actual de la variable en estudio con el estado más cercano a lo deseado, a partir del análisis de sus principales características definidas a través de sus 4 dimensiones y 35 indicadores. Con esto se logró profundizar en la caracterización de la variable objeto de la investigación, en el estudio de los antecedentes y en el análisis de los resultados de la aplicación de los instrumentos para la recolección de datos, lo que permitió identificar sus principales potencialidades y procesos susceptibles de mejoras.

Además, a partir de estos resultados surge la necesidad de la elaboración de un referente teórico-metodológico, logístico y práctico-educativo. Esto con el propósito que guíe, regule y lidere con efectividad la producción de recursos educativos digitales para dar cobertura a las necesidades pedagógicas, didácticas, metodológicas, organizativas e informativas que el proceso demanda en la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática de la Universidad de El Salvador.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores de esta investigación agradecen la asesoría recibida por parte del Prof. Titular, Dr. C. Maikel Carnero Sánchez, docente investigador del Centro de Estudios para el

Perfeccionamiento de la Educación Superior-Universidad de La Habana, Cuba.

Los autores agradecen a la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática por la autorización y el apoyo brindado para la aplicación de los instrumentos de encuestas y entrevistas para la recolección de datos con lo que fue posible realizar el diagnóstico del objeto de estudio de esta investigación.

## REFERENCIAS

- Acebal, A. M. (2014). *El factor humano en la educación a distancia*. (2ª ed.). BookBaby.
- Aguilar-Barojas, S. (2005). Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud. *Salud en Tabasco*, 11(1-2), 333-338. <https://www.redalyc.org/pdf/487/48711206.pdf>
- Amador, O. (2015). *¿Simplex materiales o recursos didácticos?, posibilidades y realidades*. Manuscrito inédito, Centro de Capacitación en Educación a Distancia (CECED). Universidad Estatal a Distancia (UNED), de Costa Rica.
- CIMAT (2012). *Historia de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática*. <http://www.cimat.ues.edu.sv>
- Denzin, N. (2015). *Triangulation*. University of Illinois at Urbana-Champaign, USA. <https://doi.org/10.1002/9781405165518.wbeost050.pub2>
- Espinosa, J., Aguirre, Y. y Tabares, V. (2017). *Herramienta para Evaluación Automática de Metadatos en Recursos Educativos Digitales*. VIII International Conference of Adaptive and Accessible Virtual Learning Environment – CAVA. <https://www.researchgate.net/publication/317170093>
- Flick, U. (2018). *Doing Triangulation and Mixed Methods*. Sage.

- García, L. (2014). *Bases, mediaciones y futuro de la educación a distancia en la sociedad digital*. Editorial Síntesis. Edición de Kindle, Amazon.
- Glower, A. (2014). *Modelo Educativo y Política y Lineamientos Curriculares de la Universidad de El Salvador: Gestión 2011-2015* (1ª ed.). Universidad de El Salvador, Editorial Universitaria.
- González, N. (2017). *El Ingeniero Y El Desarrollo De Los Negocios: Una Visión Práctica*. Palibrio.
- Guardado, K. (2019). Antecedentes del Proyecto Universidad en Línea-Educación a Distancia de la Universidad de El Salvador. *Revista Diálogo Interdisciplinario sobre Educación (REDISED)*, 1(2), 46-69. <http://revistas.ues.edu.sv/index.php/redised/article/view/1596>
- Hernández-Sampieri, R., Fernández Colado, C. y Baptista-Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (6ª ed.). McGRAW-HILL
- López-Roldán, P.; Fachelli, S. (2017). El diseño de la muestra. En P. López-Roldán y S. Fachelli (Ed.), *Metodología de la Investigación Social Cuantitativa*. Bellaterra. (Cerdanyola del Vallès): Dipòsit Digital de Documents, Universitat Autònoma de Barcelona. Capítulo II.4. <https://ddd.uab.cat/record/185163>
- Modelo EaD (2016). *Modelo educativo de educación a distancia de la Universidad de El Salvador*. Manuscrito inédito, Universidad de El Salvador, Universidad en Línea y Educación a Distancia.
- SITEAL-UNESCO (2018). *Enfoque de la Agenda Educativa Digital*. Ministerio de Educación, Ecuador. [http://www.siteal.iipe.unesco.org/sites/default/files/sit\\_accion\\_files/siteal\\_ecuador\\_5017.pdf](http://www.siteal.iipe.unesco.org/sites/default/files/sit_accion_files/siteal_ecuador_5017.pdf)
- Tamayo, M. (2004). *El proceso de la investigación científica* (4a de.). Limusa.
- UNESCO (2017). *Educación Superior Digital*. <https://es.unesco.org/themes/educacion-superior/digital>



# Revista MINERVA

Plataforma digital de la revista: <https://minerva.sic.ues.edu.sv>



## Impacto de la fuga de cerebros en los países en desarrollo

### Impact of brain drain in developing countries

Gracia Ivonne Bonilla-Morán<sup>1</sup>

Correspondencia:  
ivo.bonil2@gmail.com

Presentado: 3 de marzo de 2021  
Aceptado: 13 de mayo de 2021

<sup>1</sup> Coordinadora de la Unidad de Vinculación Universidad Sociedad de la Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de El Salvador

#### RESUMEN

La finalidad del siguiente artículo es estudiar las consecuencias que deja el fenómeno llamado fuga de cerebros o migración de personas altamente capacitadas, partiendo de los aspectos negativos que puede generar en el país de origen, como es la fuga del capital humano y pérdida de productividad, así también los efectos positivos como lo son las exportaciones de capital tecnológico y generación de Inversión Extranjera Directa (IED) en el país de origen. Este tema fue desarrollado mediante la teoría de redes sociales cuyo eje consiste en que el científico del país en desarrollo elige la red afín, es decir, que cuente con el ambiente para desarrollar productividad, que es en los países desarrollados, y es así como decide emigrar.

Posteriormente, es profundizado el tema de las migraciones bajo los conceptos de fuga y ganancia de cerebros los cuales son analizados por diferentes autores quienes exponen sus puntos de vista, alegando que la fuga genera repercusiones negativas a las economías expulsoras y ganancia para las economías receptoras, así también hay otros que dicen que genera consecuencias positivas tanto para las economías expulsoras como para las receptoras. En los gráficos aparece como se encuentra el índice de fuga de cerebros en Latinoamérica, encabezado por El Salvador, lo cual indica la pérdida de recurso humano en el continente. El estudio concluye que, si el científico del país en desarrollo emigra bajo ciertas condiciones al país desarrollado, puede generar ganancia de cerebro tanto en la economía expulsora como en la receptora.

**Palabras claves:** Fuga de cerebros, ganancia de cerebros, teoría de las redes sociales, país en desarrollo, país desarrollado.

#### ABSTRACT

This article aims to study the consequences of the phenomenon named brain drain or migration of highly trained people, starting from the negative consequences that it can have in the country of origin, such as the

flight of human capital and loss of productivity. Thus, it can also generate positive effects such as exports of technological capital and generation of Foreign Direct Investment (FDI) in the country of origin. This topic was developed through the theory of social networks which axis consists in that the scientist from the developing country chooses his/her related network, that has the environment to develop productivity, which is in developed countries, and that is how s/he decides to emigrate.

Subsequently, the issue of migration is deepened under the concepts of brain drain and brain gain, which are analyzed by different authors who expose their different points of view, claiming that the human flight generates negative repercussions for the ejector economies and gains for the receiving economies, thus, there are others who claim that it generates positive consequences for both the sending and receiving economies. The graphs show the brain drain index in Latin America, led by El Salvador, which indicates the loss of human resources in the continent. The study concludes that, if the scientist from the developing country emigrates under certain conditions to the developed country, he can generate brain gain in both the sending and receiving economies.

**Keywords:** Brain drain, brain gain, social media theory, developing country, developed country.

## INTRODUCCIÓN

En el presente artículo se realiza una revisión del tema a través del análisis documental. La fuga de cerebros es un fenómeno global, y no es nuevo, pero ha cambiado de matiz para pasar a formar parte de la expropiación de personas por parte de grandes transnacionales y países del primer mundo, con repercusiones, en ciertas ocasiones negativas, en sus países de origen, como lo sostienen Fernández et al. (2009).

La migración de personal calificado ha atraído considerable atención en los últimos años, ya que los países desarrollados se han centrado cada vez más y de manera explícita en la contratación de personas con talento de países en desarrollo. Un ejemplo bien conocido es el utilizado por Estados Unidos sobre las visas H1-B en la década de 1990 para importar trabajadores calificados, principalmente de India, para el floreciente sector de alta tecnología. Otros países también han aplicado políticas de inmigración selectivas similares. Esto, a su vez, ha abierto un debate sobre las consecuencias energéticas económicas de tales estrategias. En particular, la opinión de que la migración calificada será necesariamente más perjudicial para los países en desarrollo, ha ganado una

amplia aceptación, al menos en la prensa popular (Commander et al., 2004).

La discusión sobre las repercusiones económicas de la migración calificada para las naciones de origen es un tema permanente. Esta situación se ha debatido durante casi cincuenta años o más. Durante este período, la mayoría de los investigadores alegaron que la migración calificada es perjudicial para los países de origen, mientras que las economías receptoras se benefician de la afluencia de trabajadores calificados.

Además, el talento humano se está convirtiendo en uno de los recursos más apalancados en las economías contemporáneas. Las empresas y los gobiernos de las naciones desarrolladas contratan y retienen a migrantes calificados de todo el mundo para hacer frente a la escasez de trabajadores especializados. Esta transferencia de mano de obra calificada puede tener repercusiones negativas o positivas en la prosperidad y el desarrollo de los países de origen. A partir de esta premisa surge la pregunta: ¿Cuáles son las consecuencias de la “fuga de cerebros” tanto en el país de origen como en el receptor? Para responder a dicha pregunta, el presente ensayo se guiará por la teoría de las redes sociales.

## HIPÓTESIS

La hipótesis se deriva de la teoría de las redes sociales, y es que la “fuga de cerebros” o “brain drain” es expuesta a través de la teoría en mención, en el que los nodos o vértices encarnan a los individuos con alto nivel de formación que están investigando en su área de experticia y los lazos expresan las elaboraciones académicas, científicas o investigativas que efectúen con sus colegas. Esto ocurre a nivel internacional y es por ello que las personas deciden emigrar, buscando estos enlaces científicos y por supuesto, mayor bienestar social. Con base a esta teoría surge que la “fuga de cerebros” emerge desde el momento que el investigador o científico encuentra una red en su área de experticia o complementaria y así es como surge el interés de emigrar (forma exógena). Asimismo, puede surgir la fuerza endógena o ganancia de cerebros, la cual ocurre una vez el científico emigra y está produciendo en la red para beneficios del país de origen o, también, una vez ya esté bien formado en el país de acogida, regresa a su país de origen laborando y produciendo lo que hacía en el extranjero.

## TEORÍA DE LAS REDES SOCIALES

La teoría de redes sociales es el estudio de cómo las personas, organizaciones o grupos interactúan con otros dentro de su red. La teoría es más fácil de comprender cuando se examinan las piezas individuales comenzando con el elemento más grande, que son las redes, y bajando hasta el elemento más pequeño, que son los actores (Claywell, 2021).

De alguna manera, las redes pueden concebirse como barrios, ya que las redes están compuestas por los actores y las relaciones entre esos actores. Estos actores, denominados nodos (ver Figura 1), pueden ser personas, organizaciones o empresas.

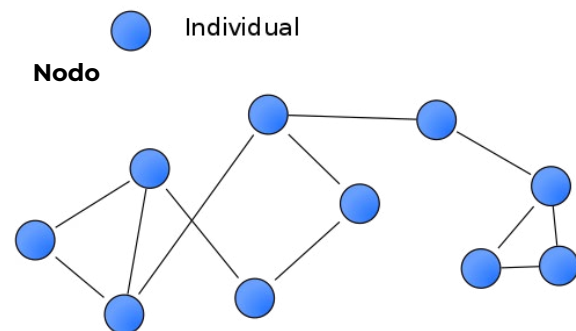
Independientemente de lo que sean, siempre son la unidad más pequeña dentro de una red. Las Naciones Unidas puede ser una red social, Estados Unidos sería un nodo o actor dentro de la red (Claywell, 2021).

De acuerdo a Claywell, los tres tipos de redes sociales que exploran los científicos son las redes egocéntricas, las sociocéntricas y de sistema abierto:

- a) Las redes centradas en el ego están enlazadas con un solo nodo o individuo.
- b) Las redes sociocéntricas son redes cerradas. Un ejemplo de este modelo de red son los empleados dentro de una empresa.
- c) En las redes de sistemas abiertos, las líneas colindantes no están expresamente delimitadas. Ejemplos este modelo de redes que se pueden citar son los enlaces entre compañías.

**Figura 1**

*Red Social o Network*



*Fuente: Sci/Tech News Staff (2006)*

Fuga de cerebros o “brain drain”, se refiere a la movilidad de una nación a otra de un gran número de individuos que cuentan un alto nivel formativo; es decir, cualificación y pericias. La fuga de cerebros trasciende negativamente en los países de origen ya que pierden una parte correspondiente al factor de producción más significativo. Con la fuga de cerebros la

nación de origen se priva del potencial de desarrollo y crecimiento endógeno (Río, 2009). Cabrera (2007), por su parte, define fuga de cerebros como una de las propensiones de las movi­lidades migratorias: la migración de individuos altamente capacitados, es decir, quienes cuentan con una formación científico-académica, ya sea en las ramas naturales, físico-matemáticas, sociales o humanísticas.

Ganancia de cerebros o “brain gain”, es el beneficio para un país como resultado de la inmigración de una o más personas altamente calificadas (European Comission, 2021). Según explica García (2008) la ganancia de cerebros se logra por medio de la formación y fortalecimiento de redes de profesionales y científicos. Estas redes buscan operar como vínculos entre redes de desarrollo científico y tecnológico nacionales e internacionales. La red admite a quienes se han instalado en otras naciones para tener la oportunidad de cooperar con colegas y comunidades científicas establecidas en sus naciones de origen a partir de informes técnicos, consultorías u otras formas de enlace académico.

En ambas situaciones hay una formación de red, es por ello que el presente tema se tratará bajo la teoría de las redes sociales. En este modelo hay nodos que encarnan a los individuos con alto nivel de formación que se están investigando en su área de experticia y los lazos expresan las elaboraciones académicas, científicas o investigativas que efectúen con sus otros colegas. El científico o profesional que tiene el deseo de emigrar considera que para decidir hacerlo proseguirá los siguientes principios: el nivel medio de la red, ya que la productividad de los científicos depende del nivel de cooperación científica que conformen; la utilidad que le produzcan las diversas tipologías de enlaces; la consecuencia que tienen los próximos sobre las productividades individuales; las estimaciones de los distintos

lugares y la tecnología utilizada por los científicos. El experto que decida emigrar escoge los vecinos científicos de su misma red local o científicos del país desarrollado con quienes producirá efectos positivos y complementarios sobre su productividad, de acuerdo a Río (2009).

Dicho de otra forma, cuando el experto emigra hacia una nación desarrollada, para decidir hacerlo no solo toma en cuenta el valor económico como el salario sino también ocupa criterios sociales como las analogías intelectuales. El profesional que muda de red lo hace por la razón que en la nueva red científica puede obtener una mejor y mayor interlocución, que, al mismo tiempo le supone aumentar su productividad, ya que una mayor afluencia de científicos o expertos tiene consecuencias positivas sobre la producción investigativa de cada uno de ellos. Exponer la fuga de cerebros a través de la teoría de redes sociales supone comprender cómo los clústers de científicos o profesionales repercuten en la decisión del profesional de la nación en desarrollo de emigrar hacia una nación desarrollada. Las afluencias de científicos generan una mayor contribución científica y, ésta a su vez, acrecienta la productividad de cada investigador, ya que establece enlaces con otros profesionales e incrementa el avance del trabajo científico o acrecienta el número de productos investigativos alcanzados, como señala Río (2009).

Las redes de contribución científica forjan economías de escala, éstas son las que estimulan a los científicos a reemplazar la red geográfica ya que únicamente los científicos localizados en áreas geográficas específicas pueden favorecerse de las economías desarrolladas que forjan los clústers del conocimiento.

Los grupos de profesionales fomentan en los científicos el interés de emigrar. La fuga de cerebros ocurre porque la pesquisa de una



mayor cooperación científica requiere, en muchas oportunidades, enlace geográfico, puesto que el trabajo de experticia ejecutado en grupo debe soportarse en unos elementos logísticos como la tecnología y el capital a la disposición del ejercicio de la investigación, los cuales están ubicados en algunos lugares en naciones industrializadas.

Los expertos que más propenden a emigrar de sus países en desarrollo, son aquellos que están laborando en pesquisas de punta en alta tecnología o en campos cuyo desarrollo es escasamente somero en la nación: ingeniería electrónica o biomédica, biomedicina, neurología, o matemáticas (Río, 2009). Para ellos, el mayor número de investigadores con los que pueden interrelacionarse están localizados por fuera de su área geográfica, por tanto, para gozar de todos los beneficios que les proporciona la red de cooperación científica de la nación desarrollada deben modificar su localización geográfica.

Los expertos que toman la decisión de emigrar lo hacen porque buscan aumentar su productividad. Como la productividad de cada científico depende del aporte científico que puede proporcionar con sus colegas, los expertos optarán por aquellos territorios donde haya mayor expectativa de incrementar el nivel de cada uno. Las redes con un nivel promedio más alto figuran con mayor contribución científica. La contribución investigativa produce utilidades progresivas, lo que en el patrón permitirá la aglomeración de investigadores; esta figura tiene repercusiones positivas que influyen en la productividad del experto e incluir a otros científicos que refuerzan su quehacer investigativo. Adicional a la aportación científica, la productividad de los investigadores obedece a los recursos tecnológicos, la infraestructura, y el capital de inversión disponibles. En los países desarrollados la infraestructura tecnológica

es óptima y hay una significativa afluencia de expertos, lo cual demanda una mejor infraestructura tecnológica, de acuerdo a Río (2009)

Cuando los expertos de la nación en desarrollo se mueven a la nación desarrollada, su mudanza de red geográfica puede ser temporal o permanente. Si la cantidad de vínculos que desarrolla el experto es superior que el nivel medio de la red de cooperación investigativa, su fuga será perenne, mientras que, si la cantidad de enlaces del investigador con la red de la nación desarrollada es menor que el nivel medio de la red, la fuga será temporal, según concluye Río (2009).

## **FUGA DE CEREBROS, GANANCIA DE CEREBROS Y EFECTOS ECONÓMICOS**

Según García (2008), desde la aparición de las primeras universidades, científicos e intelectuales se han movido por el mundo, lo que ha llevado a la “fertilización cruzada” de ideas entre comunidades científicas con diferentes grados de desarrollo. El “nomadismo científico” es un fenómeno común en la sociedad de científicos e ingenieros. La movilidad de científicos y profesionales se convierte en un tema social, susceptible de ser abordado a través de políticas aplicadas por el Estado, cuando los flujos de intercambio de científicos y profesionales determinan una pérdida neta en el stock de capital humano más calificado.

La expansión actual de mercados a escala global ha abierto una ventana de oportunidad para que el capital humano se acumule donde ya es abundante y, sin embargo, mejor gratificado, tal y como sucede en las naciones desarrolladas. Esta tendencia se ha visto fortalecida por la introducción regular de políticas de inmigración selectiva en varias naciones de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos

(OCDE) desde la década de 1980. Junto con los efectos de autoselección usuales en el lado de la oferta, esto aclara la tendencia inclusiva de que las tasas de migración sean mucho más altas para los altamente calificados. Los indicadores de globalización revelan que entre 1990 y 2000, la relación mundial Exportaciones / PIB (Producto Interno Bruto) ha aumentado en 1,5, así como también la relación IED (Inversión Extranjera Directa) / PIB. Al mismo tiempo, la cifra total de personas nacidas en el extranjero que residen legalmente en los países miembros de la OCDE también ha incrementado en 1,4, con un crecimiento mayor para los migrantes altamente calificados que para los migrantes poco calificados, según Docquier y Rapoport (2007).

A finales de la década de 1960, un gran número de científicos e ingenieros se mudaron de sus países en desarrollo a países desarrollados; ésta fue la primera vez que incrementó la preocupación acerca de la migración de personas con altos niveles de educación. Se consideró que esa reasignación de trabajadores calificados era perjudicial para las naciones de origen; además, disminuyó la productividad de los trabajadores rezagados e implicó repercusiones fiscales negativas, como argumentan Groizard y Llull (2007).

Asimismo, se trata de un desequilibrio stock-flow entre naciones que invierten en la educación para sus investigadores y profesionales con el objetivo de optimizar el capital humano que creen es escaso y otras que, por su mayor bondad y organización académica, actúan como polos de atracción. Esta situación se le conoce como "fuga de cerebros" ya que en 1963 la Royal Society denominó así a la emigración de intelectuales ingleses calificados a Estados Unidos, como García (2008) y Fernández et al. (2009) sostienen. En ese caso, el despojo ocurrió entre dos naciones desarrolladas, uno que sobresalió después de la Segunda Guerra

Mundial en 1945 con el 80% del oro en barras y el otro fuertemente castigado y saqueado de su imperio en la misma guerra, como Fernández et al (2009) señalan.

Sin embargo, en la década de 1970 la fuga de cerebros aumentó radicalmente. Fue en esta época que las Naciones Unidas proyectaron un total de migrantes Sur-Norte altamente calificados entre 1961-72 en sólo 300.000. Más tarde, en 1990, el censo de EE. UU. reveló que había más de 2,5 millones de inmigrantes altamente calificados de las naciones en desarrollo que residían solo en EE. UU. Estos inmigrantes tienen educación universitaria y, lo que es más sorprendente, México en 1990 era el tercer exportador mundial de migrantes con educación universitaria. Desde este año, las principales causas de la fuga de cerebros se han fortificado debido a una combinación de reformas por el lado de la oferta que favorecen a la autoselección positiva entre los migrantes y de políticas de inmigración selectivas por calidad por el lado de la demanda. Las políticas de inmigración selectivas en cuanto a calidad se divulgaron por primera vez en Australia y Canadá en la década de 1980, en la forma de sistemas de puntos que anteriormente habían sido implementados progresivamente por otras naciones de la OCDE. Por ejemplo, en las naciones europeas como Francia, Alemania, Irlanda o el Reino Unido últimamente han adoptado políticas encaminadas a captar fuerza laboral calificada, según afirman Docquier y Rapoport.

Recientemente, han surgido nuevos juicios provocadores que advierten que la migración calificada puede producir ganancias netas para las personas que se quedan atrás gracias a externalidades positivas. Por ejemplo, la posibilidad de emigrar de una nación en desarrollo a un país con salarios más altos, aumenta los ingresos esperados para la educación; este aumento puede generar



estímulos para que las personas inviertan en capital humano que, con proyecciones tentativas de emigración, podría dejar a la nación emisora con un mayor nivel de capital humano. Esto se conceptualizaría como ganancia de cerebros.

La literatura convencional considera que la fuga de cerebros es perjudicial para los países de origen. Si los migrantes presentan mayores cifras de capital humano por trabajador que la población que queda, entonces el stock de capital humano por trabajador disminuye, tanto en el caso de los costes de regulación temporal como de las externalidades, según afirman Groizard y Llull (2007).

Un nuevo incremento de patrones dinámicos aumenta la posibilidad de ventajas de la emigración calificada para las naciones en desarrollo. La justificación más común es que la emigración no abandona sin cambios el proceso de desarrollo del capital humano. Si los ingresos por educación son bastante bajos en el país de origen, la posibilidad de emigración no solo reducirá el capital humano, sino que también incrementará la prosperidad de los logros educativos para los que se quedan atrás, impulsando el proceso de creación de habilidades; como resultado, puede ocurrir una ganancia neta de cerebros. Cuando presenta la apertura de país a la emigración calificada, genera un estímulo para invertir en educación que, de ser lo suficientemente grande, puede resultar en un incremento del capital humano ante la existencia de escenarios de emigración inciertos (la idea principal es que algunos de los que invierten en educación para tener la oportunidad de emigrar, decidan quedarse en su nación).

Por otro lado, en Latinoamérica, el apogeo de las investigaciones sobre la emigración de individuos altamente calificadas se dio principalmente en la década de 1960 y a inicios de los setenta. El interés por este tema

era relacionado con el modelo de desarrollo económico que se estimulaba entonces, compuesto de un patrón de crecimiento endógeno y la promoción del desarrollo industrial a nivel nacional. Según los países y los diferentes momentos históricos, los principales factores de la “fuga de cerebros” se han relacionado con cuestiones políticas y económicas. Desde la década de 1990, otra causa que condiciona la emigración de jóvenes es la movilidad de “cerebros” en el marco de la globalización e internacionalización de los mercados, las llamadas ventajas competitivas y la centralidad del conocimiento en este proceso, como García (2008) argumenta.

En la década de 1980 a la preocupación por cuantificar el éxodo de intelectuales, se le sumó la identificación de otra posible vía para atender este movimiento asimétrico de científicos y profesionales hacia naciones desarrolladas, el “intercambio de cerebros”. Este fenómeno estuvo a punto de desagaviar los estragos derivados de la emigración mediante la promoción de la emigración y el intercambio de talento humano altamente capacitados entre países de envío y naciones desarrolladas.

Paralelamente a los cambios en las condiciones de producción del conocimiento y luego de la revolución de las tecnologías informáticas, en la década de 1990 se comenzó a explorar el diseño de políticas para lograr una “ganancia de cerebros” por medio la formación y fortalecimiento de redes de científicos y profesionales. Estas redes buscan actuar como enlaces entre redes de desarrollo científico y tecnológico locales y globales. La red permite a quienes se han instalado en otros países, tener la posibilidad de ayudar y colaborar con colegas y comunidades científicas radicadas en sus naciones de origen a partir de informes técnicos, consultorías u otras formas de vínculo académico, como explica García (2008).

Respecto a la red de científicos, se han

reconocido 41 redes cuya función es intercambiar conocimiento por parte de expatriados pertenecientes a 30 naciones (que en ciertos casos pertenecen a más de una red). La lista comprende siete redes latinoamericanas, que tienen sus centros en Colombia, Argentina, Venezuela, Uruguay, El Salvador y Perú. Por ejemplo, puede mencionarse las siguientes redes: el Programa Nacional de Interacción con Científicos y Técnicos Argentinos en el Exterior (PROCITEX); la Red Colombiana de Investigadores en el Exterior (CALDAS); la red TALVEN, la cual cuenta con el patrocinio de la UNESCO para re-enlazar a investigadores venezolanos; la Association franco-uruguayenne pour le développement scientifique et technique (AFUDEST); el Programa Red Interregional de Científicos Latinoamericanos y del Caribe (ALAS / UNESCO); el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) que apoyó el programa Transferencia de Conocimientos a través de Nacionales Expatriados (Tokten), la Red ANACITEC de Científicos Argentinos en el área de Ciencias Médicas, entre otros (García, 2008).

La investigación del Instituto Yevgeny Kuznetov coordinado con el Banco Mundial cuenta experiencias exitosas de diásporas (comunidades profesionales en el exterior) que han jugado un rol primordial en los desarrollos económicos, comerciales y de intercambio tecnológico y científico de sus naciones de origen. India es un ejemplo, según expone García.

Algunos de los emigrantes hindúes altamente calificados que se mudaron a Estados Unidos y se transformaron en altos ejecutivos de enormes corporaciones en la industria del software, aportaron más tarde al desarrollo de esta industria en su país de origen. Lo hicieron subcontratando compañías indias primero para proyectos sencillos, para luego demandar

otros cada vez más sofisticados. Según esta pesquisa, la diáspora india fue esencial en el proceso de emergencia y consolidación de la industria del software en India.

Por otro lado, si bien el comienzo de la fuga de cerebros podría ser más distante en el tiempo, la década de 1950 marcó precedente con un punto relevante, cuando la comunidad británica se sufrió dicho fenómeno, con el éxodo masivo de médicos, que se situaron en Estados Unidos, como se mencionó anteriormente. Hasta la actualidad, ha habido muchas demarcaciones para revelar este “mercado de talento”. Entre las denominaciones, las más utilizadas han sido “emigración de élites”, “élites internacionalizadas”, “fuga de cerebros”, “talentos emigrados”, “transferencia de tecnología” e “intercambio de conocimiento transnacional”, como Fernández et al. (2009) exponen.

Los números, difundidos por varios medios, proyectan una luz más exacta sobre las verdaderas consecuencias de estos viajes impulsados por el Norte entre los países del Sur. Entre 1960 y 2000, Estados Unidos y Canadá consiguieron atraer a más de 1,5 millones de inmigrantes profesionales de los países del Sur. Actualmente, el 23% de los doctores en ciencias que radican en Estados Unidos se formaron fuera de esas fronteras. Del mismo modo, en Alemania, el 38% de las personas calificadas son de India, según Fernandez et al.

Fernández et al. citan la revista digital Rebelión, en donde argumentan que entre los 150 millones de personas que colaboran en actividades científicas en todo el mundo, el 90% se aglutina en siete de los países desarrollados. La mayor cifra de fuga de cerebros corresponde al Caribe, región donde la mayoría de los países que la comprenden son angloparlantes.

Para tener una idea de esta situación en el Caribe, se sabe, por ejemplo, que 8 de

cada 10 haitianos con títulos universitarios viven en el extranjero. También en América Latina, de Guyana y Surinam, el 86% y el 90%, respectivamente, de sus profesionales han emigrado, como argumentan Fernández et al. (2009). De igual forma, los últimos datos sobre migración recopilados revelan que, a lo largo de la década de 1990, la cifra de migrantes más calificados que viven en países de la OCDE aumentó en 8 millones (el 40% del total de migrantes que desembarcó en ese tiempo). El grado de movimiento de la fuga de cerebros parece ser particularmente grande en los últimos años; verbigracia, en 2000 más del 50% de la población migrante calificada africana desembarcó durante la década anterior (al igual que el 41% de los asiáticos y el 34% de los latinoamericanos), como señalan Groizard y LLull (2007).

En África, cerca de 20.000 profesionales dejan sus países de origen cada año. Esta mirada hacia Occidente condiciona la ausencia de enfermeros, médicos y docentes en muchos

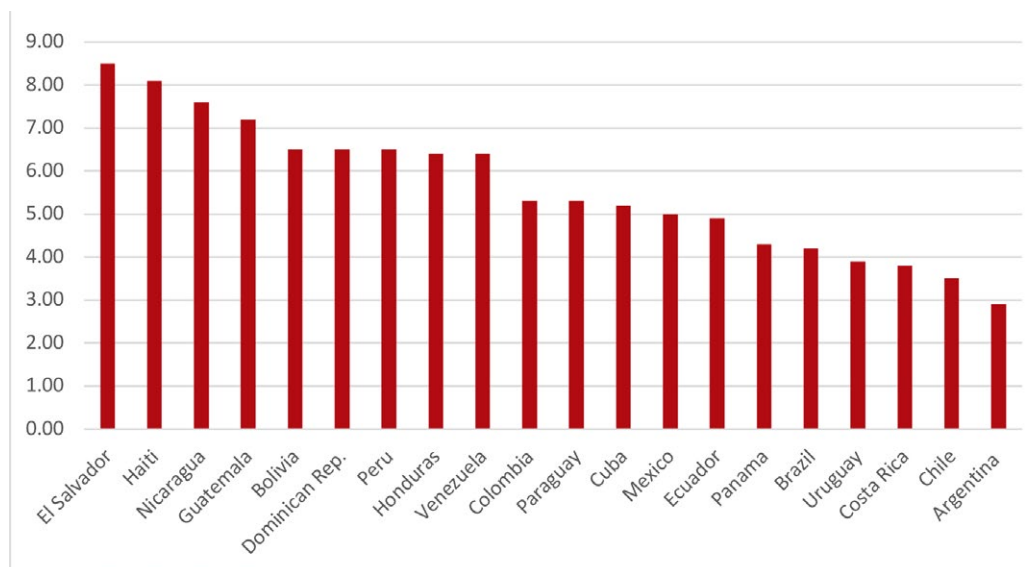
espacios que los requieren para romper el ciclo de pobreza y subdesarrollo que padecen. La Organización Mundial de la Salud (OMS) advirtió que la región subsahariana sobrelleva el 24% de la carga mundial de enfermedades, inclusive el VIH/SIDA, y solo tiene el 3% de los trabajadores calificados del mundo, según explican Fernández et al.

En los países en desarrollo, donde el talento humano capacitado se produce con mucho esfuerzo, a veces con formación competitiva, son empleados con altos salarios en los países desarrollados. Inclusive entre estos últimos, también hay flujos, por ejemplo, de Canadá a los Estados Unidos, según Fernandez et al.

En la figura 2, se puede ver el promedio del índice fuga de cerebros para el 2020 basado en 20 naciones de América Latina, el cual fue de 5.6 puntos, del índice fuga de cerebros, 0 (bajo) - 10 (alto) en América Latina. El país que lo encabeza es El Salvador con 8.5 puntos, luego Colombia tiene un índice de 5.30 puntos y el valor más bajo es Argentina con 2.9 puntos.

**Figura 2**

*Fuga de cerebros en América Latina en 2020*



Fuente: Elaboración propia basado en datos de The Global Economy.com (2021)

Con trabajadores sin experiencia, la emigración es puramente económica, como ha sucedido en los países europeos del Este, cuyo destino son los países de Europa Occidental. En el caso de trabajadores con mayor experiencia, la emigración está muy avanzada hacia los países desarrollados, como luego también ocurre de Nueva Zelanda a Australia, de acuerdo a Fernández et al. (2009).

En la figura 3 puede verse como a través de los años, entre 2011 y 2020 el índice de fuga de cerebros ha ido incrementándose en El Salvador, a excepción del 2014 que sufre una baja, hasta llegar al 2019 y 2020 a un índice de 8.5, a pesar que en el 2020 se cerraron muchas fronteras mundialmente dado a la pandemia covid-19; esto indica que El Salvador está perdiendo su recurso humano altamente capacitado.

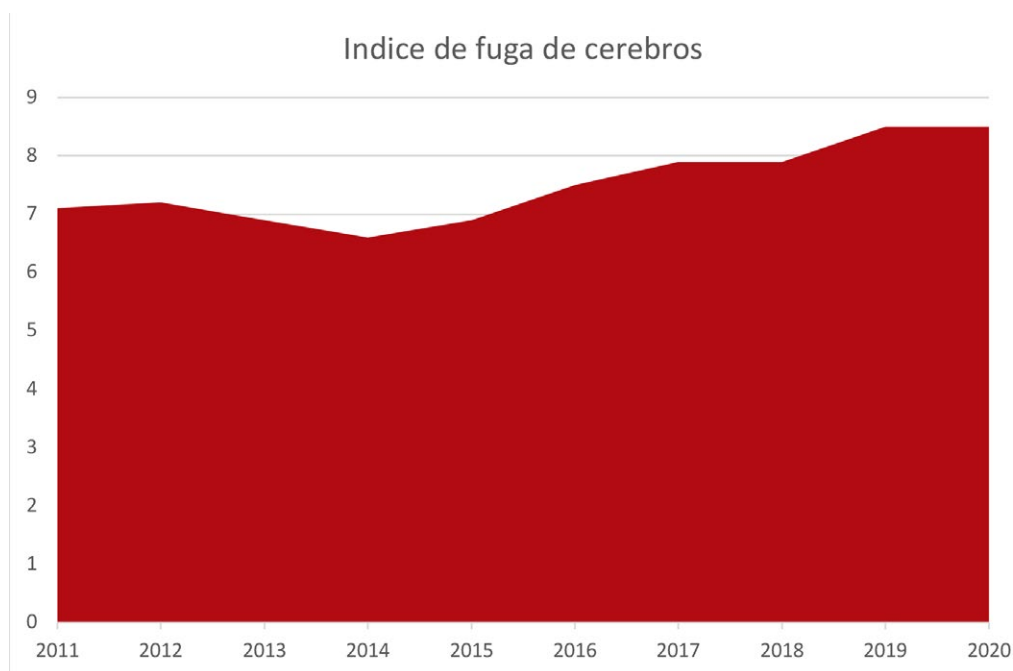
La fuga de cerebros hacia las economías desarrolladas trasciende prósperamente en

ellas: en el período entre 1976 y 1996, la porción del comercio mundial clasificable como bienes de alta tecnología se duplicó (del 11% al 22%) en tanto que la porción relativa a los productos primarios disminuyó del 34% al 13%, según lo indican Fernández et al. (2009).

Existe una tendencia a la aglutinación en la producción de conocimiento y las naciones desarrolladas concentran más del 90% de toda la producción investigativa. La cognición engendrada socialmente se privatiza globalmente a beneficio del capital de estas naciones desarrolladas. Las becas de las naciones industrializadas para estudiantes de países en desarrollo es otra forma utilizada para promover la fuga de cerebros. Cerca de un tercio de todos los expertos formados en los países en vías de desarrollo, no trabajan en sus naciones de origen, y se estima que algo más del 50% de los que se movilizan para hacer un doctorado en América del Norte o Europa,

### Figura 3

Fuga de cerebros en El Salvador 2011-2020



Fuente: Elaboración propia basado en datos de The Global Economy.com (2021)

no retornan a sus países de origen, según argumentan Fernández et al. (2009).

Aunque originalmente la movilidad selectiva de especialistas y tecnólogos inició de forma espontánea, orientada por el declive de las circunstancias de vida y laborales; en los últimos años el empuje de esta movilidad se ha transformado en una política oficial de algunos países, con estímulos e instrucciones, como los mencionados anteriormente para las “tarjetas” (verde o azul), como Fernández et al. (2009) señalan.

Por otro lado, según Brzozowski (2008), en primer lugar, los partidarios de la perspectiva neoclásica afirmaron que la emigración calificada es prometedora a nivel internacional: tanto para las naciones de origen como de acogida. Las principales ventajas de este proceso ocasionaron el progreso de la ciencia y la tecnología del mundo tanto para los países en desarrollo como para los desarrollados, lo cual significa, según el autor, que siempre hay una ganancia de cerebros. En segundo lugar, los investigadores del enfoque de sistemas mundiales argumentaron que la fuga de cerebros es en gran medida dañina, al menos para las naciones emisoras. Los defensores de la teoría del sistema mundial han discernido la emigración de trabajadores altamente calificados como un indicador del atraso económico de las naciones en desarrollo del Sur y del desarrollo de las naciones desarrolladas del Norte. El flujo internacional de mano de obra calificada ha sido responsable de agrandar las desigualdades económicas y reducir el potencial económico de los países pobres del Sur, particularmente cuando se cambia al grado de productividad.

Los estudiosos también han destacado los aspectos adversos de la fuga de cerebros para las naciones en desarrollo. La fuga de cerebros también ha producido sesgos en los mercados laborales locales, aumentando el desempleo

y reduciendo el PIB potencial, como explica Brzozowski (2008).

La investigación teórica sobre la migración calificada se ha fortalecido en la década de 1990 dentro de la estructura de desarrollo endógeno. Diferentes académicos han analizado este fenómeno, como Miyagiwa (1991, citado por Brzozowski, 2008); quien enfatizó el papel de los ingresos crecientes para progresar en la educación: la fuga de cerebros aumentó los ingresos nacionales y las ganancias para la educación en los países receptores, pero en contraste, disminuyó la tendencia a estudiar y los ingresos en casa. Otros autores afirmaron que la fuga de cerebros ha desacelerado el crecimiento del capital humano en las naciones de origen, afectando a sus economías.

Por otro lado, los especialistas que describen la nueva economía de la escuela de fuga de cerebros afirman que puede producir, en algunas situaciones, algunas consecuencias positivas para la economía emisora o la llamada ganancia de cerebros. Además, estas consecuencias pueden contrarrestar el efecto dañino de la salida de personal calificado sobre la reserva de capital humano y el desarrollo económico de estas naciones.

En este sentido, los países de origen pueden beneficiarse de la emigración de trabajadores calificados de cuatro formas (ganancia de cerebros):

- Efecto de la educación alentada (Lucas, 2005, citado en Brzozowski, 2008) – o ganancia de cerebros - el punto de vista de la migración aumenta el atractivo de las inversiones educativas en la nación de origen, contribuyendo así a una mayor acumulación de capital humano y un desarrollo más rápido;
- Migración de retorno (Stark et al., 1997, citado en Brzozowski, 2008) - algunos de los miembros de la Diáspora pueden regresar a

su país de origen, generando capital social, físico y humano acumulado, contribuyendo así al crecimiento económico;

- Remesas (Ghosh, 2006, citado en Brzozowski, 2008): los migrantes transfieren parte de sus ingresos al país de origen. En algunos casos, estas transferencias comprenden una gran parte de los ingresos nacionales y, si se consumen adecuadamente, podrían ayudar a mejorar el desarrollo económico;
- Repercusiones de la diáspora (Kugler y Rapoport, 2005, citado en Brzozowski, 2008): incluso si residen en el extranjero, los miembros de la diáspora pueden ser un beneficio valioso para la nación de origen, ya que proponen asesoramiento, actúan como intermediarios o simplemente invierten su dinero. Esta consecuencia podría percibirse directamente, como las IED de los migrantes y sus empresas, o indirectamente cuando los miembros de la diáspora presionan a otras entidades para que lo hagan.

La consecuencia beneficiosa más notable y destacada de la fuga de cerebros, relacionada con esta nueva perspectiva, es la educación incentivada. Según algunas investigaciones, la posibilidad de migración en solitario podría ser una herramienta poderosa que ayude a las economías de los países en desarrollo a superar la trampa del subdesarrollo y aumentar la tasa de desarrollo prolongada. En algunos ejemplos teóricos, se ha recomendado una posibilidad de fuga de cerebros ventajosa o ganancia de cerebros, la circunstancia en la que la consecuencia positiva de la educación fomentada por la salida de trabajadores calificados. Posteriormente, el país en desarrollo termina con personas más capacitadas que, al contrario, en caso de que las fronteras se hubiesen cerrado.

Además, Beine et al. (2003, citado en Brzozowski,

2008) han demostrado en su investigación, la evaluación de la hipótesis de la ganancia de cerebro en un grupo de 50 países en desarrollo. Su análisis experiencial ha demostrado que la ganancia de cerebros es posible cuando la tasa de migración de expertos es pequeña (es decir, menos del 5%). A pesar de que todavía se considera que más países en desarrollo pierden debido a su fuga de cerebros, hay un pequeño grupo para el que es beneficioso. A este último grupo pertenecen los países más grandes en desarrollo, como India o Brasil.

Otra forma de ganancia de cerebros podría ser que los migrantes también puedan recibir remesas de su país de origen e invertir capital físico en el país de acogida. Y existe la posibilidad de fortalecer un comercio bilateral entre países emisores y receptores, lo que significa no solo el crecimiento de las exportaciones para la nación de emigración, sino que también se importan algunos bienes y servicios, señala Brzozowski (2008).

Además, cuando no se trata de una fuga de cerebros y se convierte en una ganancia de cerebros, Checchi et al. (2007) señalan tres medios diferentes para que funcione una fuga de cerebros ventajosa o ganancia de cerebros: A) los migrantes calificados aumentan el bienestar económico en el hogar debido a un flujo bastante grande de remesas; B) las políticas de inmigración selectiva en los países de acogida podrían incrementar el atractivo de la migración de personas altamente calificadas, lo que a su vez incrementa los beneficios privados de la educación y fomenta la inversión adicional en educación en el hogar; C) la migración calificada podría beneficiar la transmisión de tecnología que enriquece el crecimiento, el comercio y la IED entre la nación fuente y la receptora, siendo parte de los efectos de la red.

Finalmente, el desarrollo de redes de migrantes genera IED y conexiones comerciales que



ayudan a fortalecer los beneficios del comercio y la difusión del conocimiento, que finalmente estimulan el desarrollo de la nación de origen. Las externalidades de redes o diásporas surgen como una repercusión de una disminución en los costos de transacción y otros costos de información relacionados con el compromiso que es innato en las relaciones de la red.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este artículo hay una variedad de aportes de autores, tanto de los que piensan que la fuga de cerebros solo genera consecuencias negativas, y otros que aseguran que genera ganancia de cerebros. A continuación, con base al problema planteado en la introducción, se generará una discusión entre los autores mencionados en este artículo sobre las consecuencias de la fuga de cerebros y el lector sacará sus propias conclusiones.

Río (2009) hace la referencia que la fuga de cerebros supone comprender cómo los clústers de científicos o profesionales repercuten en la decisión del profesional de la nación en desarrollo de emigrar hacia una nación desarrollada. Si la cantidad de vínculos que desarrolla el experto es superior que el nivel medio de la red de cooperación investigativa, su fuga será perenne, mientras que, si la cantidad de enlaces del investigador con la red de la nación desarrollada es menor que el nivel medio de la red, la fuga será temporal.

Según afirman Groizard y Llull (2007), la fuga de cerebros es perjudicial para los países de origen. Si los migrantes presentan cifras altas de capital humano por trabajador que la población que permanece en la nación emisora, entonces el stock de capital humano por trabajador se reduce, tanto en el caso de los costes de regulación transitoria como de los factores externos.

García (2008), en cambio, cita un ejemplo de

ganancia de cerebros, esto fue cuando los emigrantes hindúes altamente calificados se mudaron a los Estados Unidos y se transformaron en altos ejecutivos de enormes compañías en la producción de software, más tarde coadyuvaron al desarrollo de esta misma industria en su nación de origen. Este es un ejemplo de red de inmigrantes altamente capacitada que tuvo éxito al transferir su conocimiento a su país emisor transformando la fuga en ganancia de cerebros.

Fernández et al. (2009) al igual que Groizard y Llull (2007), sostienen que la fuga de talentos siempre es contraproducente para la nación emisora. Los países en desarrollo están expulsando a su personal formado en salud, necesario para combatir las enfermedades que afectan a estas naciones en desarrollo, principalmente la región africana, según argumentan los autores.

Por otro lado, Brzozowski (2008) argumenta que el flujo internacional de mano de obra calificada ha sido responsable de agrandar las desigualdades económicas y reducir el potencial económico de los países pobres del Sur. Los estudiosos también han destacado los aspectos adversos de la fuga de cerebros para las naciones en desarrollo, ya que ha producido sesgos en los mercados laborales locales, aumentando el desempleo y reduciendo el PIB potencial.

En contraste, Lucas (2005, citado en Brzozowski, 2008) sostiene que la emigración de investigadores, causa un efecto de la educación alentada, como parte de la ganancia de cerebros, el punto de vista de la emigración aumenta el atractivo de las inversiones educativas en la nación de origen, contribuyendo así a una mayor acumulación de capital humano y un desarrollo más rápido. Asimismo, según Stark et al., (1997, citado en Brzozowski, 2008), puede generar una migración de retorno, en algunos de los

miembros de la diáspora pueden regresar a su país de origen, generar capital social, físico y humano acumulado, contribuyendo así al crecimiento económico. De igual forma según Ghosh (2006, citado en Brzozowski, 2008) los migrantes transfieren parte de sus ingresos al país de origen, o remesas. En algunos casos, estas transferencias comprenden una gran parte de los ingresos nacionales y, si se consumen adecuadamente, podrían ayudar a mejorar el desarrollo económico. También, la migración calificada podría beneficiar la transmisión de tecnología que enriquece el crecimiento, el comercio y la IED entre la nación fuente y la receptora, siendo parte de los efectos de la red.

Además, Beine et al. (2003, citado Brzozowski, 2008) han demostrado en su investigación la evaluación de la hipótesis de la ganancia de cerebro en un grupo de 50 naciones en vías de desarrollo. Su análisis experiencial ha demostrado que la ganancia de cerebros es posible cuando la tasa de emigración de expertos es pequeña (es decir, menos del 5%). A pesar de que todavía se considera que más naciones en desarrollo pierden a causa de su éxodo de expertos, hay un pequeño grupo que es beneficioso. A este último grupo, por lo general, pertenecen los países emergentes como India o Brasil.

## CONCLUSIONES

Como resultado a la pregunta de esta investigación, lo escrito sugiere varios canales potenciales a través de los cuales la emigración calificada puede impactar en el bienestar y el crecimiento en los países de origen; el más controvertido es el efecto sobre el capital humano, que probablemente también sea el más importante, pero también hay otros elementos a tener en cuenta al evaluar el impacto en el bienestar de la fuga de cerebros. Asimismo, todos los estudiosos que defienden

la ganancia de cerebros, coinciden en que las remesas de los países receptores y luego su uso adecuado, pueden contribuir al desarrollo del país emisor. De igual forma, la creación de redes en el extranjero puede fomentar la IED en el país de origen de sus miembros.

Por otro lado, la contribución investigativa se ve restringida por la ubicación geográfica de los científicos ya que la nación desarrollada cuenta con mejor tecnología y mayor capital de inversión disponible para la investigación, asimismo en la nación desarrollada se crean clústers de investigadores que aumentan la productividad de quienes están dentro del mismo. Los clústers de investigadores y la tecnología operan como medios para que la contribución científica se lleve a cabo, independientemente de la ubicación geográfica de los expertos.

El rendimiento de cada experto depende de la infraestructura tecnológica a su disposición y del desarrollo de su red de investigación o clústers de científicos. Sus miembros producen un mayor nivel de desarrollo en el curso investigativo de cada experto, lo que lleva a que la red se desarrolle más. Normalmente la interacción que pueden alcanzar algunos investigadores en los países en desarrollo es baja, por consiguiente, resuelven emigrar, mientras que en las naciones desarrolladas los expertos tienen en mayores vínculos con otros científicos, es decir, el nivel medio de la red científica de una nación desarrollada comparada con el nivel medio de la red de investigadores de una nación en desarrollo es mayor.

En las naciones desarrolladas el orden y la medida de las redes de investigadores son mayores, es decir, hay un mayor número de expertos, o sea nodos, y una mayor cantidad de alianzas de contribución científica, o sea vínculos, lo que facilita que la producción de artículos y/o patentes sea mayor. Hay una



conexión directa entre el avance de la red de expertos y la productividad de cada científico.

En otro orden, cabe mencionar que una de las principales razones por las que existe una fuga de cerebros de trabajadores calificados es porque en su país de origen no encontraron las condiciones o trabajo esperados para desarrollarse profesionalmente, por ejemplo, bajos salarios. Un profesional con estudios superiores aceptará una oferta de un puesto muy bien remunerado con beneficios de seguridad u otros así sean del exterior (normalmente este tipo de ofertas provienen de un país desarrollado). Parece que en algunos países de origen aún no se valoriza la alta educación de sus poblaciones, que podría resolverse con nuevas políticas a fin de persuadir al trabajador altamente calificado a que no abandone su país de origen, de lo contrario, facilitar al emigrante de alto nivel educativo para que invierta desde el exterior a su país natal.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios y a mi familia por su apoyo en mi quehacer investigativo. De no ser por las oportunidades de preparación académica que Dios me ha brindado en mi recorrido por la vida, no hubiese aportado al quehacer investigativo de la Universidad de El Salvador y de mi país.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Brzozowski, Jan. (2008). Brain Drain or Brain Gain? The New Economics of Brain Drain Reconsidered. Cracow University of Economics.

Cabrera, María. (2007). El concepto de fuga de cerebros aplicado a la situación de las mujeres en los sistemas científicos. XXVI Congreso de la Asociación Latinoamericana de Sociología. Asociación Latinoamericana

de Sociología, Guadalajara.

- Cecchi, Daniele; De Simone, Gianfranco; Faini, Ricardo. (2007). Skilled Migration, FDI and Human Capital Investment, IZA DP No. 2795.
- Claywell, Charlie. (2021). What Is Social Network. Social Networking Sites and Usage Tips. Technology. [https://socialnetworking.loveto-know.com/What\\_is\\_Social\\_Network\\_Theory](https://socialnetworking.loveto-know.com/What_is_Social_Network_Theory)
- Commander, Simon; Kangasniemi and Winters, Alan. (2004). The Brain Drain: A Review of Theory and Facts. Brussels Economic Review-Cahiers Economics de Bruxelles, Vol. 47, N°1.
- Docquier, Frédéric and Rapoport, Hillel. (2007). Skilled Migration: The Perspective of Developing Countries. IZA Discussion Paper No. 2873.
- European Commission. (2021). Brain gain. Migration and Home Affairs. [https://ec.europa.eu/home-affairs/what-we-do/networks/european\\_migration\\_network/glossary\\_search/brain-gain\\_en](https://ec.europa.eu/home-affairs/what-we-do/networks/european_migration_network/glossary_search/brain-gain_en)
- Fernández, Zoila; Sanabria, José; Hernández, Yunit; Díaz, Pedro and Véliz, José. (2009). Brain drain: the market of talents and its after-effects, Revista Ciencias Médicas v.13 No.4 Pinar del Río.
- García, Ana. (2008). Políticas Públicas frente a La 'Fuga De Cerebros': Reflexiones a partir del caso Argentino. Revista de la Educación Superior Vol. XXXVII (4), No. 148.
- Groizard, José and Lull, Joan. (2007). Skilled migration and sending economies. Testing brain drain and brain gain theories. Department of Applied Economics, Universitat de les Illes Balears, Spain.
- Río, Martha. (2009). Un análisis de la fuga de cerebros desde la teoría de redes sociales, Revista Sociedad y Economía, Universidad

del Valle, Cali, Colombia, núm. 17.

Sci/Tech News Staff. (2006). "Computer Scientists Put Social Network Theory to the Test". Softpedia News. <https://news.softpedia.com/news/Computer-Scientists-Put-Social-Network-Theory-to-the-Test-32634.shtml>

The Global Economy.com. (2021). El Salvador: Human flight and brain drain. Business and economic data for 200 countries. [https://www.theglobaleconomy.com/El-Salvador/human\\_flight\\_brain\\_drain\\_index/](https://www.theglobaleconomy.com/El-Salvador/human_flight_brain_drain_index/)

The Global Economy.com. (2021). Human flight and brain drain in Latin America. Business and economic data for 200 countries. [https://www.theglobaleconomy.com/rankings/human\\_flight\\_brain\\_drain\\_index/Latin-Am/](https://www.theglobaleconomy.com/rankings/human_flight_brain_drain_index/Latin-Am/)



# Revista MINERVA

Plataforma digital de la revista: <https://minerva.sic.ues.edu.sv>



## Decisiones financieras y desempeño organizacional: la influencia de la mujer en la generación de valor

### Financial decisions and organizational performance: the influence of women in the generation of value

Alexander Haro-Sarango<sup>1</sup>, Nayelli Mishell Naranjo-Cedeño<sup>2</sup>

Correspondencia:  
alexander.haro.1999@gmail.com

Presentado: 27 de febrero de 2021  
Aceptado: 19 de abril de 2021

- 1 Investigador Independiente y Estudiante de la Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador  
2 Investigadora Independiente y Estudiante de la Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador

#### RESUMEN

Los nuevos retos y horizontes requieren de un análisis amplio y arduo, la bifocalidad de la perspectiva masculina más la femenina comparecería como la solución a la óptima gestión empresarial, la desigualdad y brecha de participación laboral y salarial, representa un problema evidente; en otras palabras, en Ecuador la mujer gana 15,96% menos que el hombre, en otras estadísticas la participación de la mujer en las empresas manufactureras solo es del 25,85% contando directivas, empleadas y obreras, lo cual refleja un fallo del sistema. *Objetivo:* Determinar si la participación femenil en la gestión directiva, empleada y obrera aporta a la generación de valor económico-financiero de los activos y capital. *Metodología:* la metodología investigativa es a través del modelo de efectos fijos o aleatorios, previa evaluación de la prueba de Hausman. *Resultados:* De forma empírica y teórica, el contraste de la participación femenina implica una oportunidad hacia la mejora continua, el estadístico determinó que la mujer aporta ínfimamente a la gestión de valor económico en las empresas manufactureras. Sin embargo, esto viene acompañado de la baja participación de la misma en este sector, por otro lado, la rotación de ventas resulta ser la variable con mayor significancia en el valor económico-financiero. *Conclusión:* La inclusión de la participación femenina, aunque se ve sesgada, formaría nuevos ideales organizativos y directivos, con una tendencia a la mejora empresarial y de gestión.

**Palabras clave:** participación femenina, generación de valor, género, directorio, ROA, ROE.

#### ABSTRACT

The new challenges and horizons require a broad and arduous analysis, the bifocality of the male perspective plus the female one would appear as the solution to optimal business management, the inequality and gap in

labor and wage participation, represents an obvious problem; In other words, in Ecuador women earn 15.96% less than men, in other statistics the participation of women in manufacturing companies is only 25.85% counting managers, employees and workers, which reflects a failure of the system. *Objective:* To determine if female participation in managerial, employee and worker management contributes to the generation of economic-financial value of assets and capital. *Methodology:* the research methodology is through the fixed or random effects model, after evaluation of the Hausman test. *Results:* In an empirical and theoretical way, the contrast of female participation implies an opportunity towards continuous improvement, the statistician determined that women contribute minimally to the management of economic value in manufacturing companies. However, this is accompanied by its low participation in this sector, on the other hand, the turnover of sales is the variable with the greatest significance in the economic-financial value. *Conclusion:* The inclusion of female participation, although it is biased, would form new organizational and managerial ideals, with a tendency towards business and management improvement.

**Key words:** female participation, generation of value, gender, directory, ROA, ROE.

## INTRODUCCIÓN

El mundo se expande cada vez más hacia nuevos caminos, retos y horizontes, gracias a dicho cambio, la tasa en la participación laboral de la mujer ha crecido en los últimos años y en ciertos casos logra ser mayor que la participación masculina. Aunque el desarrollo es inminente aún se observan diversos casos de discriminación, especialmente en el ámbito salarial, que imposibilitan un avance acelerado en esta lucha por la igualdad en la participación laboral. La Organización Internacional del Trabajo (OIT) señala que la mujer tiene menor posibilidad de ser electa para ocupar puestos ejecutivos, esto se refleja en el descriptivo que determina que la mujer solo participa en el 19% del total de ejecutivos a nivel global (Améstica-Rivas et al., 2020).

Por lo tanto, la participación de la mujer en las actividades empresariales y corporativas ha forjado un papel crítico y circunstancial, pero en muchos casos invisible. La brecha de desigualdad de la mujer en el campo laboral es cada vez más corta; sin embargo, aún existente (Ceja, 2008). La escasa o nula presencia de la mujer en el poder directivo de las grandes empresas, brinda certeza de la falta de participación activa femenina en la toma

de decisiones (Charlo Molina & Núñez Torrado, 2012). Los clásicos estereotipos masculino-femenino han arraigado pensamientos banales y sin sentido, en cuanto a que la mujer debe obedecer a trabajos con un esfuerzo y participación mínima, lo que ha provocado un vacío profesional en la orientación al emprendimiento (Ruiz-Navarro et al., 2012). Aun cuando se ha demostrado que los estilos de liderazgo femeninos correlacionan de forma óptima con los masculinos, dicha fusión permite que determinada organización descarte una acción monolítica y forje nuevas oportunidades mediante diferentes visiones (Hidalgo, 2020).

Dentro del enfoque público, la evaluación de la perspectiva del género en las políticas públicas, planeación, diseño e implementación como un proceso de inclusión y gobernabilidad, se constituye como un eje de transformación y evolución de la ponencia femenina (Obando Salazar, 2011). Varios referentes teóricos enfatizan que el futuro democrático de América Latina presenciara un liderazgo femenino; durante la última década se ha palpado un crecimiento superior al 50% de las mujeres en el poder político, con dicha pauta se espera que los desafíos y oportunidades permitan crear una democracia para todos de manera igualitaria,

de la misma forma como es argumentada por La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Taxativamente el objetivo 5 expresa: lograr la igualdad entre los géneros y empoderar a todas las mujeres, por lo cual es significativo enfatizar que la igualdad no solo es un derecho fundamental, sino que es un pilar de constructivismo de un mundo sostenible, pacífico y próspero, en la última década esta lucha se ve formalizada en más de 100 países que han formulado medidas con asignación presupuestaria para mejorar las condiciones en esta índole; la meta 5.5 de este ecuánime busca lograr la participación plena y efectiva de la comunidad femenil, asimismo como las oportunidades de liderazgo en todos los niveles, estos sean política, económica y pública (Bárcena, 2030; Buvinic & Roza, 2004; Sanahuja, 2015). El liderazgo se ha convertido en un peldaño popular y un dominante social, tecnológico y organizativo en la gestión académica, que explica como la participación de la mujer bajo la racionalidad pondrá a flor de piel las capacidades de liderazgo femenil y su necesidad para avanzar al futuro (Morley, 2013).

Por otra parte, al identificar las zonas con más necesidades y carencias, destaca el sector rural, a pesar de tener riqueza agropecuaria, gran participación laboral y un significativo nivel de participación en el PIB (Producto Interno Bruto) del país. En la zona rural la mujer figura poco o nulo poder de negociación y participación económica en el hogar; lo cual ha visto ilusorio la posibilidad de inmiscuirse en cualquier decisión referente al ingreso, además, la dificultad de independización por el bajo nivel adquisitivo para obtener activos o bienes (Schejtman, Alexander & Berdegué, 2004) (Deere, 2011). El acceso a un trabajo remunerado permite e implica un nuevo nivel de autonomía económica y posibilita el acceso a nuevos estándares sociales y aporta

en la construcción de la identidad (Lastarria y Cornhiel, 2008). Los sectores rurales de América Latina han presenciado y experimentado importantes reestructuraciones culturales, económicas y sociodemográficas, mientras transcurre el tiempo.

De modo que con la intervención de la era de la globalización y la modernización se ha palpado la creciente incorporación de la mujer en un mercado laboral agrícola remunerado (Yissi & Villagrán, 2012). Sin embargo, aunque la integración ha forjado un ideal magnífico, los ingresos de muchas mujeres del sector rural representan la seguridad alimentaria y sanitaria de toda su familia. No obstante, presentan un ínfimo acceso a recursos de nivel productivo y financiero, como los créditos (Ramírez, 2011). El aumento de dichas oportunidades contribuirá a mejorar el nivel de educación, a la vez promete un incremento en la capacidad del capital humano y una asegurabilidad del bienestar de las futuras generaciones (Ballara, 2006).

En un análisis realizado por García & Cortez (2012) afirma que en Ecuador el progreso de la mujer no ha sido uniforme, por lo tanto, para inmiscuirse en el ámbito laboral, dependerá de la edad, nivel de educación y las peculiaridades del entorno familiar; es decir, que el hecho de ser mujer ha arraigado una baja probabilidad de acceder al mercado laboral. Según la Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo de Ecuador, las mujeres representan el 64,9% de la población económicamente inactiva (PEI); asimismo, el 32,6% es parte de la población económicamente activa (PEA). Es crucial enfatizar que el trabajo doméstico (amas de casa) se clasifica como inactividad. Por otra parte, de las mujeres que pertenecen al PEA; el 60,4% está en el subempleo y el 37,3% en el pleno empleo. En cuanto a los ingresos, al realizar una comparativa se tiene que las mujeres reciben \$374,00 y \$445,00 los hombres, una brecha de \$71,00; en otras palabras, un 15,96% menos que

el salario medio de los hombres (Andres, 2015). La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) destaca que la fuerza y el comportamiento laboral esta inspirado en una sociedad completamente capitalista, integrada al mercado y a la producción, pese a su excelencia aún mantiene limitaciones en la igualdad de género y su participación (Arriagada, 1990). Pues la historia confirma que *“La igualdad entre hombres y mujeres es imposible en un sistema capitalista”* Simone de Beauvoir. En contra perspectiva con lo anterior, una sociedad comunista - socialista como Cuba presenta excelentes niveles de participación femenina en la esfera del emprendimiento, así como lo confirman las influencias filosóficas francesas *“Si la liberación de la mujer es impensable sin el comunismo, el comunismo es también impensable sin la liberación de la mujer”* Clara Zetkin. No obstante, el entorno sugiere y exige poseer una mayor carga de capital y conocimiento técnico, lo cual complica a aquellas personas con ímpetu de emprendimiento (Díaz-Fernández & Echevarría-León, 2016). Por otra parte, la inserción laboral en Ecuador se vio fuertemente controlada por los preceptos religiosos debido a la prima del catolicismo controlada por el clero, feligreses y escritos religiosos como el libro de Génesis que determina ciertas posiciones y labores sociales; esto demuestra que el comportamiento puede ser influenciado por diversos motivos más que el ámbito político y económico.

En otro enfoque, el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF) abarca cinco aspectos para definir el concepto de empoderamiento femenino. Primero el *bienestar* determinado por los servicios sociales básicos; segundo, el *acceso* que deriva a una mayor acción social sea esta individual o colectiva; tercero, la *concientización* que aprecia el concepto de género respetando tanto la igualdad como la diferencia; cuarto, la *participación*

que simpatiza con la representación de la mujer en los diversos estratos sociales; quinto, el *control* determinado por el ejercicio del poder como parte de las dimensiones por las que atraviesa el ser humano. Estos cinco aspectos se consideran una influencia en el empoderamiento y liderazgo femenino, pues no solo resalta el poder asumido, sino que fortifica las razones por las que una mujer tiene mayor percepción de la realidad sin perder la humanidad (Alfonso Gallegos et al., 2017). A pesar de quedar demostrados los aspectos antes mencionados, aún se mantiene la subestimación hacia el género femenino; pues al ser considerado el género más débil se tiende a desacreditar sus decisiones, de forma en que se le tacha de manipulable e irrazonable. Lo que hace que el actuar de una mujer en altos mandos sea mayor y cruelmente criticado por el resto de la junta y supervisores a cargo, adicionalmente consideran que privilegian factores emocionales en la toma de decisiones.

A pesar de las dificultades al momento de emprender, América Latina se catapultó como el exponente de mayor nivel en emprendimientos realizados por mujeres. Ecuador lidera esta lista y se encuentra en el puesto número uno con el 33,6%; seguido de Chile con 32,4% y Brasil con 23,1%. Dicha investigación abarca un total de 50 naciones, en las cuales se estudia la población femenina de entre 18 y 64 años que en el presente realizan actividades de emprendimiento. Con respecto a lo expuesto antes el capitalismo es un entorno fértil y más factible para el emprendimiento, sin embargo, no se ha posicionado en los primeros lugares; América Latina a pesar de no encontrarse dentro de una economía de primer mundo, no ha imposibilitado el hecho de que las mujeres contribuyan con la economía de sus países como sucede en Ecuador, Chile, Brasil, Guatemala, Colombia, entre otros. No obstante, podemos destacar aquellos



países que a pesar de ser considerados como potencias o países desarrollados no tienen una participación mayoritaria con respecto a los datos mencionados. Por ejemplo, Estados Unidos con 16,6%, Canadá con 15,1%, China con 7,9%, Reino Unido con 7,0%, Alemania con 5,7%, Japón con 2,9% e Italia con el 2,1% (Lasio et al., 2020).

Con la finalidad de establecer un precedente, sobre la importancia de la mujer en el medio empresarial, se pretende en primera instancia, analizar qué factores influyen circunstancialmente en la generación de valor económico en la organización manufacturera. El objetivo es evaluar el comportamiento financiero del sector manufacturero bajo la visión y participación femenil. Las empresas manufactureras representan el 8,41% del total de empresas a nivel nacional, con un total de 74.265 entidades registradas en el censo económico del periodo 2019, dicha industria participa en 20,97% de las ventas totales a nivel nacional, en valores monetarios \$35,528,291.511, a su vez, las industrias manufactureras se posicionan en tercer lugar en crear plazas de empleo, con el 12,79% de la empleabilidad total; en otras palabras, 387.630 plazas ocupadas, con una masa salarial de \$3,344,335.257.

Esta investigación estudió al grupo de empresas fabriles pertenecientes al CIIU 4.0 "C", delimitadas y estratificadas por la relevancia y presencia de la información, se tiene en cuenta que los valores ejercen influencia y relación estadística armónica, dicho estudio se realizó del 2017 al 2020, el objetivo fue determinar si la participación femenil en la gestión Directiva (CIUO 1321.01 *directores de industrias manufactureras*), empleadas (CIUO 41 *oficinistas, 42 empleados de trato directo con el público, 431 auxiliares contables y financieros*) y obrera (CIUO 432 *empleado encargado del registro de materiales y transportes*) aporta a la generación de valor económico-financiero

de los activos y capital (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2012). El diseño del estudio fue de longitudinal corte transversal, es decir, analiza la significancia de la participación femenil con respecto a la generación de valor económico-financiero en las empresas fabriles. La delimitación espacio temporal fueron las empresas ecuatorianas manufactureras, la delimitación teórica se basó en las teóricas contemporáneas de la participación femenina, generación de valor, robustez de la liquidez, medidas de endeudamiento y gestión.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Población y muestra

Se determina como población al conjunto de individuos con ciertas particularidades en común, y muestra a aquella proporción de estudio que representa perfectamente a la población (González & Panteleeva, 2016). La finalidad de establecer la población y muestra en este estudio, es para garantizar un nivel de confianza óptimo al presentar los resultados.

Para esta investigación se trabajó con aquellas empresas categorizadas como manufactureras, registradas en la Superintendencia de Compañías del Ecuador, en los periodos 2017 al 2020. Según A. García (1981), en su apartado de Clasificación Industrial de todas las Actividades Económicas (CIIU 4.0), las empresas fabriles poseen la codificación "C" denominadas como "industrias manufactureras".

La muestra y estratificación recayó en las actividades económicas, que presentaron datos y en las cuales la varianza fue mínima entre los periodos; las actividades manufactureras en las cuales se trabajó son C101, C102, C103, C105, C106, C107, C108, C110, C131, C139, C141, C143, C151, C152, C162, C170, C181, C201, C221, C222, C231, C239, C251, C259, C281, C282, C291, C292, C293, C310, C325, C331.



## Metodología

Para el estudio se usaron métricas financieras en el contexto de liquidez, gestión, endeudamiento con la finalidad de observar si

dichas variables influyen en la generación de valor económico ROA (rentabilidad sobre los activos) y ROE (rentabilidad sobre el capital o patrimonio); los ratios se proceden a detallar en la Tabla 1.

**Tabla 1**

*Indicadores financieros*

Clasificación	Indicador	Ratio
<i>Liquidez</i> : métrica que demuestra el nivel en el cual una determinada empresa hace frente a sus obligaciones de tipo corriente (Rubio Domínguez, 2015).	<i>Liquidez corriente</i>	$\frac{\text{Activo corriente}}{\text{Pasivo corriente}}$
	<i>Endeudamiento del activo</i>	$\frac{\text{Pasivo total}}{\text{Activo total}}$
<i>Endeudamiento</i> : métrica que muestra el nivel de compromiso que tiene una entidad con terceros, estos se pueden definir como proveedores, instituciones financieras etc. (Viguera, 2007).	<i>Endeudamiento patrimonial</i>	$\frac{\text{Pasivo total}}{\text{Patrimonio}}$
	<i>Apalancamiento</i>	$\frac{\text{Activo total}}{\text{Patrimonio}}$
<i>Gestión</i> : este tipo de métricas evalúan el comportamiento de la entidad enfocado a los objetivos estratégicos, además, mide temporalidad y cumplimiento (Roncancio, 2019).	<i>Rotación de Ventas o Rotación de Activos</i>	$\frac{\text{Ventas}}{\text{Activo total}}$
<i>Generación de valor económico</i> : se caracteriza como aquellos ratios que simulan la renta obtenida en cierto periodo y en ciertas condiciones específicas, sea cuentas contables o temporalidad (Echevarría, 1994).	<i>ROA (rentabilidad sobre los activos)</i>	$\frac{\text{Beneficios netos}}{\text{Activo total}}$
	<i>ROE (rentabilidad sobre el capital o patrimonio)</i>	$\frac{\text{Beneficios netos}}{\text{Fondos propios}}$

*Nota*: la elección de estos indicadores fue mediante la valoración de los ratios más usados en cada una de las clasificaciones, y que tienen más incidencia en la cualificación empresarial.

*Fuente*: Elaboración propia mediante los argumentos de (Echevarría, 1994; Roncancio, 2019; Rubio Domínguez, 2015; Viguera, 2007)

## Análisis estadístico

La metodología investigativa se basa en el modelo de *efectos fijos o aleatorios*, previa evaluación de la prueba de *Hausman*. El modelo de *efectos fijos*, según Granados (2011) se caracteriza por presentar una hipótesis con menor cantidad de suposiciones sobre la conducta de los residuos generados en la elaboración del modelo estadístico, por otra parte, Gras (1996) menciona que el *modelo de efectos aleatorios* tiene las mismas particularidades del modelo fijo; sin embargo, en este descriptivo, las consideraciones son aleatorias con respecto al valor medio y a la varianza, conjuntamente, resuelven que este modelo es más eficiente por dichas consideraciones como parámetro de cálculo. Estos modelos sirven para evaluar y controlar la heterogeneidad determinada como inobservable al no disponer en el tiempo algunas variables significativas en el carácter del estudio (Laird & Ware, 1982). Mutl & Pfaffermayr (2011) mencionan que la prueba de Hausman en este apartado es un método de suma importancia para fijar que modelo es el más apropiado para determinado grupo de variables explicativas, la prueba de Hausman tiene dos observaciones:

1. Si, **Prob>Chi<sup>2</sup>** es menor que 0.05 se accede a presentar la metodología de efectos fijos
2. Si, **Prob>Chi<sup>2</sup>** es mayor que 0.05 se consiente la metodología de efectos aleatorios

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En una representación radial (Figura 1), podemos observar que entre las proporciones obtenidas por los CIUO, en la parte de mujeres en el campo directivo (CIUO 1321.01 *directores de industrias manufactureras*), empleadas (CIUO 41 *oficinas*, 42 *empleados de trato directo con el público*, 431 *auxiliares contables*

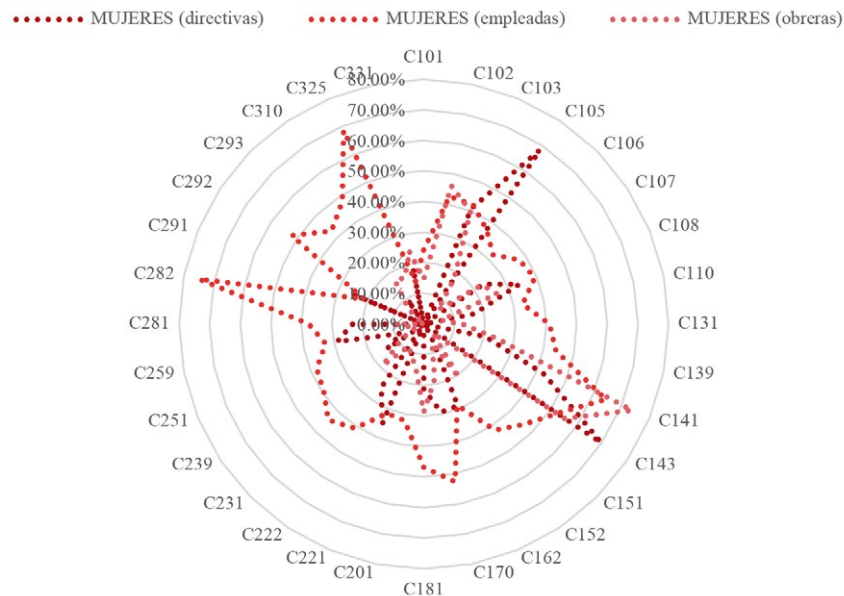
y *financieros*) y obrera (CIUO 432 *empleado encargado del registro de materiales y transportes*); el CIUO con mayor ponderación en las tres, son el C141 (fabricación de prendas de vestir, excepto prendas de piel) y C143 (fabricación de artículos de punto y ganchillo), por otra parte, aquel que posee menor participación femenil es la actividad C106 (elaboración de productos de molinería, almidones y productos derivados del almidón) y C101 (elaboración y conservación de carne). Con los datos presentados con anterioridad se puede observar que las actividades de la rama textil poseen mayor cobertura y alcance a la participación laboral femenina, sin embargo, se aprecia todo lo contrario en diversas actividades como: producción de alimentos, bebidas y vinos. La participación femenina en la parte directiva manifiesta un promedio de 18,34%, una mediana de 17,33%, una desviación entre datos de 19,18% y una varianza de 3,68%; en la actividad empleada, se observa un promedio de 41,39%, una mediana de 41%, una desviación entre datos de 12,65% y una varianza de 1,60%; y en la actividad obrera un promedio de 17,83%, una mediana de 14,30%, una desviación entre datos de 16,47% y una varianza de 2,71%.

## Análisis de la variable significativa en el ROA

En este apartado con un valor **Prob>Chi<sup>2</sup>** igual a 0,1057 determinamos al modelo de efectos aleatorios como el más factible, con un nivel de significancia igual a 0,0005 podemos demostrar la veracidad de los resultados, los cuales determinan que la rotación de ventas es aquel factor que coadyuva en el desarrollo de ROA (rentabilidad sobre los activos) con un P-valor de 0,00 (4,27), el coeficiente enfatiza que por el incremento en una unidad de Rotación de ventas el ROA crecerá en 0,01376 en una constante de 0,01351 (Tabla 2).

**Figura 1**

Participación Directiva (CIUO 1321.01), empleadas (CIUO 41, 42, 431) y obrera (CIUO 432) frente al CIU



Fuente: Elaboración propia mediante los datos proporcionados por el Directorio de Empresas y Establecimientos (2020) y el (INEC, 2020)

**Tabla 2**

Variables frente al ROA

ROA	Coef.	z	P>z
Liqu_corr	-0,000001	-0,45	0,653
End_Act	0,000022	0,03	0,98
End_Pat	-0,009344	-1,75	0,081
Apal	0,009434	1,76	0,078
Rot_vtas	0,013770	4,27	0
_cons	0,013518	0,86	0,391

Nota: el nivel de significancia de la variable se determina cuando el P>z es menor a 0,05 (Granados, 2011)

Fuente: Elaboración propia en base a resultados

### Análisis de la variable significativa en el ROE

En este enfoque con un valor **Prob>Chi<sup>2</sup>** igual a 0,3295 determinamos al modelo de efectos aleatorios como el más viable; con un nivel de significancia igual a 0,0000 podemos demostrar la autenticidad de los resultados, los cuales determinan que la liquidez corriente

y la rotación de ventas es aquel factor que aporta en el desarrollo de ROE (rentabilidad sobre el capital) con un P-valor de 0,227 (-1,27) y 0,249 (1,15). El coeficiente enfatiza que por el incremento en una unidad de liquidez corriente el ROE decrecerá -0,00003, en el caso de la Rotación de ventas el ROE crecerá en 0,0558114 en una constante de 0,01351 (Tabla 3).

**Tabla 3**

Variables frente al ROE

ROE	Coef.	z	P>z
<i>Liqu_corr</i>	-0,00003	-1,21	0,227
<i>End_Act</i>	0,0003789	0,03	0,98
<i>End_Pat</i>	0,0537391	0,58	0,561
<i>Apal</i>	-0,042195	-0,46	0,648
<i>Rot_vtas</i>	0,0558114	1,15	0,249
<i>_cons</i>	-0,006093	-0,05	0,963

Nota: el nivel de significancia de la variable se determina cuando el P>z es menor a 0,05 (Granados, 2011).

Fuente: Elaboración propia en base a resultados

### Influencia de la mujer en la generación de valor

La probabilidad estadística de la correlación indica que, las mujeres directivas influyen de forma general en los valores de liquidez corriente y rotación en ventas; las mujeres empleadas en un enfoque de productividad

laboral influyen de forma negativa en la generación de valor con respecto a los activos; las mujeres obreras encargadas del entorno de producción de la empresa fabril determina que, el aporte influye en la carga de endeudamiento de activos, además, en la renta sobre el capital y liquidez corriente. (Tabla 4).

**Tabla 4**

Correlación

	M_directivas	M_empleadas	M_obreras
<i>Liqu_corr</i>	0,2142	0,0276	0,2536
<i>End_Act</i>	0,1513	0,035	0,3911
<i>End_Pat</i>	0,0911	-0,0714	-0,0963
<i>Apal</i>	0,0967	-0,0742	0,1003
<i>Rot_vtas</i>	0,2164	0,0294	0,2542
<i>ROA</i>	-0,1238	-0,4859	0,1515
<i>ROE</i>	0,2081	0,0144	0,2557

Nota: el nivel de significancia de dos variables se analiza cuando los valores son cercanos a 1 (correlación fuerte), 0,5 (correlación moderada o leve), 0 (no correlación); si el valor es negativo es una relación inversamente proporcional, mantiene el mismo criterio que los positivos (Sabadías, 1995).

Mediante un análisis de regresión en cada uno de los gráficos entrelazados, podemos determinar que, el factor de las mujeres en el directorio no genera una incidencia

significativa, por otra parte, se observa una evidencia de colinealidad, lo cual indica que las mujeres y los hombres aportan de la misma forma y en la organización, dicha afirmación se

da en el ROA y ROE (Figura 2).

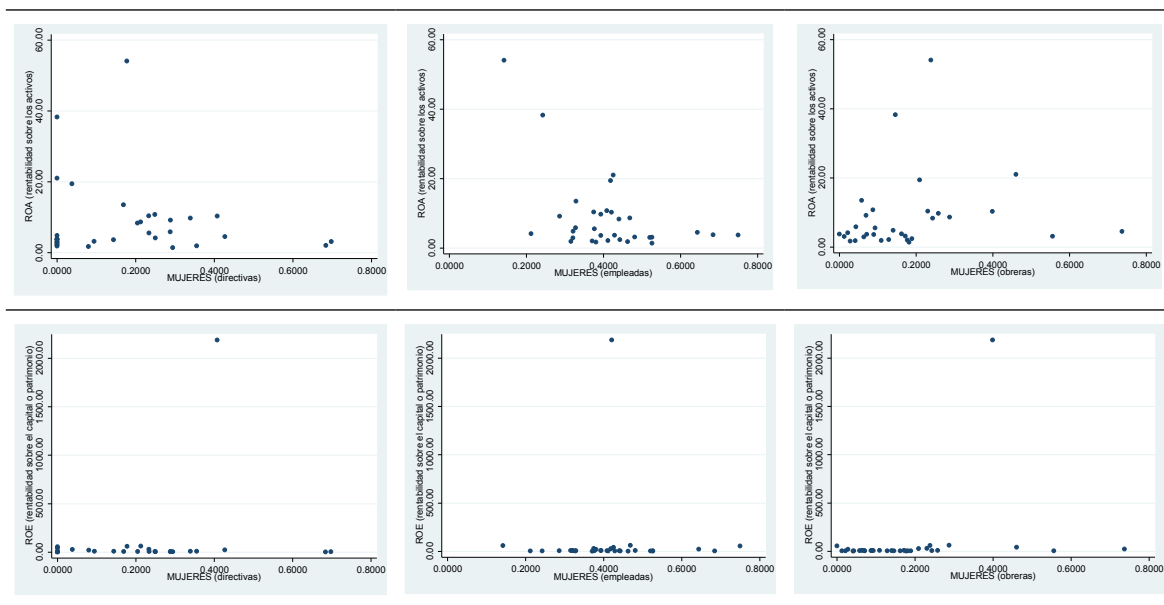
Por otra parte, las mujeres empleadas generan una bifocalidad, por una parte con relación al ROA, incide en la pérdida de valor con un  $P > |t|$  igual a 0.005, y un coeficiente negativo de -42,76 en una constante de 26,45; como segunda observación con respecto al ROE, no se puede hacer relevancia a los valores, por lo que  $Prob > F$  no está en los rangos de aceptabilidad (Figura 2).

En el factor de productividad mediante regresión se observa que las mujeres obreras no inciden en las métricas de valor ROA, sin embargo, surge un coeficiente cuasi aceptable cuando se difiere al ROE (Figura 2).

La revisión de este análisis permite dejar un precedente de como la mujer establece un papel crítico en varios ámbitos de la organización, aunque es indiscutible que la mujer ha sido apartada de varios de ellos, se ha demostrado la importante contribución que realizan hacia una visión progresista y proactiva; de forma empírica se ha determinado que la mujer posee gran estímulo estratégico cuando de tomar decisiones se trata, lo mencionado por Ceja (2008) sobre la brecha de desigualdad y sobre los banales estereotipos enfatizado por Ruiz-Navarro et al., (2012) condesciende que es necesario aumentar su participación, por el beneficio abierto existente a su aportación directiva o productiva.

**Figura 2**

Gráficos de dispersión



## CONCLUSIONES

Los resultados permiten concluir que la participación de la mujer en el directorio no genera una incidencia significativa, a pesar de que tanto hombres como mujeres realicen un aporte equilibrado con respecto a los valores que se presentan en ROA y ROE. La extensa

disputa sobre la igualdad de género, salario y oportunidades, entre otros, no ha encontrado su tan anhelado fin. Sin embargo, esto no define la importancia que la mujer pueda tener dentro de la participación laboral, de forma que el status quo de la participación femenina se mantiene.

Sobre la base de Charlo Molina & Núñez

Torrado (2012), la participación de la mujer a pesar de ser escasa en las empresas, los datos antes expuestos determinan que el CIU con mayor participación se encuentra en C141 – Fabricación de prendas de vestir, excepto prendas de piel y C143 – Fabricación de artículos de punto y ganchillo, determinado por la mayor interacción de la mujer en la industria textil, no obstante la participación es subdividida en directivo, empleadas y obreras.

- El primer grupo tienen mayor influencia dentro de los indicadores de liquidez corriente y rotación en ventas.
- El segundo grupo tiene un efecto negativo en la generación de valor con respecto a los activos, mismo que evidencia una resistencia al crecimiento tanto laboral como salarial.
- El tercer grupo mediante el análisis de correlación se vio medianamente atraído a la fuerza del endeudamiento del activo, a través de análisis de regresión en la significancia de generación de valor, los resultados se enfocaron a un aporte mínimo a la renta sobre el capital

Dentro del C106 – Elaboración de productos de molinería, almidones y productos derivados del almidón y C101 – Elaboración y conservación de carne, se evidencia una baja o escasa participación femenil. No obstante, la naturaleza de los procesos es considerada como trabajo pesado por lo que se evidencia en mayor medida la distinción de género y lo expuesto por (Ballara, 2006) como la amplitud de oportunidades se ve como una realidad lejana, para aquellos sectores que se permiten utilizar el término de trabajo pesado.

Como lo justifica (figura 1.) la media de participación de mujeres en general en las empresas manufactureras es de 25,85%, con una mediana de 24,07% y una variación de 3,83%, teniendo en cuenta que existe más

participación de mujeres como empleadas con un promedio de 41,39%, seguido por las directivas con 18,34% y en último lugar la fuerza obrera 17,83%.

Como un aporte final, dentro del enfoque de la gestión financiera de las industrias manufactureras; es importante determinar que la rotación de ventas es el pilar en la generación de valor con respecto a los activos y capital, con dicha consideración, este grupo empresarial debería enfocarse a la gestión comercial, con la finalidad de dinamizar el enfoque económico-financiero y promover una participación de mercado sostenida.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfonso Gallegos, Y., González Olmedo, G., & Mirabal Pérez, Y. (2017). Población, género y liderazgo femenino en Yaguaramas. Un estudio de caso. *Revista Novedades en Población*, 13(26), 219-230.
- Améstica-Rivas, L. R., King-Domínguez, A., Espinoza, C., & Daza, M. (2020). Women's participation in the top management of Chilean companies and their impact on financial performance. *Revista Internacional de Investigación en Ciencias Sociales*, 16(2), 248-266. <https://doi.org/10.18004/riics.2020.diciembre.248>
- Andres, L. (2015). *WOMEN AND LABOR LEGISLATION FROM A GENDER APPROACH. A LOOK INTO THE ORGANIC LAW FOR JUSTICE LABOR AND NON-REMUNERATED WORKHOUSE RECOGNITION*. 14.
- Arriagada, I. (1990). *La participación desigual de la mujer en el mundo del trabajo*. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/11764>
- Ballara, M. (2006). *Género y globalización, sus impactos en los sistemas de producción, la situación de las mujeres y los/las jóvenes: Un desafío para la seguridad alimentaria*.



- 2(13). [http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP\\_FaoRlc/old/mujer/docs/geneglo.pdf](http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/mujer/docs/geneglo.pdf)
- Bárcena, A. (2030). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible*. 36.
- Buvinic, M., & Roza, V. (2004). *Aumento del liderazgo de las mujeres*. 108, 29.
- Ceja, L. (2008). *El papel de la mujer en la empresa familiar: El reconocimiento de un rol crítico pero a veces invisible*. 38. <https://connectamericas.com/sites/default/files/content-idb/Mujer.EmpresaFamiliar.pdf>
- Charlo Molina, M. J., & Núñez Torrado, M. (2012). *La mujer directiva en la gran empresa española: Perfil, competencias y estilos de dirección*. <https://idus.us.es/handle/11441/16268>
- Deere, C. D. (2011). *Tierra y autonomía económica de la mujer rural: Avances y desafíos para la investigación*. 40.
- Díaz-Fernández, I., & Echevarría-León, D. (2016). El emprendimiento en Cuba: Un análisis de la participación de la mujer. *Entramado*, 12(2), 54-67. <https://doi.org/10.18041/entramado.2016v12n2.24239>
- Directorio de Empresas y Establecimientos. (2020, octubre). *Directorio de Empresas*. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/directoriodeempresas/>
- Echevarría, S. G. (1994). *Introducción a la economía de la empresa*. Ediciones Díaz de Santos.
- García, A. (1981). *Clasificación industrial de todas las actividades económicas: CIIU*. Ministerio de Trabajo.
- García, J. C., & Cortez, P. (2012). *Análisis de la participación laboral de la mujer en el mercado ecuatoriano*. <http://repositorio.cedia.org.ec/handle/123456789/878>
- González, E. G., & Panteleeva, O. V. (2016). *Estadística inferencial 1: Para ingeniería y ciencias*. Grupo Editorial Patria.
- Granados, R. M. (2011). *Efectos fijos o aleatorios: Test de especificación*. 5.
- Gras, J. A. (1996). *Métodos y técnicas avanzadas de análisis de datos en ciencias del comportamiento*. Edicions Universitat Barcelona.
- Hidalgo, S. (2020, marzo 6). *El papel de las mujeres en la actividad empresarial, un pilar de presente y de futuro*. Sage Advice España. <https://www.sage.com/es-es/blog/papel-de-las-mujeres-en-actividad-empresarial-pilar-de-presente-y-futuro/>
- INEC. (2020). *Encuesta a Empresas* [Estadísticas]. Instituto Nacional de Estadística y Censos. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/encuesta-a-empresas/>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2012). *Clasificación Internacional Uniforme de Ocupaciones (CIOU 08)*. <https://aplicaciones2.ecuadorencifras.gob.ec/SIN/descargas/ciuo.pdf>
- Laird, N. M., & Ware, J. H. (1982). Random-Effects Models for Longitudinal Data. *Biometrics*, 38(4), 963-974. <https://doi.org/10.2307/2529876>
- Lasio, V., Amaya, A., Zambrano, J., & Ordeñana, X. (2020). *Global Entrepreneurship Monitor Ecuador 2019/2020*. 65.
- Lastarria y Cornhiel, S. (2008). *Feminización de la agricultura en América Latina y África*. 11, 26.
- Morley, L. (2013). The rules of the game: Women and the leaderist turn in higher education. *Gender and Education*, 25. <https://doi.org/10.1080/09540253.2012.740888>
- Mutl, J., & Pfaffermayr, M. (2011). The Hausman test in a Cliff and Ord panel model. *The Econometrics Journal*, 14(1), 48-76. <https://doi.org/10.1111/j.1368-9894.2011.00540.x>



doi.org/10.1111/j.1368-423X.2010.00325.x

- Obando Salazar, O. L. (2011). Una política pública de la mujer con perspectiva de género. *Cuadernos de Administración*, 22(36-37), 317-340. <https://doi.org/10.25100/cdea.v22i36-37.246>
- Ochoa, G. M. (1996). Estudio longitudinal de la presencia de la mujer en los medios de comunicación de prensa escrita. (Cuadernos de Investigación de Psicología Comunitaria, Universidad de Valencia). Autor: José Ramón Bueno Abad. Edita: Nau Llibres. Valencia. 1996. *Alternativas: Cuadernos de trabajo social*, 4, 263-267.
- Pablos, E., & Tarifa, E. (2020, febrero 4). *Conciliar vida laboral i familiar: Tasca impossible per a les periodistes?* Barcelona: Secretaria de la Dona del Sindicat de Periodistes de Catalunya. <http://www.sindicatperiodistes.cat/content/conciliar-vida-laboral-i-familiar-tasca-impossible-les-periodistes>
- Ramírez, D. (2011). *Productividad agrícola de la mujer rural en Centroamérica y México*. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/26078>
- Roncancio, G. (2019, agosto 30). *Indicadores de Gestión (KPI's) Financieros: 22 ejemplos prácticos*. <https://gestion.pensemos.com/indicadores-de-gestion-kpis-financieros-22-ejemplos-practicos>
- Rubio Domínguez, P. (2015). *Manual de análisis financiero*. Juan Carlos Martínez Coll.
- Ruiz-Navarro, J., Camelo, C., & Coduras, A. (2012). *MUJER Y DESAFÍO EMPRENDEDOR EN ESPAÑA. CARACTERÍSTICAS Y DETERMINANTES*. *Economía Industrial*, 13-22.
- Sabadías, A. V. (1995). *Estadística descriptiva e inferencial*. Univ de Castilla La Mancha.
- Sanahuja, J. A. (2015). La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: Hacia una ética universalista del desarrollo global. *Razón y fe*, 272(1405), 367-381.
- Schejtman, Alexander, & Berdegué, J. (2004). *Desarrollo territorial rural*. 6.
- Viguera, M. G. (2007). *Aplicación del borrador del nuevo PGC y de las NIIF a las empresas constructoras e inmobiliarias*. CISS.
- Yissi, J. F., & Villagrán, P. S. (2012). *MUJER, TRABAJO Y FAMILIA. TENSIONES, RUPTURAS Y CONTINUIDADES EN SECTORES RURALES DE CHILE CENTRAL*. 37.



# Revista MINERVA

Plataforma digital de la revista: <https://minerva.sic.ues.edu.sv>



## Impacto económico por el COVID-19 en sectores productivos del oriente de El Salvador 2020

### Economic impact of COVID-19 in productive sectors of eastern El Salvador 2020

Marta Villatoro-de-Guerrero<sup>1</sup>

Correspondencia:  
[marta.villatoro@ues.edu.sv](mailto:marta.villatoro@ues.edu.sv)

Presentado: 26 de febrero de 2021  
Aceptado: 8 de mayo de 2021

<sup>1</sup> Docente e investigadora, Facultad Multidisciplinaria Oriental, Universidad de El Salvador

#### RESUMEN

El estudio verifica los efectos económicos generados durante la cuarentena domiciliar obligatoria por COVID-19 en los sectores productivos a través de la población considerada en las micro y pequeñas empresas, de la zona oriental de El Salvador. Además, indaga las posibles medidas de recuperación visualizadas por este sector. La metodología empleada fue predominantemente cualitativa; la investigación identifica cuál es el sector productivo más afectado por la emergencia nacional COVID 2019, se deduce que, con la interrupción de la cadena productiva, se redujo el empleo y el ingreso de las familias del sector microempresarial. También, se demuestra que las medidas gubernamentales que más afectaron a los sectores productivos de la zona oriental fueron, la restricción a la circulación, y la cuarentena domiciliar obligatoria. Con este trabajo se constató que el 73.9% de la población microempresarial de la zona oriental en estudio, no recibió el bono de \$ 300.00 otorgado como subsidio gubernamental para ayudar a estos sectores.

**Palabras claves:** microempresas, sector productivo, cuarentena domiciliar, COVID 19, Zona oriental.

#### ABSTRACT

The study verifies the economic effects generated during the mandatory home quarantine by COVID-19 in the productive sectors through the population considered in the micro and small companies, in the eastern area of El Salvador. In addition, it investigates the possible recovery measures visualized by this sector. The methodology used was predominantly qualitative; The research identifies which is the productive sector most affected by the national emergency COVID 2019, it is deduced that, with the interruption of the productive chain, employment, and income of families in the microenterprise sector was reduced. Also, it is shown that the government measures that most affected the productive sectors of the eastern zone were, the restriction of circulation, and

the mandatory home quarantine. With this work it was found that 73.9% of the microentrepreneur population of the Eastern zone under study did not receive the \$ 300.00 bonus granted as a government subsidy to help these sectors.

**Keywords:** micro-enterprises, productive sector, home quarantine, COVID 19, Eastern Zone.

## INTRODUCCIÓN

A través de la historia, se han suscitado varias crisis económicas de gran proporción, cada una tiene sus propias causas. En la antigüedad, **a las crisis se les llamaba a algunas de subsistencias, otras por problemas climáticos, esta última lo relacionaban con el ciclo de frecuencia de cosechas insuficientes para la población**, por tanto, desembocaba en crisis por falta de alimentos de la canasta básica, esta insuficiencia de alimentos llevaba a la desnutrición y enfermedades, y afectaban significativamente a la población. En el siglo XIX Lord Overstone, (Desai, 2017) describió el patrón de ciclos y crisis, básicamente lo que plantea es que, cuando se está en una fase descendente se tiene que volver a ascender, y una posibilidad es buscar las respuestas en las experiencias del pasado, que han sido similares a las crisis de actualidad.

Sin embargo, cual sea el tipo de crisis siempre se encuentra la forma de resolverla. De acuerdo a la revisión bibliográfica, las medidas económicas que los distintos gobiernos tomaron en su momento fueron las que consideraron, más factibles, de estas son: ajustes a la política monetaria, reducción de la tasa de interés, deuda pública, apoyo al crédito, ajustes de política fiscal, medidas de apoyo al sistema financiero, ajustes estructurales, y como resultado se obtuvo la falta de control del Banco Central de Reserva, generación de burbuja inmobiliaria impulsada por los bancos, mayores niveles de corrupción, y empobrecimiento de la población. Además, se menciona que, en las crisis producidas por pandemias y principalmente por guerras se

puso de moda la teoría de J.M. Keynes, quien propuso que “en materia económica se debía incrementar el gasto público en los períodos de recesión, haciendo que el Estado incurriera en un déficit, para generar demanda adicional que estimulara la inversión y disminuyera el desempleo” (Batalla, 2012). Con los acontecimientos actuales se pone la discusión en el rol del Estado nuevamente sobre la mesa.

La historia describe varias apreciaciones relacionadas con las crisis, es así que la profesora Katherine Kedzierska de la Universidad de Melbourne recuerda qué (BBC Mundo, 2018) se ha escrito “Hemos tenido tres pandemias de gripe desde 1918: la gripe asiática de 1957, la gripe de Hong Kong de 1968 y la gripe porcina de 2009”, pero además, McNeill plantea: “los virus no se quedarían quietos, mutarían, atacarían de nuevas formas, y el avance del hombre sobre especies y ecosistemas lo expondría además a gérmenes desconocidos” (Serrichio, 2020). En 1981 (Miranda Gómez & Nápoles Pérez, 2009) “se identificó el Síndrome de Inmunodeficiencia Adquirida (SIDA), que desde entonces se cobró entre 25 y 35 millones de vidas y al que a la ciencia le llevó dos años encontrar el virus causante (HIV)”, sin embargo, Walter Scheidel, historiador de la Universidad de Stanford, “ubica a la peste (junto a la guerra, la revolución y el colapso del Estado) como uno de los cuatro grandes “niveladores” de la historia. Sólo después de eventos así, dice, la humanidad (o parte de ella) achican diferencias de ingreso y riqueza” (Scheidel, 2017).

En el libro *El jinete pálido*, describe que “la mal llamada gripe española acabó con la vida de al menos 50 millones de personas, algunas cifras hablan de hasta 100 millones”

(Spinney, 2017). Y dice aun la gente no aprende; porque la generación que aprendió la lección ya está muerta y fue reemplazada por otra que no lo vivió en carne propia, una sociedad siempre sucia, no preparada y no equipada, sin embargo, asegura Piot "Ahora tenemos antibióticos para tratar la neumonía. Tenemos respiradores, estamos mejor equipados" (Piot, 2018). No obstante, agrega Spinney, hay recomendaciones que suenan, en 1918, el gobernador de la provincia de Burgos tuvo que publicar un Boletín Oficial Extraordinario en el que indicó las recomendaciones a seguir para evitar el contagio, estas fueron algunas:

1. La infección se propaga por las gotas de saliva que despiden el que habla, tose, etc.
2. No celebrar fiestas y reuniones.
3. No permanecer en locales cerrados, donde mucha gente se reúne.
4. El aire, el agua o la luz son los mejores desinfectantes.
5. Seguir los consejos del médico.

Luego de la primera guerra mundial, se esparció por el mundo con la desmovilización de las tropas; aunque no hay cifras ni estudios sobre el impacto económico de esa pandemia. Dado el auge de las nuevas tecnologías de comunicación se tiene acceso a información de las pandemias más recientes, existe más datos relacionados al impactado económico en ese sentido, se plantea que, "la Gripe Porcina (a posteriori identificada como A/H1N1, iniciada en México en 2009) ocurrió después y fue eclipsada en ese aspecto por el pánico financiero desatado por la quiebra de Lehman Brothers (septiembre 2008) y la crisis de las hipotecas en EEUU, que luego se extendió por toda Europa y provocó una fuerte caída del crecimiento mundial"; así también, "la OMS declaró el 11 de junio de 2009 como pandemia, a la que puso fin el hallazgo de una vacuna, el virus infectó a 6,7 millones de personas y mató

a poco menos de 20,000 en el mundo (tasa de mortalidad de 0,3%). En medio del vendaval financiero global, en el que la economía mundial pasó de crecer 4% en 2007 a caer 2% en 2009" (Serrichio, 2020).

La presente investigación se realizó porque el COVID-19 llegó en un momento en que la economía salvadoreña estaba despegando con una nueva visión de gobierno de turno, aunque los niveles de deuda eran altos, la crisis sanitaria mundial y nacional ha puesto de manifiesto la fragilidad del sistema político, económico y social, principalmente la ruptura de las cadenas productivas.

No hay duda que, lo que inició en Wuhan, (capital de la provincia de Hubei, un lugar situado en la República de China), en el mes de diciembre de 2019, le disminuyó en forma rápida a más de 184 países del mundo, las aspiraciones de crecimiento económico en el año 2020, provocando una crisis de salud, causada por la pandemia del síndrome respiratorio agudo severo, coronavirus (COVID-19) (Organización Mundial de la Salud, 2020). Esta enfermedad, ha puesto en emergencia a todos los sistemas sanitarios del mundo, dando como resultado graves problemas sociales.

Una de las primeras recomendaciones dadas por las autoridades sanitarias, fue enviar a gran parte de la población a cuarentena domiciliar (OMS, 2020). Esta medida conduce inevitablemente a la crisis económica, porque esta acción interrumpe la cadena productiva mundial, inmovilizó las actividades relacionadas con el turismo, de servicio, entre otros.

Una segunda medida para reducir el brote fue que los países más vulnerables paralizaron sus vínculos geográficos, vía aérea, terrestre y marítima (CNN-Chile, 2020); en igual forma esta medida causa un colapso de la cadena de suministros, local, regional, y global. También, provoca escasez de productos necesarios,

al haber escasez, surge el efecto natural del mercado, el incremento de los precios de los productos básicos, tarde o temprano los países más vulnerables se ven en la necesidad de gastar más dinero para comprar los productos necesarios, por tanto, esto afectará la dinámica del mercado; en igual forma, es muy probable que la sociedad enfrente una pérdida de empleo e ingresos, el comercio se verá disminuido, los precios aumentarán, todos estos elementos, contribuyen a una crisis económica.

Para evitar que la crisis sea de mayor magnitud, los gobiernos deberían tomar medidas urgentes para evitar el colapso económico, dado que, entre mayor sea la caída, más tardada será la recuperación.

El Salvador enfrentó un problema económico producido por una crisis sanitaria llamada COVID-19, el dilema mayor fue, ¿qué atender primero, la salud o la economía?, sin embargo, sobre la base de la historia de crisis mundiales

sanitaria, se plantea que el problema de la salud, es impostergable, pero no se puede primero tratar la salud y después el tema económico, deben ir de la mano, ambos son prioridad, porque, el reto es doble, mantener la salud y salvar vidas, al mismo tiempo proteger de la crisis económica, dado que, se debe contar con recursos proveniente del impuesto al consumo para proveer de insumos y materiales necesarios, para tal fin, pero, si se descuida el tema económico, la crisis se puede agudizar aún más, dada la interrupción de la cadena productiva interna, porque esta actividad es la que genera los ingresos que el Estado necesita para mantener la salud.

Según La Comisión Nacional de la Micro y Pequeña Empresa de El Salvador (CONAMYPE), en la última encuesta realizada (CONAMYPE, 2018), informa que existen 317,795 unidades económicas clasificadas en micro, pequeñas empresas y emprendimientos (Tabla 1).

**Tabla 1**

*Clasificación de las micro y pequeñas empresas de El Salvador, 2018*

Clasificación	No. de empresas	%	Urbano	Rural
Emprendimientos	107,796	33.92	98,245	9,562
Microempresas	193,092	60.76	175,984	17,127
Pequeñas empresas	16,907	5.32	15,409	1,500
Total	317,795	100	289,638	28,188
Zona oriental	58,501	18.41	53,312	5,189

*Fuente:* Elaboración propia, sobre la base de DIGESTYC, y CONAMYPE, 2018.

La revista de Empresas y Negocios (Estrategia y Negocios.net, 2015), describe que las micro y pequeñas empresas (MYPE) contribuyen con el 35% del PIB en El Salvador. La importancia de las MYPE radica en su impacto en la economía nacional al representar el 99.34% de las empresas del país, y su aporte al PIB, también generan más de 800,000 empleos (CONAMYPE, 2018)(Tabla 2).

Estas empresas en muchos casos son débiles, generan su propio empleo, no están preparadas para enviar a sus empleados a guardar cuarentena domiciliar y pagarles el salario y, correr con los gastos fijos de operación, más allá de un mes. Una de las medidas tomadas por el gobierno salvadoreño, es que pueden obtener financiamiento o préstamos, en el sistema financiero para cubrir los compromisos

**Tabla 2**

*Empleos generados por las micro y pequeñas empresas de El Salvador, 2018*

Clasificación	No. de empleos	%	Mujeres	Hombres
Emprendimientos	161,715	18.92	87,585	74,130
Microempresas	510,873	58.77	276,689	234,184
Pequeñas empresas	182,143	21.31	98,649	83,495
Total	854,732	100	462,959	391,773

Fuente: Elaboración propia, sobre la base de DIGESTYC, y CONAMYPE, 2018.

salariales a los empleados, pero, esa acción las llevaría a tener un pasivo financiero, que en mediano y largo plazo les será difícil saldarlo.

De acuerdo con la observación las micro y pequeñas empresas, son las unidades productivas más afectadas con la emergencia nacional y las más invisibilizadas por los tomadores de decisiones.

Debido a que, la cadena productiva se ha interrumpido, las MYPES no logran ofrecer productos a los consumidores, para obtener ingresos, y cumplir con sus responsabilidades con los proveedores y sus empleados, y en última instancia su propio ingreso de subsistencia, tal como lo expresa el presidente de Asociación de Ganaderos de El Salvador (AGES), Mario Espinal, "Que el cierre o reducción de operaciones de las pupuserías, comedores, y algunos mercados por la emergencia sanitaria; ha afectado a los ganaderos salvadoreños que abastecen a los que procesan leche de manera artesanal, en la elaboración de quesos" (Orellana, 2020). También, se puede mencionar a los fruteros y hortaliceros, de temporada, que enfrentan la misma situación, en ese sentido, tanto la oferta como la demanda de los productos en el mercado nacional, se ha visto disminuida, lo que conllevaría en el corto y mediano plazo a una crisis económica, individual, empresarial y nacional.

Otro problema que se evidencia es la **pérdida de esperanza de muchas personas en**

**edades productivas, de obtener empleo remunerado;**

dado que, muchas personas tenían la promesa de iniciar su nuevo trabajo en el mes de marzo o en el mes siguiente; otros se quedaron con el producto que sería entregado porque el comprador cerró la empresa, en cambio otros, entregaron el producto, pero no tuvieron el pago correspondiente, debido a que el comerciante dice que no lo vendió; esas y muchas más experiencias derivadas de la emergencia y cuarentena domiciliar, se disiparon y complicaron, y más aún, cuando se vislumbra el impacto en la economía que tendrán las medidas sanitarias impuestas por el gobierno de la República de El Salvador, como respuesta al COVID-19: cierre de las empresas con productos no esenciales, restricción a la circulación, cierre de centros turísticos, centros comerciales, estadios, entre otras.

La intención de esta investigación es ofrecer una reflexión, que pretende ser general, sobre cómo se ha llegado a la situación actual, cuáles han sido los principales obstáculos y cuáles son las vías de salida más realistas. Para hacerlo de manera ordenada, el estudio plantea responder a una serie de preguntas básicas que permiten estructurar el discurso:

- ¿Qué sectores económicos considerados en las MYPES han salido más afectados por el problema de la emergencia nacional producto del COVID-19?
- ¿En qué medida la cadena productiva de



los microempresarios fue afectada, con la cuarentena domiciliar obligaría?

- ¿La cuarentena domiciliar obligatoria incidió en la disminución de los ingresos de los sectores considerados en las MYPES?

El objeto de estudio es el impacto económico en las MYPE, producto de la cuarentena domiciliar obligatoria generada por la pandemia COVID-19.

El objetivo de la investigación es analizar los efectos económicos generados durante la cuarentena domiciliar obligatoria por COVID-19 en los sectores productivos a través de la población considerada en las micro y pequeñas empresas, de la zona oriental, conociendo de estas las posibles medidas de recuperación visualizadas por este sector.

En ese sentido, el proceso investigativo identifica teorías económicas que plantean como enfrentar y resolver los efectos de la crisis. Es así como, para orientar el presente trabajo se retoman elementos planteados por Burgos (1964), quien define la empresa como la encargada de generar los bienes y servicios que demanda la población con carácter lucrativo o no lucrativo, en el ámbito privado o estatal, en ese sentido, clasifica los sectores económicos:

“Por el origen de su capital, su tamaño, conformación de su capital, el pago de impuestos, el número de propietarios, la función social y, la formación de explotación” (Burgos, 1964).

Para fines de la investigación se retomaron las clasificaciones por sectores económicos, y por tamaño planteada por John Edson Burgos, y la clasificación planteada por el Ministerio de Economía (2011) a través de la Comisión Nacional de la Micro y Pequeña Empresa (CONAMYPE). Debido a que, las condiciones en las que operan las micro y pequeñas empresas (MYPE) son particulares en relación con el resto de las empresas, ya que poseen rasgos propios

en cuanto a sus características económicas, financieras, tecnológicas y sus condiciones de empleo. La estratificación de las micro y pequeñas empresas se hace según el tamaño y, los criterios explicitados en el artículo 3 de la Ley de Fomento, Protección y Desarrollo para las Micro y Pequeña Empresa, que básicamente son el valor de las ventas brutas anuales y el número total de personal ocupado.

CONAMYPE considera como microempresa, “toda aquella persona natural o jurídica que opera en los diversos sectores de la economía, a través de una unidad económica con un nivel de ventas brutas anuales hasta 482 salarios mínimos mensuales de mayor cuantía y hasta 10 trabajadores”. Complementariamente a esta clasificación CONAMYPE introduce el término de emprendimiento, que se refiere a toda unidad económica que tenga ingresos por ventas brutas anuales de hasta US\$ 5,714.28 y no posee trabajadores remunerados o asalariados, es decir, que se consideran como negocios de tipo familiar. El tamaño de la empresa es otra variable, la Ley MYPE establece indicadores de clasificación para micro y pequeña empresa, pero no para emprendimientos así que CONAMYPE define en los criterios de la Tabla 3.

Se toma como referente a CONAMYPE, porque, esta se acerca mucho más al contexto real identificado en el estudio.

También, se ha considerado a John Maynard Keynes, quien en su obra clásica “La teoría General del Empleo, el Interés y el Dinero” (Keynes, 1989), argumentó que las economías pueden salirse del redil, abandonar el pleno empleo y verse atrapadas en un equilibrio de subempleo. La respuesta a ese argumento es que el gobierno pida dinero prestado y lo gaste en la creación de empleos. Este gasto público se multiplicará cuando la gente consuma su dinero prestado y este uso creará más empleos en comercios, fabricas, etc.



**Tabla 3**

*Criterios de agrupación de datos de las MYPE*

<b>Clasificación (categoría, segmento)</b>	<b>Criterio</b>	
Emprendimiento	Personal ocupado	No remunerado
	Ingresos brutos anuales	Hasta \$ 5,714.28
Microempresa	Personal ocupado	Hasta 10
	Ingresos brutos anuales	Desde \$ 5,714.29 Hasta 121,319.40

Fuente: Encuesta nacional de la Micro y pequeña empresa 2017.

Esta es una teoría muy importante que surgió en el siglo pasado, fue propuesto para enfrentar la crisis de esa época, en el año 2020, se pone de manifiesto nuevamente el **rol del Estado** frente a la pandemia por coronavirus. Esta teoría será importante en la discusión de los resultados, porque no hay duda que, en países subdesarrollados como El Salvador, se extiende el presupuesto<sup>1</sup> sobre su importancia para hacer frente a la emergencia sanitaria, evitar el colapso económico y proteger a los más vulnerables.

En la revista Trabajo y Sociedad se encuentra el artículo: El impacto del Aislamiento Social Preventivo y Obligatorio por COVID-19 sobre el trabajo, los ingresos y el cuidado en la ciudad de Mar del Plata (Di Pascuale, Guido, Florio, Ibarra, & Savino, 2020), los autores plantean que Argentina venía experimentando una situación laboral difícil desde el 2016, debido a múltiples factores: la caída del salario real, la desocupación de los jefes de hogar y el aumento de la participación laboral de las mujeres con la finalidad de auxiliar el ingreso familiar.

Frente a ese escenario en el mercado de trabajo, previo al establecimiento del aislamiento social preventivo obligatorio (ASPO), una vez

<sup>1</sup> A la fecha lleva \$ 3 000, 000,000 de dólares aprobados por la Asamblea Legislativa para enfrentar los gastos que los efectos del COVID-19 genere.

que transitaron las primeras semanas de esa medida de emergencia sanitaria, surgieron una serie de interrogantes: ¿Qué proporción de la población que trabajaba, tuvo que dejarlo de hacer? en cuanto a los ingresos que percibían ¿Qué porcentaje dejó de recibirlos? ¿pudieron solicitar el ingreso familiar de emergencia? [...].

El objetivo de la investigación fue analizar el impacto del aislamiento social preventivo obligatorio sobre el escenario laboral de Mar del Plata y los efectos que provocó en la distribución del trabajo doméstico y de cuidados no remunerados. Los autores del artículo plantean que como resultado se identificó que las expectativas económicas y de la propia fuente laboral fueron eminentemente negativas, principalmente para las mujeres, dado que la palabra de los encuestados permitió apreciar la diversidad de problemas individuales que generó la medida de emergencia.

Esta referencia es relevante para la presente investigación ya que, en otro país de sur América, se retomaron variables de estudio como los ingresos familiares del trabajo doméstico; en cambio, la investigación actual está orientada a la actividad productiva de los microempresarios de la zona oriental, en similares condiciones, porque se busca identificar el impacto que causó la cuarentena domiciliar obligatoria generada por la crisis

sanitaria del COVID-19.

Luis M. Varela y Carlos J. Ricoy, en su informe “Impacto Socioeconómico en Galicia de una pandemia de gripe. Un estudio mecano estadístico en redes complejas de pequeño mundo” (Varela & Ricoy), realizado en la Comunidad Autónoma de Galicia en diversos escenarios de diferente intensidad de la pandemia en el tejido económico gallego, plantean que la probabilidad de que en los próximos tiempos (meses, años) se produzca una pandemia humana de gripe es alta, dada la periodicidad temporal de este tipo de fenómenos (tres se registraron durante el pasado siglo, en los años 1918-19, 1957 y 1968) y el hecho de que la última se haya registrado hace 38 años, lo que naturalmente incrementa la probabilidad que este evento se produzca en el corto/medio plazo, al respecto (Varela & Ricoy) refiere:

Es obvio que el impacto de un fenómeno de estas características tiene múltiples ramificaciones, alcanzando en última instancia todas las esferas de la vida personal, social y económica de los individuos de la población afectada: Impactos que van desde el propio incremento de la mortalidad asociado a la enfermedad, la disminución de la fuerza laboral hasta las disfunciones que ello conlleva en el funcionamiento del aparato productivo, que repercuten en una disminución del producto interno bruto. (p.13)

Este fenómeno pasa por el funcionamiento esperado y el encadenamiento interno relacionado a todo el proceso productivo de un grupo de población, en igual forma, repercute en la disminución de la producción lo cual incide en el impacto económico que la enfermedad produce.

De acuerdo con lo encontrado el estudio concluye que: “los efectos económicos de una

pandemia de gripe pueden ser interpretados básicamente como un shock exógeno al sistema económico que provoca una caída en el nivel de actividad de la zona afectada y, por extensión, del entorno con el que dicha zona mantiene relaciones económicas”.

El método que los autores emplearon en la investigación es cuantitativo, utilizaron el marco de análisis input-output con un enfoque de oferta y demanda del sistema económico, cuyos resultados directos se relacionan con el flujo circular de la renta que se da entre economías internas y empresas, y el efecto directo de la caída en el nivel de actividad (producción) y del consumo, de los diferentes sectores productivos, mientras dure la pandemia. La presente investigación, en cambio es cualitativa, pero, el enfoque utilizado por Varela & Ricoy en su investigación es de gran utilidad dado que, está orientado al análisis del comportamiento de la oferta y demanda en los sectores económicos microempresariales de la zona oriental.

## **METODOLOGÍA**

El método de investigación fue predominantemente cualitativo, porque se identificaron eventos y hechos de los microempresarios de la zona oriental del país, relacionados con su percepción y experiencia por la cuarentena domiciliar obligatoria, el tipo de investigación fue descriptivo porque se describen las características de la población objeto de estudio, así mismo, las forma en que la cuarentena domiciliar obligatoria ha incidido en su actividad productiva y explicativa porque se plantea la frecuencia e incidencia en que ocurrieron una diversidad de problemas individuales que generó la cuarentena domiciliar obligatoria.

Para realizar la investigación se determinó como población de interés: los microempresarios

y sector informal (emprendimientos) de la zona oriental, un total de 54,769, distribuidos en 4 departamentos de la zona oriental (San Miguel, Usulután, La Unión, Morazán). Se utilizó la técnica muestreo probabilístico aleatorio simple, además, se utilizó el muestreo probabilístico estratificado (n/N), y se obtuvo una muestra de 357 emprendedores y microempresarios, distribuidos entre los cuatro departamentos. En ese sentido, a manera de

explicación la población identificada para el departamento de Usulután fue un total de 18,553 que representa el 33.90% del total en la zona oriental, estos 18,553 forman parte de emprendimientos y microempresa, el 33.98% son emprendimiento, y el 66.02 son microempresas, del departamento de Usulután (Tabla 4).

**Tabla 4**

*Distribución de las microempresas, por departamento según clasificación de la empresa en la zona oriental, 2020.*

Departamento	Emprendimiento		Microempresa		Total		Total Muestra
	Total	%	Total	%	Pobla.	%	
Usulután	6,304	33.98	12,249	66.02	18,553	33.9	120
San Miguel	1,454	21.25	5,389	78.75	6,843	12.5	45
Morazán	4,656	42.85	6,209	57.15	10,865	19.8	71
La Unión	4,766	25.75	13,742	74.25	18,508	33.8	121
<b>Total</b>	17,180	31.37	37,589	68.63	54,769	100.00	357

Fuente: DIGESTYC-CONAMYPE, 2017.

Para la recolección de datos e información de investigación se aplicó la encuesta en línea y como instrumento el cuestionario, para el procesamiento se utilizó la herramienta estadística, de software libre para procesamiento y análisis de datos estadísticos (PSP) (Araujo, 2014). De igual forma se utilizó la herramienta de Excel para la visualización de los datos.

## RESULTADOS

### Información general de la población meta

Se logró obtener a través de la encuesta en línea a los emprendedores y microempresarios de la zona oriental, se logró hacer la consulta

tanto a nivel urbano como rural, sin embargo, de acuerdo a la propuesta investigativa no se logró hacer la investigación en todos los sectores de cada uno de los departamentos específicamente en Usulután y La Unión, porque se presentaron problemas de conectividad, solamente se logró cumplir con la muestra total. Se identificaron los sectores económicos como la industria, comercio y servicio, esta información fue muy importante ya que, en el sector industria se logró encuestar a 110 microempresarios y emprendedores, en el sector comercio a 154 microempresarios y en el sector servicio a 93 microempresarios, haciendo un total de 357, en la Tabla 5 se muestran todos estos datos en forma detallada.

**Tabla 5**

Microempresarios que participaron en el estudio por departamento según sector económico y área, zona oriental, 2020.

Departamento	Sector económico al que pertenece el encuestado									
	Industria		Comercio		Servicio		Total			
	U	R	U	R	U	R	U	R	General	
<b>San Miguel</b>	40	12	44	15	43	4	127	31	158	
<b>Usulután</b>	9	5	29	9	11	2	49	16	65	
<b>Morazán</b>	15	9	21	5	8	6	44	20	64	
<b>La Unión</b>	13	7	26	5	12	7	51	19	70	
<b>Total</b>	77	33	120	34	74	19	271	86	357	

Fuente: Elaboración propia sobre la base de las encuestas realizadas a microempresarios en ZO.

### Sectores productivos afectados por COVID-19

De acuerdo con los resultados del estudio el sector comercio fue el que salió más afectado (45.1%), uno de los problemas que más se presentó con el comportamiento de los proveedores fue, el desabastecimiento (25.3%) en primer lugar, pero también, se atrasaron en las entregas (23.4%), eso tuvo su incidencia en el incremento de los costos (22.8%). Un elemento importante dentro de este nivel de incidencia o de comportamiento de proveedores, es que dejaron de funcionar (21.7%), tanto del sector

comercio como del sector industrial y servicio en forma equitativa. Se muestran en la Tabla 6 los detalles de estos resultados.

### Incidencia de la emergencia nacional en la cadena productiva

De acuerdo al objetivo de identificar cómo incidió en la pequeña, mediana empresa y sector informal, la interrupción de la cadena productiva, por la emergencia nacional, se realizaron varias preguntas entre estas, qué tipo de dificultades presentaron con la cadena

**Tabla 6**

Comportamiento de los proveedores en el sector microempresarial por sector económico, zona oriental, 2020.

Descripción	Comercio	Industria	Servicio	Total	%
Atrasos en las entregas	68	48	34	150	23.4
Incremento en los costos	66	47	33	146	22.8
Desabastecimiento	73	52	37	162	25.3
Condiciones normales	19	14	10	43	6.7
Han decidido dejar de funcionar	63	45	32	139	21.7
Total	289	205	146	640	100
Total en %	45.1	32.1	22.9	-	100

Fuente: Elaboración propia sobre la base de las encuestas realizadas a microempresarios en ZO.

productiva durante la emergencia sanitaria nacional, los consultados, manifestaron que debido a la emergencia sanitaria tuvieron que operar parcialmente (42.2%), otros que suspendieron las operaciones mientras la emergencia estuvo vigente (33.4%), esa práctica

les trajo la dificultad de cobro a los clientes con crédito (8.9%); solamente 15.4% de los consultados manifestó que trabajaron con normalidad (Microempresas relacionadas con servicios de alimentación, venta de medicina), en la Tabla 7 se puede observar el detalle.

### Tabla 7

*Dificultades por la interrupción en la cadena productiva de los Microempresarios durante la emergencia sanitaria nacional, zona oriental, 2020.*

Respuesta	Frecuencia	%
Dificultad de los clientes para pagar el crédito.	32	8.9
Suspensión de operaciones mientras dure la emergencia	119	33.4
Operando parcialmente	151	42.3
Trabajando con normalidad	55	15.4
Total	357	100

Fuente: Elaboración propia sobre la base de las encuestas realizadas a microempresarios en ZO.

Otra de las preguntas hechas a los microempresarios y emprendedores, ¿Qué tipo de repercusiones tuvieron durante la cuarentena domiciliar obligatoria? a través de la encuesta manifestaron, principalmente el nivel bajo en ventas (28.6%) y en segundo lugar, disminuir la compra de productos (16.2%), también, producto de los problemas que enfrentaron buscaron nuevas formas de venta (11.5%). Los detalles y su porcentaje relacionado con la respuesta de estos se muestran en la Tabla 8.

### Medidas de recuperación para la producción interna

Con el fin de identificar las medidas de rescate de la producción interna que serían las más viables en la microempresa y emprendimiento, se realizaron varias preguntas entre ellas, ¿qué medidas tomaría para continuar operando, luego de enfrentar la cuarentena domiciliar obligatoria?

En la Tabla 9 se muestra que los consultados consideran continuar operaciones (26.9%), en cambio, la mayoría plantea que reducirá sus operaciones (32.7%), pero, existe un porcentaje considerable que piensa suspender operaciones como una medida a tomar (19.9%), en igual forma es el sector comercio el que incide en cada una de las decisiones (42.5%), en segundo lugar, el sector industria (32.5%).

Los microempresarios que han decidido suspender operaciones representan 19.9% de los consultados, los que han decidido cerrar representan 7.5%; se puede decir que la actividad productiva en la zona oriental y en el sector microempresarial, se verá afectada en un 20%, con respecto a la disminución de empleo e ingresos en las familias.

En cuanto a las medidas de rescate que los microempresarios han pensado hacer para enfrentar su situación provocada por la cuarentena domiciliar obligatoria por COVID-19 (Tabla 10), en primer lugar, implementarán la estrategia de envíos a domicilio (31.3%), en

segundo lugar, vender por medio de las redes sociales (26.3%) y, en tercer lugar, reducir gastos al máximo (21.7%).

**Tabla 8**

*Repercusiones por COVID-19 en los Microempresarios por sector productivo, de la zona oriental, 2020.*

<b>Descripción</b>	<b>Comercio</b>	<b>Industria</b>	<b>Servicio</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>
Nivel bajo en ventas	96	68	49	213	28.6
Disminuir la compra de productos	55	39	28	121	16.2
Nuevas formas de ventas	39	28	20	86	11.5
Se mantienen productos que no se pudieron vender	34	24	17	75	10.1
Falta de empleados	32	23	16	71	9.5
Aumentar las compras de productos	22	16	11	49	6.6
Incurrir en nuevos gastos para mantener las ventas	21	15	11	47	6.3
Se mantiene igual que antes de la emergencia nacional	21	15	11	47	6.3
Despido de empleados	15	11	8	34	4.6
No se puede funcionar	1	1	0	2	0.3
<b>Total de frecuencias</b>	<b>336</b>	<b>239</b>	<b>170</b>	<b>745</b>	<b>100</b>
<b>Total en porcentajes</b>	<b>45.1</b>	<b>32.1</b>	<b>22.9</b>	<b>-</b>	<b>100</b>

*Fuente:* Elaboración propia sobre la base de las encuestas realizadas a microempresarios en ZO.

**Tabla 9**

*Medidas que tomaron para continuar operando los Microempresarios según sector económico, zona oriental, 2020.*

<b>Respuesta</b>	<b>Comercio</b>	<b>industria</b>	<b>servicio</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>
Continuar operaciones	52	45	19	116	26.9
Reducir operaciones	65	41	35	141	32.7
Suspender operaciones	37	21	28	86	19.9
Reducir personal	15	24	15	54	12.5
Cierre definitivo	14	9	9	32	7.5
Otros			2	2	0.5
<b>Total</b>	<b>183</b>	<b>140</b>	<b>108</b>	<b>431</b>	<b>100</b>
<b>Total en porcentaje</b>	<b>42.5</b>	<b>32.5</b>	<b>25.0</b>	<b>-</b>	<b>100</b>

*Fuente:* Elaboración propia sobre la base de las encuestas realizadas a microempresarios en ZO.

**Tabla 10**

Medidas de rescate que implementarán los microempresarios por departamento según sector económico, zona oriental, 2020.

Descripción	Comercio	industria	Servicio	Total	%
Estrategias de envíos a domicilio	88	68	45	201	31.3
Ventas en las redes sociales	74	57	38	169	26.3
Apoyo y acuerdos entre microempresas o productores	36	28	19	83	13
Reducir gastos al máximo	61	47	31	139	21.7
No tiene en mente una medida	19	15	10	44	6.9
Otros	2	2	1	5	0.8
Total, de frecuencias	280	216	145	641	100
Total en porcentaje	43.7	33.7	22.6	-	100

Fuente: Elaboración propia sobre la base de las encuestas realizadas a microempresarios en ZO.

Otra pregunta que se planteó en la consulta es si consideraban la necesidad de financiamiento después de la emergencia sanitaria nacional, los tres sectores respondieron que sí (66.11), en

igual forma los tres sectores, manifestaron no estar de acuerdo en el financiamiento (33.89). En la Tabla 11 se pueden observar los detalles.

**Tabla 11**

Necesidad de financiamiento de los microempresarios según sector económico, zona oriental, 2020.

Respuesta	Comercio	Industria	Servicio	Total	%
Si	107	77	55	238	66.11
No	54	39	28	122	33.89
Total	161	116	83	360	100
Total en %	44.7	32.2	23.1	-	100

Fuente: Elaboración propia sobre la base de las encuestas realizadas a microempresarios en ZO.

También se preguntó ¿Usted está de acuerdo con que fue estrictamente necesaria la medida que el gobierno tomó, de cerrar las empresas no dedicadas a la venta de productos y

servicios básicos? Los consultados plantearon que sí (66.11%), y 33.99% consideró que no fue estrictamente necesario. Los resultados se muestran en la Tabla 12.



**Tabla 12**

Opinión de los microempresarios sobre el cierre de empresa según sector económico, zona oriental, 2020.

Respuesta	Comercio	Industria	Servicio	Total	%
Si	106	75	57	238	66.11
No	48	47	27	122	33.89
Total	154	122	84	360	100
Total en %	43	33.9	23.3	-	100

Fuente: Elaboración propia sobre la base de las encuestas realizadas a microempresarios en ZO.

Otra pregunta fue: ¿Qué tipos de medidas económicas considera más apropiada para minimizar el impacto de la cuarentena domiciliar obligatoria generada por la pandemia COVID-19? La medida más apropiada manifestada por los microempresarios, en

primer lugar, fue el control de precios de la canasta básica (28.72%), en segundo lugar, los subsidios (20.41%), en tercer lugar, facilitar el acceso a préstamos (19.07). Los detalles se muestran en la Tabla 13.

**Tabla 13**

Medidas económicas para minimizar el impacto de la cuarentena en los microempresarios según sector económico, zona oriental, 2020.

Respuesta	Comercio	Industria	Servicio	Total	%
Subsidios	75	54	38	167	20.41
Control de precios de la canasta básica.	105	76	54	235	28.72
Generación de Empleo	47	34	24	105	12.83
Facilitar el acceso a préstamos	70	50	36	156	19.07
Moratoria en el pago de los servicios básicos	42	30	21	94	11.49
Ferías locales de emprendimiento	26	19	13	59	7.21
Disminuir las tasas de interés a los préstamos	1	1	0	2	0.24
Total frecuencias	367	264	187	818	100
Porcentaje por sector	44.9	32.3	22.9	-	100

Fuente: Elaboración propia sobre la base de las encuestas realizadas a microempresarios en ZO.

Otra pregunta realizada fue: **¿Entre las medidas tomadas por las autoridades gubernamentales cuál cree que le afectó más?** En su mayoría (63.5%) manifestó que

les afectó **más** la restricción de circulación, así también la cuarentena domiciliar obligatoria (31.1%) (Tabla 14).

**Tabla 14**

Medidas que generaron mayor inconformidad y pérdidas económicas a microempresas y sectores informales, zona oriental.2020

Respuesta	Comercio	Industria	Servicio	Total	%
Las medidas de salubridad pública obligatoria	5	8	6	19	5.4
Las medidas de restricción de circulación	119	75	64	258	63.5
La cuarentena domiciliar obligatoria	52	32	28	112	31.1
Total	176	115	98	389	100
Total, en %	45.2	29.6	25.2	-	100

Fuente: Elaboración propia sobre la base de las encuestas realizadas a microempresarios en ZO.

Así también, se hizo la pregunta ¿recibió el bono de \$ 300.00 entregado por el Gobierno? Los microempresarios consultados manifestaron que no recibieron el bono de \$ 300.00 (73.89%),

la respuesta fue proporcional en los tres sectores. Los detalles se muestran en la Tabla 15.

**Tabla 15**

Microempresarios beneficiados con el bono de \$ 300.00 según sector económico, zona oriental, 2020.

Respuesta	Comercio	Industria	Servicio	Total	%
Si	42	30	22	94	26.11
No	122	78	66	266	73.89
Total	164	108	88	360	100
Total en %	45.6	30.0	24.4	-	100

Fuente: Elaboración propia sobre la base de las encuestas realizadas a microempresarios en ZO.

## DISCUSIÓN

De acuerdo con la clasificación económica, los sectores que han salido afectados por el problema de la emergencia nacional producto del COVID-19 es el sector comercio, aunque el sector industria y servicio también fueron afectados significativamente. Este es un fenómeno que sucedió también en América Latina (Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2020); dado que las medidas que los gobiernos tomaron

para contrarrestar el problema de salud fueron similares (restricción a la circulación y cuarentena domiciliar obligatoria).

La interrupción de la cadena productiva en la actividad económica afectó ya que, tuvieron que operar en forma parcial, otros suspendieron las operaciones mientras duró la emergencia sanitaria, además tuvieron que enfrentar la falta de pago de los clientes por la disminución de los ingresos, y esto a su vez llevó a la disminución de las compras y de las ventas, esta situación real desencadena

una serie de dificultades por las cuales pasó el microempresario: en primer lugar falta de liquidez, por lo que tienen que dejar de comprar algunos productos, también, al disminuir las ventas, no cuentan con los ingresos necesarios, por tanto, se vuelve insostenible el pago de los empleados, además, la demanda de productos cambió, por ende, muchos productos se dejaron de vender.

En segundo lugar, por las restricciones de salida los microempresarios tuvieron que enfrentar el problema de desabastecimiento, y retraso en las entregas de los pedidos por falta de transporte público, esto último incidió en el incremento de los costos de operación; pero un dato importante a mencionar es que 21.70% de los proveedores dejaron de funcionar, en los tres sectores: industria, comercio y servicio

Los efectos económicos que generó la cuarentena domiciliar obligatoria por COVID-19, al sector micro empresarial, fue de gran magnitud, dado que, en primer lugar sus ingresos disminuyeron, en segundo lugar este sector productivo, es de capital de trabajo limitado, sobre todo el sector de emprendimiento, que su actividad es de sobrevivencia, y al dejar de vender, no tenían ingresos para seguir comprando y disponer de productos, por tanto, el nivel de estrangulamiento financiero les afectó, al grado que algunos tuvieron que dejar de operar, porque consideraron que les era muy difícil continuar, este efecto trasciende al sostenimiento de la familia de los microempresarios.

Según un informe de la Comisión Económica para América Latina (CEPAL) en la región 96.3% representa al sector MIPYMES quienes fueron afectadas con la pérdida de puestos de trabajo y la reducción empleos (2020). Pero, según la evidencia del presente estudio, solamente 7.5% cerraron sus empresas definitivamente.

La situación financiera que tuvieron que

enfrentar, los microempresarios los lleva a plantear que para ellos es necesario en primer lugar, reducir operaciones; otros, continuar operaciones y reducir personal; en cambio, otros han decidido suspender operaciones y cierre definitivo. Con la reducción de personal en el sector microempresarial y emprendimiento (12.5%) más el cierre definitivo (7.5%), significan al menos 20% menos de empleo, por ende 20% menos en ingresos, de las familias involucradas.

De los microempresarios que han decidido continuar, plantean medida de rescate, por lo que tendrán que utilizar nuevas estrategias como envíos a domicilio, ventas en redes sociales, pero, también reducir gastos al máximo, en igual forma plantean que tendrán necesidad de financiamiento para continuar sus operaciones, que podrían ser control de precios de la canasta básica, subsidios y políticas de generación de empleo.

Los microempresarios son de la opinión que la medida de cerrar las empresas de productos no esenciales fue acertada (66.11%), pero se cuenta con 33.89% que no estuvo de acuerdo con la medida, principalmente el sector comercio e industria.

El sector microempresarial en su conjunto (comercio, industria, y servicio) opina que la medida gubernamental producto de la cuarentena domiciliar obligatoria, que más les afectó fue la restricción de circulación (63.5%) como también, la cuarentena domiciliar obligatoria (31.1%). La población en su conjunto enfrentó esa medida gubernamental, pero, se pudo hacer énfasis en medidas preventivas relacionadas con la educación, el orden, el aseo y la limpieza, dado que, según plantea Spinney "...Una sociedad siempre sucia, no preparada...", esas condiciones sociales e institucionales, aún prevalecen en la actualidad.

Según la recomendación de la Teoría de Keynes, el Gobierno estableció una medida

compensatoria para ayudar a la población que tuvo que guardar cuarentena domiciliar obligatoria por el COVID-19, por el monto de \$300.00, pero las familias involucradas en el sector microempresarial en su mayoría, no logró ese beneficio (73.89%).

## CONCLUSIONES

El sector microempresarial y de emprendimiento en la zona oriental, el más afectado fue el sector comercio, este fue un fenómeno que en igual forma afectó a América Latina y el Caribe. Pero solamente el 7.5% de las microempresas tuvo que cerrar definitivamente, en la zona oriental

La cuarentena domiciliar obligatoria, sin duda, afectó la cadena productiva de los microempresarios, dado que, la medida tomada, frenó la circulación de los productores y el transporte entre otros, esta medida en primer lugar generó desabastecimientos de productos en el mercado, porque los productores no tuvieron las condiciones favorables para salir a recoger la cosecha, y menos trasladarla al mercado, en igual forma, tuvieron que aumentar los costos para movilizarse, también se encontraron con la dificultad de impago por las entregas, por falta de liquidez de los vendedores.

Esta medida se pudo sustituir por otras medidas más congruentes con el fenómeno de la enfermedad, por medio de la educación intensiva en orden aseo y limpieza, actividad que se debe realizar permanentemente, no solo en crisis o pandemias relacionadas con la salud, sino, como parte de la disciplina y cultura de aseo en los ciudadanos de este país; esa es una acción que el Estado debería invertir todo lo indecible para lograr el cambio de actitud individual, familiar y colectivo, solo así se reduciría a largo plazo el gasto en salud pública, por ende, se tendría una población

más educada, saludable y próspera.

Los efectos económicos que generó la cuarentena domiciliar obligatoria por COVID-19, al sector microempresarial, fue de gran trascendencia, en primer lugar, porque sus ingresos se vieron disminuidos, otros perdieron la única forma de ingresos que tenían, las implicaciones son aún más serias **ya que, al disminuir los ingresos y pérdida de autoempleo, significa que las familias no tienen la capacidad de consumir los productos básicos para su subsistencia.**

Dada esas condiciones es obvio que el impacto de un fenómeno con esas características tendrá múltiples ramificaciones, incidiendo en la vida personal, social y económica de las familias, que van asociadas a la disminución de la fuerza laboral y las implicaciones que esto genera al aparato productivo que repercute en la disminución del producto interno bruto (PIB); además, la alteración del encadenamiento interno del sector productivo, provocará dificultades en la producción, por el impacto que el COVID-19, va a generar en la economía salvadoreña. Sin embargo, se tiene la posibilidad de actuar con las medidas de rescate sugeridas por los microempresarios: control de precios a la canasta básica, acceso al crédito, **debido a que el subsidio (\$300.00) no fue funcional para los microempresarios de la zona oriental, sector que dinamiza la generación de empleo y auto empleo e ingresos a las familias.**

## AGRADECIMIENTO

Trabajo de investigación científica realizada con el apoyo de los estudiantes de Técnicas de Investigación y Metodologías de Investigación de Mercado Ciclo I-2020.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Araujo, J. (2014). *Biblioteca las casas*. Obtenido de <http://www.index-f.com/lascasas/documentos/lc0773.php>
- Batalla, D. d. (29 de octubre de 2012). *Nociones de economía y empresa*. Obtenido de La teoría keynesiana: la receta ante la crisis del 29 y la Segunda guerra mundial: <https://nocionesdeeconomiyempresa.wordpress.com/2012/10/29/237/>
- BBC Mundo. (11 de octubre de 2018). *BBC Mundo*. Obtenido de 3 lecciones que dejó el peor brotes de la influenza de la historia: la pandemia gripe española de hace 100 años: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-45785975>
- Burgos, J. E. (nc de nc de 1964). *eddson1964*. *Wordpress.com*. Obtenido de [metrica.com.mx](http://metrica.com.mx)
- Caude, R. (1978). *Organización general de la empresa*. Barcelona: Ediciones Deusto, S.A. (Barcelona).
- CNN-Chile. (18 de marzo de 2020). *Chile Inicia el cierre de sus fronteras aéreas, marítimas y terrestres por coronavirus*. Obtenido de [https://www.cnnchile.com/coronavirus/cierre-fronteras-chile-extranjeros-medidas-covid19\\_20200318/](https://www.cnnchile.com/coronavirus/cierre-fronteras-chile-extranjeros-medidas-covid19_20200318/)
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2020). *Impactos de la pandemia en los sectores productivos más afectados abarcará un tercio del empleo y un cuarto del PIB de la Región*. Santiago de Chile: CEPAL.
- CONAMYPE. (20 de Diciembre de 2018). *Comisión Nacional de la Micro y Pequeña Empresa República de El Salvador*. Obtenido de Consulta Ciudadana: <https://www.conamype.gob.sv/blog/2018/12/20/mas-de-300-mil-micro-pequenas-empresas-y-emprendimientos-registra-ultima-encuesta-de-la-mype/>
- Desai, M. (2017). *Arrogancia desmesurada*. Mexico: Siglo veintiuno.
- Di Pascuale, E. A., Guido, B., Florio, E. M., Ibarra, F., & Savino, J. (2020). El Impacto del Aislamiento Social Preventivo y Obligatorio por COVID-19 sobre el trabajo, los ingresos y el cuidado en la ciudad de Mar del Plata. *Trabajo y Sociedad*, 25.
- Dominguez, O. (29 de marzo de 2020). Brotes de desesperación en el Centro capitalino. *Apoya al Faro*, pág. 1.
- Estrategia y Negocios.net. (19 de 5 de 2015). *Empresas y Negocios*. Obtenido de Centroamérica & Mundo: <https://www.estrategiaynegocios.net/centroamericaymundo/centroamerica/elsalvador/841666-330/el-salvador-99-de-mype-generan-35-del-pib>
- Flamant, M., & Siger - Kerel, J. (1971). Crisis y recesión económica. Oikos-Tau.
- García, J. N. (2014). Los discursos de la Pandemia. NUEvas estrategias de comunicación del riesgo en un nuevo contexto sociocultural. *Cultura, Lenguaje y Representación*, 185-199.
- Keynes, J. M. (1989). *Teoría general del empleo, el interés y el dinero*. Nueva York: Macmillan.
- La Prensa Gráfica. (1 de abril de 2020). El Dato. *El Empleo ya estaba estancado antes de la pandemia*, pág. 28.
- Long, J. B. (1990). Ciclos de "liquidación": la teoría del ciclo económico real a la antigua y la gran depresión. *Working Paper*, 39.
- Lugo, J. A. (2004). *Introducción a la Economía*. Mexico: Plaza y Valdés.
- Ministerio de Economía. (mayo de 2011). Clasificador de Actividades Económicas de El Salvador (CLAEES). San Salvador, San Salvador, El Salvador.

- Miranda Gómez, O., & Nápoles Pérez, M. (2009). Historia y teorías de la aparición del virus de la inmunodeficiencia humana. *Revista Cubana de Medicina Militar*. Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0138-65572009000300007](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0138-65572009000300007)
- Nacional Financiera SNC. Instituciones de Banca de Desarrollo(Nafinsa). (1 de 2 de 2011). *Perfil de compañía*. Obtenido de <http://www.nafin.com/>
- OMS. (1 de abril de 2020). *Protocolo de transmisión para primeros casos y sus contactos cercanos(FFX "First Few X and their colose contacts")*. Obtenido de [earlyinvestigations-2019-nCoV@who.int: S https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/technical-guidance/early-investigations](https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/technical-guidance/early-investigations)
- Orellana, J. (3 de abril de 2020). Ganaderos Resienten pérdida de mercado por la emegencia. *Tema del día*, pág. 26.
- Organización Mundial de la Salud OMS. (01 de abril de 2020). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de Brote de enfermedad por coronavirus(COVID-19): <https://www.who.int/es/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019>
- Piot, P. (21 de octubre de 2018). *BBC*. Obtenido de News Mundo: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-45909535>
- Scheidel, W. (2017). *El Gran Nivelador*. Princeton University: Planeta S.A.
- Serrichio, S. (21 de marzo de 2020). *infobae Económico*. Obtenido de <https://www.infobae.com/economia/2020/03/21/pandemias-y-economia-como-impactaron-otras-crisis-en-la-argentina-y-en-el-mundo-a-lo-largo-de-la-historia/>
- Spinney, L. (2017). *El Jinete Pálido*. Barcelona: Editorial Crítica.
- Varela, L. M., & Ricoy, C. J. (s.f.). *Informe sobre el impacto socioeconómico en Galicia de una pandemia de gripe. Un estudio mecanoestadístico*. Universidad de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela Galicia. Obtenido de <https://www.sergas.es/Saude-publica/Documents/1492/Impacto.pdf>





# Revista MINERVA

Plataforma digital de la revista: <https://minerva.sic.ues.edu.sv>



## Capacidad antioxidante y contenido cafeína en Cafés especiales de El Salvador

### Antioxidant capacity and caffeine content in specialty coffees from El Salvador

Ulises G. Castillo<sup>1</sup>, Edgar Aldair Joachin<sup>1</sup>, Morena L. Martínez<sup>1</sup>, Ernesto Velásquez<sup>2</sup>, Lily Pacas<sup>2</sup>, Marvin J. Núñez<sup>1</sup>

Correspondencia:  
[marvin.nunez@ues.edu.sv](mailto:marvin.nunez@ues.edu.sv)

Presentado: 6 de abril de 2021  
Aceptado: 15 de mayo de 2021

1 Laboratorio de Investigación en Productos Naturales, Facultad de Química y Farmacia, Universidad de El Salvador  
2 Consejo Salvadoreño del Café

#### RESUMEN

El café es una de las bebidas más populares a nivel mundial, y en El Salvador, representa uno de los cultivos más importantes durante muchos años, produciéndose una gran variedad de cafés especiales. En este estudio, se realizó la actividad antioxidante por el método de captura del radical DPPH, y la cuantificación por HPLC-PDA de cafeína en taza, de 12 cafés especiales salvadoreños que participaron en el certamen de catación “La Taza de la Excelencia 2019”. Se determinó que las muestras presentaban un rango de 0.121-0.281 mmoles equivalentes de Trolox (ET)/g de capacidad antioxidante. En cuanto al contenido de cafeína, reportó valores de 0.617-1.163%, típicos de la especie *Coffea arabica*.

**Palabras claves:** Café, El Salvador, *Coffea arabica*, HPLC-PDA, capacidad antioxidante, cafeína.

#### ABSTRACT

Coffee is one of the most popular beverages worldwide, and in El Salvador it has been one of the most important crops for years, producing a great variety of specialty coffees. In this study, it was carried out the antioxidant activity by the DPPH radical capture method and the quantification of caffeine in cups by HPLC-PDA, of 12 Salvadoran specialty coffees that participated in the cupping contest “La Taza de la Excelencia 2019”. It was determined that the samples contain an antioxidant capacity in a range of 0.121-0.281 mmol Trolox equivalents (ET)/g. Regarding caffeine content, it presented values between 0.617-1.163%, typical of the *Coffea arabica* species.

**Keywords:** Coffee, El Salvador, *Coffea arabica*, HPLC-PDA, caffeine, antioxidant capacity.

## INTRODUCCIÓN

El café es originario de Etiopía, luego fue llevado a Arabia, India, Holanda, los cuales importaron y aclimataron el “Cafeto” a Ámsterdam, París, Londres, desde donde pasó a Brasil, Centroamérica y otros Países (Vega et al., 2014). Ahora, el café es una de las bebidas más populares y consumidas a nivel mundial (Donfrancesco et al., 2014; Wichmann, 2009). La Organización Internacional del Café (ICO) reportó en noviembre de 2020 un total de exportaciones cercanas a 10.15 millones de sacos (60 kg/saco) y el precio indicativo por libra de café en el mes de enero de 2021 fue de 115.73 centavos estadounidenses (International Coffee Organization [ICO], 2020). En El Salvador, en el año 2019/2020 se reporta una producción de café de 740,100 quintales de café oro uva, siendo este cultivo uno de los más importantes en el país (Consejo Salvadoreño del Café [CSC], 2021).

También, en el país los cafés especiales han despertado mucho interés, debido a que son mejor valorados en mercados internacionales. Esto está ligado al contenido de numerosos compuestos químicos de interés en el café, los cuales le confieren características organolépticas y efectos beneficiosos para la salud, debido a su alto contenido en polifenoles y capacidad antioxidante (ICO, 2020; Patil, 2012). De hecho, el café se considera una fuente importante de antioxidantes, así como en estudios realizados en Noruega y Japón se demostró que el café aporta más del 50% del total de consumo diario de antioxidantes (Jiménez et al., 2012). Además, contiene cantidades considerables de cafeína, siendo esta una de las sustancias más conocida del café (Wichmann, 2009). La cafeína es un alcaloide de la familia de las metilxantinas, la cual actúa fundamentalmente en los receptores de adenosina localizados en el cerebro y produce

una activación del sistema nervioso central (Wichmann, 2009; Mumin et al., 2006).

La actividad antioxidante y la cantidad de cafeína presentes en el café han adquirido mucha importancia en la industria farmacéutica y de alimentos; esta última como ingrediente en la elaboración de refrescos y bebidas energéticas o por sus efectos farmacológicos (estimulante del sistema nervioso central, disminuir la fatiga, mejora la concentración, etc.) en una concentración cercana a 200 mg, por ende, su cuantificación es de suma importancia (Patil, 2012; Gallignani et al., 2008). La presente investigación fue llevada a cabo con el objetivo de determinar la actividad antioxidante por el método DPPH (2,2'-difenil-1-picrilhidracilo), y la cuantificación de cafeína por Cromatografía Líquida de Alta Eficiencia con detector de arreglo de diodos (HPLC-PDA, siglas en inglés) presentes en 12 muestras de café especiales que participaron en el certamen “La Taza de Excelencia 2019”. Siendo este el primer estudio de este tipo que se realiza en los cafés especiales en El Salvador.

## METODOLOGÍA

### Reactivos y solventes

Los solventes utilizados, Metanol (grado HPLC), agua (ultra pura, conductividad 0.05  $\mu$ S) fueron adquiridos en Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA); cada uno de ellos fue desgasificado en un baño ultrasonido VWR (Modelo 97043-988) a temperatura ambiente (25°C) y pasados a través de un filtro de membrana de 0.45  $\mu$ m. El estándar de referencia de cafeína fue adquirido en Sigma-Aldrich (CAS: 58-08-2).

### Obtención de las muestras y determinación de humedad

Doce muestras de cafés especiales (*Coffea*

*arabica*) de granos verdes recién tostados de diferentes variedades (Pacamara, Bourbon, Kenya y Bernardina), fueron obtenidas del concurso “La Taza de la Excelencia 2019”, y procedentes de fincas cafetaleras de las Cordilleras Apaneca-Ilamatepec, Tecapa-Chinameca y Alotepec-Metapán de El Salvador (CSC, 2019; Alliance for Coffee Excellence [ACE], 2019). A estas muestras se les asignó el mismo código del lugar obtenido en el concurso de catación. A estos cafés especiales se les determinó el porcentaje de humedad de acuerdo a la AOAC (Tabla 1) (Association of Official Analytical Chemists [AOAC], 2005).

### **Preparación de infusión de Café**

Se colocaron 12.5 g de las muestras tostadas y molidas con 225 mL de agua ultra pura a 94.4°C por 5 minutos, equivalente a una relación de 0.055 g/ mL (Specialty Coffee Association [SCA], 2021), se filtra a través de papel Whatman N 91 y se concentra a sequedad en el Genevac EZ2-plus a 40°C. Los residuos son almacenados en desecador hasta peso constante, para su posterior análisis de su capacidad antioxidante y cuantificación de cafeína.

### **Determinación de la actividad antioxidante por método DPPH**

La solución stock se preparó por dilución del DPPH en metanol para obtener una concentración de operación de 5 mM. Se diluyó la solución anterior con etanol hasta llegar a la concentración de trabajo 50  $\mu$ M en un volumen final de 30 mL. Se realizaron las lecturas a una longitud de onda de 515 nm, con un espectrofotómetro UV-Vis, modelo GENESYS 10S UV-Vis, este expresó los resultados en milimoles Equivalentes de Trolox por taza de bebida de café (12.5g/225 mL). Se hizo un análisis por triplicado a tres soluciones de cada muestra (Rivas et al., 2020).

### **Cuantificación de Cafeína por HPLC-PDA**

La cuantificación de cafeína se llevó a cabo por medio de HPLC-PDA, a través de un Cromatógrafo Ultimate 3000 marca Dionex (Thermo Scientific, El Salvador), equipado con un detector de arreglo de diodos (DAD3400SD), Bomba cuaternaria, un sistema de automuestreador, columna Hypersil GOLD (150mm x 4.6 mm, 5  $\mu$ m), control termostático a 30°C. El Volumen de inyección fue de 10  $\mu$ L. Los solventes utilizados fueron Agua ultra pura (Solvente A) y Metanol (solvente B). La longitud de onda de adquisición de PDA se estableció en el rango de 200-400 nm, el canal de salida analógica A, a una longitud de onda de 274 nm. Se realizó una elución isocrática durante todo el análisis a 1 mL/min con 60 % de A y 40 % de B. Todas las soluciones preparadas fueron pasadas por un filtro de membrana de 0.45  $\mu$ m y la fase móvil fue desgasificada antes de la inyección en el HPLC. Cada muestra fue analizada por triplicado. El método fue validado de acuerdo a los lineamientos dictados por la Conferencia Internacional sobre Armonización Q2 (R1) (International Conference on Harmonisation [ICH], 2005). Los parámetros tomados en cuenta fueron: linealidad, selectividad, repetibilidad, precisión intermedia, exactitud y precisión.

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Las infusiones de café fueron preparadas y sometidas a un análisis sensorial con catadores certificados (Tabla 1). Todo esto de acuerdo a los procedimientos propios del concurso de la “Taza de la excelencia 2019” de El Salvador y estándares de calidad establecidos por SCAA (CSC, 2021; Specialty Coffee Association of America [SCCA], 2021). Una vez estas fueron llevados a sequedad, se obtuvo un rendimiento de extracción que osciló entre el 13 al 21 % de extracto seco:café tostado y molido.

**Tabla 1**

Datos de las muestras analizadas de cafés especiales de El Salvador.

Código	Puntaje obtenido (0-100)	Cdlla / Altura (msnm)	Departamento	Beneficiado	Variedad	% humedad M ± SD*
<b>1</b>	90.57	A-M / 1550	Chalatenango	Honey	Pacamara	2.81 ± 0.01
<b>2</b>	90.37	T-C / 1400	Usulután	Lavado	Bourbon	2.40 ± 0.06
<b>3</b>	89.93	A-I / 1200	Santa Ana	Honey	Bernardina	2.24 ± 0.06
<b>4</b>	89.93	A-M / 1600	Chalatenango	Lavado	Pacamara	2.56 ± 0.10
<b>6</b>	89.07	A-I / 1200	Santa Ana	Natural	Pacamara	3.07 ± 0.04
<b>7</b>	88.94	A-M / 1500	Chalatenango	Natural	Pacamara	2.67 ± 0.01
<b>9</b>	88.59	T-C / 1425	Usulután	Honey	Pacamara	2.78 ± 0.03
<b>11</b>	88.01	A-I / 1900	Sonsonate	Lavado	Kenya	2.43 ± 0.02
<b>14</b>	87.81	A-I / 1400	Santa Ana	Semi Lavado	Kenya	3.29 ± 0.09
<b>15</b>	87.59	A-I / 900	Santa Ana	Honey	Bourbon anaranjado	2.70 ± 0.04
<b>19</b>	87.37	A-I / 900	Ahuachapán	Natural	Pacamara	2.71 ± 0.06
<b>23</b>	87.18	A-I / 1800	Santa Ana	Lavado	Bourbon	2.42 ± 0.01

\*n=3.

Cdlla= Cordillera: Apaneca-Illamatepec (A-I), Tecapa-Chinameca (T-C), Alotepec-Metapán (A-M).

### Actividad antioxidante de las infusiones de cafés especiales

En este estudio se determinaron los valores de la captación de radical DPPH en los extractos secos provenientes de las infusiones de cafés (Tabla 2 y Figura 1). De acuerdo a los resultados obtenidos, el rango encontrado de milimoles equivalentes de trolox fue de entre 0.121-0.281 por gramo de café, las muestras con mayor capacidad antioxidante son las muestras **6** (variedad Pacamara; beneficiado natural; Departamento de Santa Ana), **4** (variedad Pacamara; beneficiado lavado; Departamento de Chalatenango), **1** (variedad Pacamara; beneficiado honey; Departamento de Santa Ana) y **2** (variedad Bourbon; beneficiado

lavado; Departamento de Usulután), con valores de 0.281, 0.251, 0.230 y 0.212 mmoles ET/g, respectivamente.

En un estudio realizado en Panamá a 34 muestras de cafés comerciales (Vega et al., 2017), determinaron que el rango de la capacidad antioxidante de estas muestras fue de 0.11-0.20 mmoles ET/g; al igual que en un estudio realizado en Norte de Santander (Colombia), donde 12 muestras comerciales de café presentaron valores en el rango de 0.224-0.245 mmoles ET/g (Fonseca-García et al., 2014). Todos estos resultados son similares a los presentados en este primer estudio de capacidad antioxidante de cafés especiales de El Salvador; dicha información es importante

**Tabla 2**

Actividad antioxidante encontrada por el método DPPH.

Código	Actividad antioxidante (mmoles ET/g) <sup>a</sup>	Actividad antioxidante (mmoles ET/225 mL)	Código	Actividad antioxidante (mmoles ET/g) <sup>a</sup>	Actividad antioxidante (mmoles ET/225 mL)
	M ± SD	M ± SD		M ± SD	M ± SD
1	0.230 ± 0.013	2.87 ± 0.09	9	0.121 ± 0.013	1.52 ± 0.10
2	0.212 ± 0.022	2.65 ± 0.17	11	0.185 ± 0.006	2.31 ± 0.07
3	0.173 ± 0.010	2.17 ± 0.14	14	0.128 ± 0.009	1.60 ± 0.08
4	0.251 ± 0.019	3.13 ± 0.25	15	0.178 ± 0.006	2.23 ± 0.07
6	0.281 ± 0.008	3.52 ± 0.05	19	0.183 ± 0.008	2.29 ± 0.11
7	0.193 ± 0.017	2.41 ± 0.20	23	0.156 ± 0.005	1.96 ± 0.07

<sup>a</sup> Los valores son expresados en base seca.

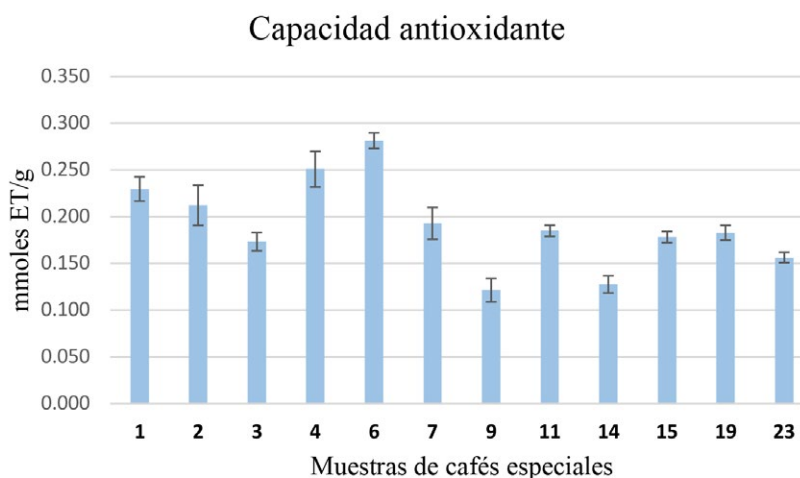
Los valores representan la media aritmética ± desviación estándar (n=9).

para valorar aún más el café de El Salvador en los mercados nacionales e internacionales; ya que, la bebida de café, es un alimento funcional y nutraceutico que posee diversas bioactividades, tales como, antioxidante, anticarcinogénica y antimutagénica (Naranjo et al., 2011; Saura-Calixto y Goñi, 2011). Algunas

de estas actividades biológicas son atribuidas a diferentes tipos de compuestos, en especial, a los alcaloides, ácidos hidroxicinámicos (ácido caféico, ferúlico, elágico cumárico y clorogénico), polifenoles y compuestos aromáticos derivados del ácido shikímico, entre otros (Naranjo et al., 2011; Muñoz et al., 2020).

**Figura 1**

Capacidad antioxidante por el método DPPH de las 12 muestras de cafés especiales en milimoles ET/g de café.



## Cuantificación de Cafeína por HPLC-PDA

Se determinó el contenido de cafeína en muestras de cafés especiales, las cuales presentaron valores entre 6.17-11.63 mg/g de café (0.617-1.163%), o expresado en taza de café, 72.20-137.34 mg/taza (tabla 3 y figura 2). El contenido más bajo de cafeína correspondió a la variedad Kenya (beneficiado semi lavado; Departamento de Santa Ana, **14**) por el contrario, el valor más alto a la variedad Pacamara (beneficiado honey; Departamento de Chalatenango, **1**). El rango de cafeína determinado en las muestras, concuerda con los valores típicos de este alcaloide presente en la especie de *Coffea arabica*, generalmente comprendidos entre 0.6-1.2% (Yashin et al.,

2017). Por otra parte, el Reglamento Técnico Salvadoreño exige un mínimo de cafeína de 0.4% en café sin descafeinar, por lo que todas las muestras analizadas se encuentran en rangos aceptables (Reglamento Técnico Salvadoreño [RTS], 2020). El contenido de cafeína en las bebidas de café es de suma importancia a nivel mundial por su influencia en el sabor, ya que, contribuye a la acidez, astringencia y al sabor amargo (Arai et al., 2015).

El contenido de cafeína no solo es importante desde el punto de vista farmacológico y sensorial, sino también, desde el punto de vista toxicológico, ya que, se ha determinado que el consumo de esta sustancia en exceso puede ser dañino para la salud, y causar: palpitaciones cardíacas, malestar estomacal,

**Tabla 3**

Cantidad de cafeína determinada en Cafés de El Salvador por HPLC-DAD.

Código	% Cafeína en café tostado <sup>a</sup>	Cafeína en café tostado (mg/g) <sup>a</sup>	Cafeína por taza (mg/225 mL)	Código	% Cafeína en café tostado <sup>a</sup>	Cafeína en café tostado (mg/g) <sup>a</sup>	Cafeína por taza (mg/225 mL)
	M ± SD	M ± SD	M ± SD		M ± SD	M ± SD	M ± SD
<b>1</b>	1.163 ± 0.011	11.63 ± 0.11	137.34 ± 1.35	<b>9</b>	0.937 ± 0.005	9.37 ± 0.05	110.67 ± 0.55
<b>2</b>	0.901 ± 0.037	9.01 ± 0.37	107.29 ± 4.38	<b>11</b>	0.804 ± 0.005	8.04 ± 0.05	95.73 ± 0.62
<b>3</b>	0.683 ± 0.008	6.83 ± 0.08	81.58 ± 0.91	<b>14</b>	0.617 ± 0.005	6.17 ± 0.05	72.20 ± 0.61
<b>4</b>	0.963 ± 0.010	9.63 ± 0.10	114.29 ± 1.13	<b>15</b>	0.686 ± 0.006	6.86 ± 0.06	81.20 ± 0.66
<b>6</b>	1.026 ± 0.006	10.26 ± 0.06	120.56 ± 0.67	<b>19</b>	0.822 ± 0.006	8.22 ± 0.05	97.22 ± 0.57
<b>7</b>	0.927 ± 0.009	9.27 ± 0.09	109.74 ± 1.04	<b>23</b>	0.663 ± 0.005	6.63 ± 0.05	78.95 ± 0.58

<sup>a</sup> Los valores son expresados en base seca.

Los valores representan la media aritmética ± desviación estándar (n=3).

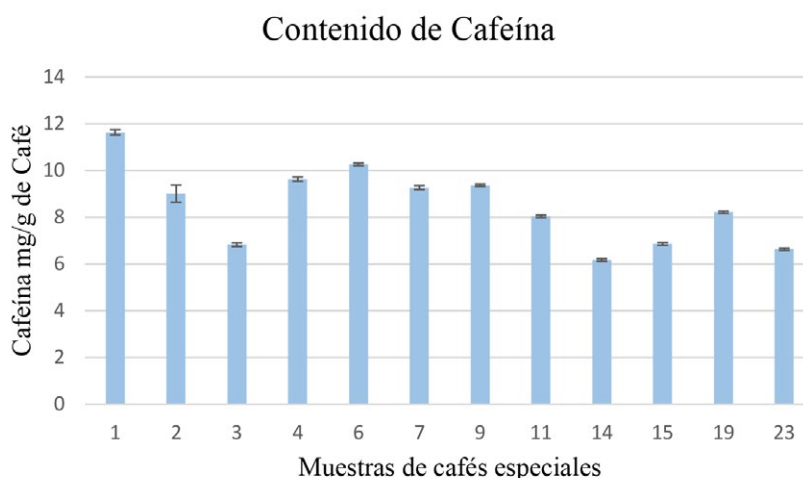


manos temblorosas, inquietud, disminución de la memoria y dificultad para dormir; y si es consumida por arriba de 500 mg en una sola bebida causa envenenamiento (Fajara y Susanti, 2017). Además, la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA, 2018), establece un consumo seguro de cafeína por

debajo de 400 mg para una persona adulta, dependiendo del grado de tolerancia de cada individuo. Basado en estos datos, una persona adulta pudiera ingerir 3 tazas de café, como se prepararon en este estudio, sin presentar efectos adversos relacionados al consumo de cafeína.

## Figura 2

Contenido de Cafeína en mg por gramo de café.



## Validación del método

El método utilizado para determinar la concentración de cafeína fue validado para verificar que su realización y rendimiento cumpliera con los requerimientos de rutina para la cuantificación de cafeína en extractos secos provenientes de infusiones de café.

La linealidad fue evaluada construyendo una curva de calibración con un estándar de cafeína en el rango de 5-100  $\mu\text{g}/\text{mL}$ . Al realizar la regresión lineal graficando el área de la respuesta del analito se obtuvo la siguiente ecuación de la recta  $Y = 0.4834X + 0.0439$  y un coeficiente de correlación de 0.99998 (figura 3). En cuanto a la selectividad del método, no se encontraron posibles interferencias con el pico de la cafeína a un tiempo de retención de 2.640

minutos a 274 nm en el cromatograma.

### **Repetibilidad, precisión intermedia y exactitud**

Al analizar las soluciones control en un mismo día se obtuvieron coeficientes de variación (CV) menores al 1.85% ( $n=3$  en cada nivel) lo que muestra una buena repetibilidad, al igual que en la precisión intermedia en la que se analizaron las soluciones control en diferentes días se obtuvieron CV menores de 1.02% ( $n=3$  en cada nivel). La exactitud del método se pudo comprobar por medio de la adición de estándar de Cafeína a una muestra de concentración conocida y se obtuvieron porcentajes de recobro de 98.76-99.99% (tabla 4).

### **Límite de detección y cuantificación**

Una vez realizado los cálculos de regresión lineal se obtuvo la siguiente ecuación  $Y =$

0.4834X + 0.0439 en la que se determinó que la desviación del intercepto fue de 0.16521 encontrando así los valores que se presentan

a continuación para el límite de detección y cuantificación de este método (tabla 4).

**Tabla 4**

Resultados de los parámetros de validación

	Concentración (µg/mL)	Repetibilidad (n=3)		Precisión intermedia (n=3)		Exactitud		LD	LC
		SD	CV	SD	CV	Nivel de adición (µg/mL)	% Recobro (n=3)		
	<b>25</b>	0.46	1.85	0.26	1.02	<b>25</b>	99.99 ± 1.08		
<b>Cafeína</b>	<b>50</b>	0.68	1.35	0.32	0.63	<b>50</b>	98.90 ± 2.86	1.13	3.42
	<b>75</b>	0.97	1.29	0.74	0.99	<b>75</b>	98.76 ± 0.61		

SD: Desviación estándar, CV: Coeficiente de variación, LD: Límite de detección, LC: Límite de cuantificación.

## CONCLUSIONES

Las capacidades antioxidantes de los cafés de El Salvador variaron entre 0.121-0.281 mmoles ET/g, lo que representa una cantidad importante, además de considerarse como una bebida social, es una fuente de antioxidantes beneficiosos para la salud. En cuanto al contenido de cafeína, todas las muestras presentaron valores entre 0.617-1.163%, encontrándose dentro de los valores permitidos por el Reglamento Técnico Salvadoreño (mayor al 0.4% en base seca) y los valores típicos que presenta la especie *Coffea arabica*.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Facultad de Química y Farmacia, Universidad de El Salvador por el apoyo en el desarrollo de esta investigación.

## REFERENCIAS

- ACE, Alliance for Coffee Excellence. (17 de febrero 2021). *El Salvador 2019*. <https://allianceforcoffeexcellence.org/el-salvador-2019/>
- AOAC, Association of Official Analytical Chemists. (2005). *Official Methods of Analysis*. 18ª Edición. Washington DC.
- Arai K., Terashima, H., Aizawa, S., Taga, A., Yamamoto, A., Tsutsumiuchi, K., Kodama, S. (2015). Simultaneous determination of trigonelline, caffeine, chlorogenic acid and their related compounds in instant coffee samples by hplc using an acidic mobile phase containing octanesulfonate. *Analytical Sciences*, 31(8):831–835. <http://doi.org/10.2116/analsci.31.831>
- CSC, Consejo Salvadoreño del café. (17 de

- febrero de 2021) *Historial producción de café*. <http://www.csc.gob.sv/estadisticas/>
- CSC, Consejo Salvadoreño del café. (17 de febrero de 2021). *Felicitación a los ganadores del certamen de taza de excelencia el salvador 2019*. <http://www.csc.gob.sv/felicitacion-a-los-ganadores-del-certamen-de-taza-de-excelencia-el-salvador-2019/>
- Donfrancesco Di B., Gutierrez Guzman, N., Chambers, E. (2014). Comparison of results from cupping and descriptive sensory analysis of colombian brewed coffee. *Journal of Sensory Studies*, 29(4):301–311. <https://doi.org/10.1111/joss.12104>
- Fajara, B. E. P., Susanti, H. (2017). HPLC determination of caffeine in coffee beverage. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 259, 012011.
- FDA, Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos. (17 de febrero de 2021). *Spilling the Beans: How Much Caffeine Is Too Much?* <https://www.fda.gov/consumers/consumer-updates/spilling-beans-how-much-caffeine-too-much>
- Fonseca-García, L., Calderón-Jaimes, L., Rivera, M. (2014). Capacidad antioxidante y contenido de fenoles totales en café y subproductos del café producido y comercializado en Norte de Santander (Colombia). *Vitae, Revista de La Facultad de Química Farmacéutica*, 21(3):228–36.
- Galignani, M., Torres, M., Ayala, C., Brunetto, M. R. (2008). Determination of caffeine in coffee by means fourier transform infrared spectrometry. *Revista Tecnica de La Facultad de Ingenieria Universidad Del Zulia*, 31(2):159–68.
- Jiménez, A. M., Sánchez, M., Martínez, M. (2012). Optimización del método captación del radical 2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo (DPPH) para evaluar actividad antioxidante en bebida de café. *Anales de Veterinaria de Murcia*, 78(28):67–78. <https://doi.org/10.6018/j/188731>
- ICH, International Conference on Harmonisation. (2005). *Validation of Analytical Procedures: Text and Methodology*. [https://www.ema.europa.eu/en/documents/scientific-guideline/ich-q-2-r1-validation-analytical-procedures-text-methodology-step-5\\_en.pdf](https://www.ema.europa.eu/en/documents/scientific-guideline/ich-q-2-r1-validation-analytical-procedures-text-methodology-step-5_en.pdf)
- ICO, Organización Internacional del Café. (17 de febrero de 2021). *Informe del mercado de café, enero 2021*. <http://www.ico.org/prices/p1-January2021.pdf>
- Mumin, A., Akhter, K. F., Abedin, Z., Hossain, Z. (2006). Determination of caffeine by solid phase extraction and High Performance Liquid Chromatography (SPE–HPLC). *Malaysian Journal of Chemistry*, 8(1):45–51.
- Muñoz, A. E., Hernández, S., Tolosa, A., Burillo, S., Olalla-Herrera, M. (2020). Evaluation of differences in the antioxidant capacity and phenolic compounds of green and roasted coffee and their relationship with sensory properties. *Lwt - Food Science and Technology*, 128(june 2020): 109457. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109457>
- Naranjo, M., Vélez, Rojano, L. B. (2011). Actividad antioxidante de café colombiano de diferentes calidades. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 16(2):164–173.
- Patil, P. N. (2012). Caffeine in various samples and their analysis with HPLC. A Review. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, 16(2):76–83.
- Rivas, M. M., Zaldaña, J., Gález, A., Castillo, U. G., Menjivar, J., Martínez, M. L. Núñez, M. J. (2020). Contenido de fenoles totales y actividad antioxidante en frutos de la flora salvadoreña. *Revista Minerva*, 3(2): 21–33.
- RTS 67.08.02:19. Reglamento técnico

salvadoreño. (2020). *Café. Café tostado en grano y tostado molido, requisitos de calidad*.

Saura-Calixto, F., Goñi I. (2006). Antioxidant capacity of the spanish mediterranean diet. *Food Chemistry*, 94(3):442–447. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.11.033>

SCA, Specialty Coffe Association. (17 de febrero de 2021). *Standards*. <https://sca.coffee/research/coffee-standards>

SCAA, Specialty Coffee Association of America. (17 de febrero de 2021). *Protocols | Cupping Specialty Coffee*. <https://www.scaa.org/PDF/resources/cupping-protocols.pdf>

Vega, A., De León, J. A., Reyes, S. M. (2017). Determinación del contenido de polifenoles totales, flavonoides y actividad antioxidante de 34 cafés comerciales de Panamá. *Información Tecnológica*, 28(4):29–38. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642017000400005>

Vega, A., Reyes, S., De León, J., Bonilla, A., Franco, H. (2014). Cuantificación de cafeína en cafés comerciales de Panamá. *Ciencia y Tecnología*, 30(2):57–64

Wichmann von De La Figuera, M. (2009). Coffee and cardiovascular diseases. *Atención Primaria*, 41(11):633–636. <http://doi.org/10.1016/j.aprim.2009.09.002>

Yashin, A., Yashin, Y., Xia, X., Nemzer, B. (2017). Chromatographic Methods for Coffee Analysis: A Review. *Journal of Food Research*, 6(4):60-82. <http://doi.org/10.5539/jfr.v6n4p60>



## Estudio de la toxicidad aguda y subaguda oral del extracto etanólico de las hojas de *Hamelia patens* (Rubiceae) en ratón

### Acute and sub-acute oral toxicity study of the ethanolic extract of leaves from *Hamelia patens* (Rubiceae) in mice

María H. Escobar<sup>1</sup>, Juan Pablo Sánchez-Pérez<sup>2</sup>, Jesús N. Ávalos<sup>3</sup>, José G. Mejía<sup>4</sup>, Simón G. Toloza<sup>5</sup>, Marvin J. Núñez<sup>2</sup>, Miguel A. Moreno<sup>1</sup>

Correspondencia:  
miguel.moreno@ues.edu.sv

Presentado: 20 de noviembre de 2020  
Aceptado: 20 de febrero de 2021

- 1 Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, Universidad de El Salvador
- 2 Laboratorio de Investigación en Productos Naturales, Facultad de Química y Farmacia, Universidad de El Salvador
- 3 Laboratorio de Patología, Centro de Investigación y Desarrollo en Salud, Universidad de El Salvador
- 4 Laboratorio de Experimentación Animal, Centro de Investigación y Desarrollo en Salud, Universidad de El Salvador
- 5 Laboratorio de Química Clínica, Hospital Nacional Rosales, El Salvador

#### RESUMEN

El extracto etanólico de las hojas de *Hamelia patens* fue evaluado para determinar la toxicidad oral aguda y subaguda en ratones de laboratorio. Las dosis de 5, 50, 300 y 2000 mg/kg de peso corporal no produjeron mortalidad ni cambios significativos en los comportamientos generales de los animales. En el estudio de toxicidad subaguda, el extracto etanólico se administró a la dosis de 2000 mg/kg de peso corporal diariamente por un período de 28 días. Los resultados muestran una CL<sub>50</sub> por encima de 2000 mg/kg, lo que es indicativo de un uso seguro para el ser humano en tanto que no representa alteraciones en el estado general de los animales experimentales.

**Palabras clave:** *Hamelia patens*, toxicidad aguda, toxicidad subaguda.

#### ABSTRACT

The ethanol extract of leaves from *Hamelia patens* was evaluated for acute and sub-acute oral toxicity. The single oral doses of the ethanol extract at 5, 50, 300, and 2000 mg/kg body weight did not produce mortality or significant changes in the general behaviors. In the sub-acute toxicity study, the ethanol extract was administrated orally at a dose of 2000 mg/kg/day for 28 days. The results show a CL<sub>50</sub> up from 2000 mg/kg, which is indicative of safe use for the human being because does not represent serious alterations in the state of health of the experimental animals.

**Keywords:** *Hamelia patens*, acute toxicity, subacute toxicity.

## INTRODUCCIÓN

Aproximadamente el 80% de la población mundial usa plantas como medicina natural. Es por ello que la Organización Mundial para la Salud (OMS) ha insistido en que el uso de plantas medicinales puede ser de gran aplicación en la atención primaria en los sistemas de salud, pero con base en estudios científicos que avalen la seguridad, efectividad y calidad requerida para la administración en humanos (OMS, 2000; 2002). Hoy en día, es exactamente en países como El Salvador, que poseen una gran biodiversidad y una valiosa tradición popular en el uso de plantas medicinales, donde la medicina tradicional sobrevive en su forma más auténtica y por tanto muy asociada al empirismo. *Hamelia patens* es una planta utilizada en la medicina tradicional salvadoreña que se asocia con propiedades como la analgesia, actividad antimicrobiana, antidepresivo, inmunoestimulante, cicatrizante, antitumoral y antiinflamatorio (Chauhan y Singh, 2019), y ha sido considerada una de las especies más utilizadas en la medicina tradicional salvadoreña (Merino, 1998). Es utilizada, además, como especie decorativa casi en todo el mundo, y su fruto se considera alimento (Little et al., 1974). Es una especie vegetal utilizada en la medicina natural para tratar el pie de atleta, las heridas y erupciones cutáneas, las picaduras de insectos, el shock nervioso, la inflamación, el reumatismo, el dolor de cabeza, el asma y la disentería (Raintree Nutrition, 2001; Ahmad et al., 2012; Liogier, 1990). *H. patens* debe sus propiedades medicinales a algunos grupos de sustancias de diversa composición química como alcaloides indólicos, terpenos, esteroides y flavonoides (Ríos y Aguilar-Guadarrama, 2006; Bouic y Lamprecht, 1999; Reyes-Chilpa et al., 2004), cuya acción farmacológica le confieren su valor medicinal (Hsu et al., 1997; Ovesná et al.,

2006); sin embargo, éstas sustancias también pueden tener efectos tóxicos como ya se ha demostrado en otras plantas de composición química similar (Zeinsteger et al., 2001; Abramov et al., 2001; Lin et al., 1990; Safayhi y Saile, 1997; Akbarsha y Murugaian, 2000; Naithani et al., 2001). De acuerdo a lo anterior y a la escasa información sobre los efectos tóxicos de esta especie, se realizó el presente trabajo para determinar el potencial tóxico de *H. patens*, mediante prueba de toxicidad aguda y a dosis repetidas durante 28 días en ratones de laboratorio.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Descripción general.** Las pruebas se realizaron en colaboración entre el Laboratorio de Experimentación Animal, y el Laboratorio de Patología, ambos del Centro de Investigación y Desarrollo en Salud (CENSALUD) de la Universidad de El Salvador, de acuerdo a lo establecido en las guías CCAC para el cuidado y uso de animales de laboratorio (CCAC, 1998) y el Procedimiento Normalizado de Trabajo (PROC-NT005) del Laboratorio de Experimentación Animal (LEA) basado en las directrices 423 y 407 de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD) (OECD, 1995; 2000). El manejo de los animales se realizó mediante procedimientos estandarizados y la regla básica a seguir fue que todos los animales tratados deben ser sacrificados por dislocación cervical. Fue utilizado el número mínimo de animales para obtener datos consistentes. Cada animal se utilizó una vez.

El extracto etanólico de *H. patens* se elaboró en el Laboratorio de Investigación de Productos Naturales, Departamento de Farmacia y Tecnología Farmacéutica, Facultad de Química y Farmacia, Universidad de El Salvador. Los estudios de hematología y bioquímica clínica se realizaron en el Laboratorio de Química Clínica del Hospital Nacional Rosales.



**Material vegetal.** *Hamelia patens* (Rubiaceae) fue recolectada en la localidad El Jocotón, municipio de Coatepeque, Departamento de Santa Ana, El Salvador, y fue identificada por el botánico Jorge Monterrosa. Un ejemplar de comprobante (ISB-88) fue depositado en el Herbario del Jardín Botánico La Laguna, El Salvador.

**Preparación de extracto etanólico.** 1 kg de hoja seca fue cortada en trozos y se extrajo con etanol en un aparato Soxhlet y finalmente se concentró a presión reducida, obteniéndose 85,7 g de extracto etanólico.

**Animales.** Se utilizaron ratones blancos albinos cepa NIH de ambos sexos, con peso corporal promedio entre 19 y 24g. Los animales fueron alimentados con una dieta estándar para roedores, agua *ad libitum* y mantenidos en condiciones de temperatura y humedad relativa controladas de  $22 \pm 2^\circ\text{C}$  y entre 50-60% respectivamente y ciclo de 12 horas de luz y 12 horas de oscuridad.

**Toxicidad oral aguda.** Con el propósito de definir la dosis de la sustancia para realizar el estudio de toxicidad por dosis repetidas de 28 días y según el método de clase de toxicidad aguda (OECD, 2001), se realizó el ensayo de Toxicidad Oral Aguda. La prueba consta de cuatro pasos sucesivos, donde la sustancia de ensayo fue administrada a las dosis de 5, 50, 300 y 2000 mg / kg de peso corporal en cada paso. Se inició con la dosis de 5 mg / kg de peso corporal. Se utilizaron 3 animales para cada concentración. La sustancia de ensayo se administró a una sola dosis por vía intragástrica, sin exceder el volumen máximo de 1 ml / 100 g de peso corporal. Se realizaron observaciones de cada animal después de la administración de la sustancia de prueba durante los primeros 30 minutos y diariamente hasta los 14 días. No se observó mortalidad relacionada con la sustancia de prueba para ninguna de las dosis evaluadas, no hubo cambios en el

comportamiento de ninguno de los animales. Debido a que no se observó mortalidad en el primer paso, se administró la siguiente dosis de 50 mg / kg de peso corporal y así sucesivamente hasta la dosis límite de 2000 mg / kg de peso corporal.

**Toxicidad subaguda oral.** De acuerdo con los resultados de toxicidad oral aguda, que no produjeron ningún efecto tóxico observable, se procedió a realizar la prueba límite de la OCDE a 2000 mg / kg de peso corporal a un volumen de 0,2 ml de la sustancia de prueba que fue administrada a los animales en condiciones óptimas, todos los días durante 28 días. La prueba se realizó de acuerdo con la Guía de la OCDE para este tipo de estudio (OECD, 1995). Se utilizaron cuatro grupos experimentales (2 grupos de hembras y 2 grupos de machos) de 5 animales por grupo, de los cuales un grupo por sexo se trató con la sustancia de ensayo (grupos de tratamiento) y los dos grupos restantes se utilizaron como controles administrándoles agua destilada. Las observaciones clínicas se realizaron dos veces al día durante 28 días. Al finalizar los experimentos, se procedió a obtener muestras de sangre del plexo ocular de cada animal.

**Necropsia y análisis sanguíneo.** Los animales se sometieron a una necropsia macroscópica completa. Se midieron valores hematológicos (hematocrito, concentración de hemoglobina, recuento de eritrocitos, recuento de leucocitos total y diferencial) y bioquímicos (glucosa, colesterol total, urea, creatinina, bilirrubina, alanina aminotransferasa – ALAT y aspartato aminotransferasa - ASAT).

**Análisis estadístico.** Los resultados del peso corporal y el peso de los órganos se analizaron mediante la prueba t de Student. Los valores de  $p < 0,05$  se consideraron significativos.

## RESULTADOS

No se observó mortalidad ni cambios de comportamiento o toxicidad después de la administración oral de la sustancia de ensayo a una dosis de 2000 mg / kg de peso corporal, ni la ganancia de peso corporal de los grupos

experimentales se vieron significativamente afectados por la administración del extracto (tabla 1). De la misma manera, no se reportó alteración en la superficie, color, consistencia, longitud y peso de los órganos, excepto por el aumento estadístico significativo de los valores promedio del peso del hígado en las hembras de tratamiento (tabla 2).

**Tabla 1**

*Comportamiento del peso corporal en los grupos de animales tratados con el extracto etanólico de H. patens y el grupo control*

HEMBRAS							
Grupo	Peso inicial	Día 7	Día 14	Día 21	Día 28	Ganancia %	Valor p
Control	20.54 ± 0.69	20.59 ± 0.84	21.45 ± 0.82	21.86 ± 0.38	22.42 ± 1.01	9.1 ± 1.85	
Tratamiento	19.84 ± 0.61	19.48 ± 1.87	20.65 ± 1.43	20.72 ± 1.31	22.02 ± 1.25	10.96 ± 4.76	0.91
MACHOS							
Control	23.05 ± 0.27	23.01 ± 0.25	23.59 ± 1.39	24.45 ± 1.29	25.96 ± 1.50	12.59 ± 5.27	
Tratamiento	23.81 ± 2.81	24.78 ± 1.76	25.90 ± 1.49	25.92 ± 1.10	26.24 ± 1.98	10.69 ± 5.57	0.73

Los valores se expresan como medias ± desviación estándar (S.D). Se hicieron comparaciones entre los grupos control y tratamiento. \* valor de p <0,05 se considera una diferencia significativa.

Los índices de bioquímica clínica y hematológica no se vieron afectados estadísticamente por la sustancia de ensayo, excepto por una disminución significativa en los valores observados del recuento de hematocrito y eritrocitos del grupo de hembras tratamiento. También se observa una disminución significativa del colesterol en el grupo de machos tratados con la sustancia de estudio (tabla 3).

## DISCUSIÓN

Una disminución de más del 10% del peso corporal es indicativo de efectos adversos para la salud (Ramesh et al., 2007). En el presente estudio, no se observó alteración en cuanto a

la ganancia normal de peso de los animales de experimentación ni la aparición de signos tóxicos. Sobre el aumento de los valores promedio del peso de hígado de las hembras tratamiento respecto al grupo control, no tiene importancia clínica porque no guarda relación ni con alteraciones macroscópicas como superficie, color, consistencia y tamaño del órgano, ni con alteración en los valores de bioquímica sanguínea, cambios histopatológicos de ese órgano.

Los índices de bioquímica clínica y hematológica son indicadores del alcance y la profundidad de los efectos adversos de una sustancia en órganos específicos (González Torres et al., 2006); de acuerdo con ello, la disminución en los valores del recuento total

**Tabla 2**

Efecto del extracto etanólico de las hojas de *H. patens* sobre el peso de los órganos en los grupos control y tratamiento

Órgano	Grupo	Hembras		Machos	
		media ± S.D	Valor p	media ± S.D	Valor p
Hígado	Control	1.013 ± 0.402	0.048*	1.213 ± 0.241	0.447
	Tratamiento	1.097 ± 0.065		1.342 ± 0.108	
Corazón	Control	0.12 ± 0.163	0.889	0.116 ± 0.188	0.782
	Tratamiento	0.117 ± 0.17		0.124 ± 0.015	
Pulmón	Control	0.193 ± 0.402	0.490	0.136 ± 0.309	0.330
	Tratamiento	0.167 ± 0.043		0.184 ± 0.077	
Riñón	Control	0.156 ± 0.124	0.866	0.203 ± 0.004	0.114
	Tratamiento	0.155 ± 0.012		0.19 ± 0.187	
Estomago	Control	0.466 ± 0.077	0.687	0.593 ± 0.956	0.464
	Tratamiento	0.415 ± 0.163		0.49 ± 0.112	
Vazo	Control	0.176 ± 0.044	0.452	0.163 ± 0.188	0.095
	Tratamiento	0.152 ± 0.03		0.136 ± 0.207	
Intestino delgado	Control	1.47 ± 0.176	0.912	1.306 ± 0.175	0.837
	Tratamiento	1.457 ± 0.083		1.28 ± 0.224	
Intestino grueso	Control	0.773 ± 0.075	0.510	0.816 ± 0.192	0.388
	Tratamiento	0.812 ± 0.097		0.73 ± 0.117	

Los valores se expresan como medias ± desviación estándar (S.D). Se hicieron comparaciones entre el grupo control y el grupo tratamiento.\* valor de  $p < 0,05$  se considera una diferencia significativa.

de eritrocitos y del hematocrito en el grupo tratamiento hembras, no corresponde a algún proceso toxicológico ya que no guarda relación con ningún otro indicador evaluado. En cuanto a la disminución de los niveles de colesterol en el grupo tratamiento machos, teóricamente se atribuiría a un efecto hipolipidémico de *H. patens*; tesis que debe ser verificada en estudios posteriores. Finalmente, los resultados del presente estudio sobre la mortalidad, no concuerdan con los reportados en otros estudios similares (Esposito-avella et al., 1985; Esposito y Gupta, 1986), donde se observaron mortalidades del 30 y 50% con dosis repetidas de 10 días, equivalentes a  $\frac{1}{2}$  y  $\frac{3}{4}$  de una DL50

de 1540 mg / kg de peso corporal de extracto etanólico de *H. Patens*. Tales diferencias podrían explicarse gracias a diferencias en las concentraciones de los metabolitos secundarios como resultado de las diferencias geográficas de las muestras vegetales.

## CONCLUSIONES

Al considerar la generalidad de los resultados obtenidos en la toxicidad oral aguda y subaguda, basados por un lado, en alteraciones en algunos de los parámetros de toxicidad evaluados, pero sin correspondencia clínica con otros parámetros, concluimos que el extracto etanólico de las hojas de *Hamelia*

**Tabla 3**

 Efecto del extracto etanólico de *A. patens* sobre parámetros hematológicos y bioquímicos clínicos en grupos de control, tratamiento

Parámetro	Grupo	Hembras			Machos		
		Media ± S.D		Valor p	Media ± S.D		Valor p
Hemoglobina	Control	15.15	± 0.30	0.501	15.15	± 0.30	0.964
	Tratamiento	14.48	± 1.69		15.02	± 0.74	
Hematocrito (%)	Control	45.68	± 0.94	0.027*	45.68	± 0.94	0.921
	Tratamiento	44.00	± 0.82		45.20	± 2.17	
Neutrofilos (%)	Control	39.33	± 5.73	0.183	37.68	± 3.09	0.269
	Tratamiento	55.00	± 18.87		31.60	± 8.17	
Linfocitos (%)	Control	59.33	± 7.36	0.199	62.33	± 3.09	0.269
	Tratamiento	46.00	± 16.73		66.40	± 6.23	
Conteo de eritrocitos (ml/mm)	Control	50.23	± 1.04	0.026*	50.23	± 1.04	0.687
	Tratamiento	48.40	± 0.90		48.92	± 3.70	
Glucosa (mg/dl)	Control	115.49	± 9.95	0.148	111.71	± 14.98	0.241
	Tratamiento	134.76	± 14.08		136.09	± 26.85	
Colesterol (mg/dl)	Control	53.68	± 11.81	0.877	65.88	± 8.98	0.026*
	Tratamiento	54.61	± 18.48		77.26	± 11.07	
Urea (mg/dl)	Control	47.15	± 2.35	0.472	37.03	± 0.90	0.108
	Tratamiento	44.59	± 8.03		45.47	± 5.70	
Creatinina (mg/dl)	Control	0.31	± 0.02	0.889	0.35	± 0.05	0.692
	Tratamiento	0.31	± 0.02		0.34	± 0.04	
Bilirubina (mg/dl)	Control	22.28	± 3.23	0.975	12.63	± 3.99	0.433
	Tratamiento	22.32	± 2.44		13.83	± 2.90	
ALAT (U/L)	Control	47.67	± 8.01	0.338	42.10	± 6.88	0.467
	Tratamiento	50.77	± 6.21		44.03	± 9.35	
ASAT (U/L)	Control	74.16	± 3.89	0.680	73.40	± 3,78	0.710
	Tratamiento	75.95	± 10.42		70.69	± 9,93	

Los valores se expresan como medias ± desviación estándar (S.D). Se hicieron comparaciones entre el grupo control y el grupo tratamiento.\* valor de p <0,05 se considera una diferencia significativa.

*patens* posee una CL50 superior a 2000 mg / kg de peso corporal, en tanto que no representa alteraciones en el estado de salud general de los animales de experimentación; por tanto y según las categorías de toxicidad de la Guía 423 de la OCDE (2001), la sustancia ensayada

por vía oral se clasifica de uso seguro para el ser humano.

### AGADECIMIENTOS

El financiamiento para este proyecto

fue proporcionado por el Consejo de Investigaciones Científicas de la Universidad de El Salvador. Agradecemos a Nuria Torres de ADACAD de la Universidad de El Salvador por su ayuda con el análisis estadístico de los resultados. Agradecemos mucho a Ricardo Miranda y Rafael Cedillos por sus observaciones para presentar el documento.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abramov, A. Y., Zamaraeva, M. V., Hagelgans, A. I., Azimov, R. R., & Krasilnikov, O. V. (2001). Influence of plant terpenoids on the permeability of mitochondria and lipid bilayers. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1512(1), 98–110.
- Ahmad, A., Pandurangan, A., Singh, N. & Ananad, P. (2012). A mini review on chemistry and biology of *Hamelia Patens* (Rubiaceae). *Pharmacognosy Journal*, 4(29), 1–4. doi:10.5530/pj.2012.29.1
- Akbarsha, M. A., & Murugaian, P. (2000). Aspects of the male reproductive toxicity/male antifertility property of andrographolide in albino rats: effect on the testis and the cauda epididymidal spermatozoa. *Phytotherapy research: PTR*, 14(6), 432–435. [https://doi.org/10.1002/1099-1573\(200009\)14:6<432::aid-pt622>3.0.co;2-i](https://doi.org/10.1002/1099-1573(200009)14:6<432::aid-pt622>3.0.co;2-i)
- Bouic, P.J. & Lamprecht, J.H., (1999). Plant sterols and sterolins: a review of their immunomodulating properties. *Altern Med Rev.* 4(3):170-7.
- CCAC (1998). Guide for the care and use of laboratory animals. Canadian Council on Animal Care, Ottawa, Canada. [www.cvac.com](http://www.cvac.com)
- Chauhan, P., & Singh, M. (2019). A Review on Medicinal Property of *Hamelia patens* Jacq. DOI: 10.21276/sajp.2019.8.5.6
- Esposito. M. & Gupta, M. (1986). Evaluación fotoquímica y farmacológica de *Hamelia patens* y *Terminalia catappa*. Centro de Investigaciones Farmacológicas de la Flora Panameña CIFLORPAN. Facultad de Farmacia, Universidad de Panamá, Panamá, Panamá.
- Esposito-avella, M., Brown, P., Tejeira, I., Buitrago, R., Barrios, L., Sanchez, C., ... Cedeño, J. (1985). Pharmacological screening of Panamanian medicinal plants. Part 1. *International Journal of Crude Drug Research*, 23(1), 17–25.
- González Torres, Yana, Scull Campos, Isidoro, Bada Barro, Ana M., Fuentes Morales, Dasha, González Navarro, Bárbara, Arteaga Pérez, María E., & Hernández Sosa, Osvaldo. (2006). Ensayo de toxicidad a dosis repetidas durante 28 días del extracto acuoso de *Cecropia peltata* L. (yagruma) en ratas Cenp: SPRD. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 11(2)
- Hsu, H.Y., Yang, J.J. & Lin, C.C. (1997). Effects of oleanolic acid and ursolic acid on inhibiting tumor growth and enhancing the recovery of hematopoietic system postirradiation in mice. *Cancer Lett.* 111(1-2):7-13.
- Lin, C. N., Lu, C. M., Cheng, M. K., Gan, K. H., & Won, S. J. (1990). The cytotoxic principles of *Solanum incanum*. *Journal of natural products*, 53(2), 513–516. <https://doi.org/10.1021/np50068a041>
- Liogier, H.A. (1990). Plantas medicinales de Puerto Rico y del Caribe. Iberoamericana de Ediciones, Inc. San Juan, PR. 566 p.
- Little, E.L., Woodbury, R.O. & Wadsworth F.H. (1974). Trees of Puerto Rico and the Virgin Islands. Vol. 2. Agriculture Handbook 449. U.S. Department of Agriculture, Washington, DC. 1,024 p.
- Merino M.H. (1998). Contribución al conocimiento etnobotánico en San Luis La Herradura, Departamento de La Paz, El Salvador. (Tesis para optar al grado de

- Licenciada en Biología). Universidad de El Salvador.
- Naithani. V., Haider. S. & Kakkar., P. (2001). Plant toxins: a historical, evolutionary, economic and toxicological account. *Journal of Ecophysiology & Occupational Health*, 1(3,4), 339-364.
- OECD (1995). Guideline for the testing of chemicals N° 407. Repeated dose 28-day oral toxicity study in rodents.
- OECD (2001) Guideline for testing of chemicals N° 423. Acute Oral Toxicity – Acute Toxic Class Method.
- OMS. (2000). Pautas Generales para las Metodologías de Investigación y Evaluación de Medicina Tradicional. WHO/EDM/TRM/. Ginebra, Suiza.
- OMS. (2002). Estrategia de la OMS sobre Medicina Tradicional. 2002-2005. WHO/EDM/TRM/. Ginebra, Suiza.
- Ovesná, Z., Kozics, K., & Slamenová, D. (2006). Protective effects of ursolic acid and oleanolic acid in leukemic cells. *Mutation research*, 600(1-2), 131-137. <https://doi.org/10.1016/j.mrfmmm.2006.03.008>
- Raintree Nutrition. (2001). Scarlet bush. Raintree Nutrition, Inc. <http://www.raintree.com/scarletbush.htm>. 3 p.
- Ramesh, T., Lee, K., Lee, H. W., & Kim, S. J. (2007). Acute oral toxicity study of *Asiasari radix* extract in mice. *International journal of toxicology*, 26(3), 247-251. <https://doi.org/10.1080/10915810701352887>
- Reyes-Chilpa, R., Rivera, J., Oropeza, M., Mendoza, P., Amekraz, B., Jankowski, C. & Campos, M. (2004). Methanol extracts of *Hamelia patens* containing oxindole alkaloids relax KCl-induced contraction in rat myometrium. *Biological & Pharmaceutical Bulletin*. 27(10), 1617-1620.
- Rios, M.Y. & Aguilar-Guadarrama, B. (2006). Alcaloides indólicos, terpenos, esteroides y flavonoides de las hojas de *Hamelia patens* Jacquin (Rubiaceae). *Rev Cubana Plant Med*;11(1)
- Safayhi, H., & Sailer, E. R. (1997). Anti-inflammatory actions of pentacyclic triterpenes. *Planta médica*, 63(6), 487-493. <https://doi.org/10.1055/s-2006-957748>
- Zeinsteger. P., Acosta de Pérez. O., Teibler. P., Rios. E., & Jorge. N. (2001). Hepatotoxicidad de compuestos volátiles de *Senecio grisebachii* (primavera). *Comunicaciones Científicas y Tecnológicas-Universidad Nacional del Nordeste*, Corrientes.



# Revista MINERVA

Plataforma digital de la revista: <https://minerva.sic.ues.edu.sv>



## Recursos ictiológicos en las propuestas de áreas de conservación de Santo Domingo de los Tsáchilas

### Ichthyological resources in proposals conservation areas of Santo Domingo de los Tsáchilas

Jerson Chanchay<sup>1</sup>, Fiana Valeria Chévez-Avilés<sup>2</sup>, Veronica Elizabeth Narváez-Terán<sup>2</sup>

Correspondencia:  
jerson.chanchay@ute.edu.ec

Presentado: 16 de marzo de 2021  
Aceptado: 13 de mayo de 2021

- 1 Docente visitante de la Universidad UTE-Santo Domingo. Técnico Biólogo en la Dirección de Gestión Ambiental del GADP SDT. Miembro de la Fundación Ecológica Chanchay.
- 2 Dirección de Gestión Ambiental del GADP SDT, Ecuador.

#### RESUMEN

Conocer las especies que habitan en determinadas áreas, es el punto de partida en estrategias de conservación. En este sentido, el objetivo del trabajo fue identificar las especies de peces que habitan en el área de conservación Parque Kasama y las propuestas de áreas de conservación en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas. Como resultado se identificaron 26 especies de peces, pertenecientes a 22 géneros, 13 familias y 5 órdenes. El 45 % de las especies se encuentra en estado de Preocupación Menor, el 31 % poseen Datos Insuficientes, el 8 % están Casi Amenazados y el 4 % son Vulnerables. Al considerar que la mayor diversidad de peces de agua dulce se encuentra en ríos con vegetación marginal, las propuestas de áreas de conservación garantizarán la manutención de especies ictiológicas en la Provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas.

**Palabras clave:** Ictiofauna; Río Guayas; Río Esmeraldas; Peces de agua dulce.

#### ABSTRACT

Knowing the species is the starting point in conservation strategies. In this context, the objective of the work was identify the species of fishes that inhabit in the Kasama Park and the proposals conservation areas in the province of Santo Domingo de los Tsáchilas. There were identified 26 species of fishes, belonging to 22 genders, 13 families and 5 orders. The 45% of species are in state of Least Concern, 31% have Data Deficient, 8% are Near Threatened and 4% are Vulnerable. Considering that the greatest diversity of freshwater fishes are found in rivers with marginal vegetation, the proposals conservation areas will guarantee the maintenance of ichthyological species in the Province of Santo Domingo de los Tsáchilas.

**Keywords:** Ichthyofauna; Guayas River; Esmeraldas River; Freshwater fishes.



## INTRODUCCIÓN

En estrategias de conservación el punto de partida es conocer la biodiversidad. Las especies constituyen la unidad de inicial de manejo práctico en conservación (Iriondo, 2000), por ende, el desconocimiento de especies que habitan en determinadas áreas dificulta la planificación de proyectos de conservación o preservación.

Por otro lado, la región Neotropical posee la mayor diversidad de peces del planeta (Lévêque et al., 2008), tanto taxonómica como funcional (Toussaint et al., 2016). Dentro de esta región, Ecuador se caracteriza por poseer un alto grado de endemismo debido a la presencia de la cordillera de los andes (Albert et al., 2020). En términos de riqueza, solo en la región costera se han reportado 112 especies de peces de agua dulce (Jiménez et al., 2015), estimativas que varían con el pasar de los años debido a los nuevos trabajos taxonómicos (Crampton et al., 2016; Francisco & Ramiro, 2017; Hernández et al., 2015; Musilová et al., 2015; Tobes et al., 2020).

En la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas se han publicado pocos estudios taxonómicos, por lo que existe un déficit Linneano y Wallaciano de muchos taxones. Por otro lado, realizar el levantamiento de las incidencias de especies es importante para iniciar mecanismos de conservación local. De esta manera, dentro de la provincia existen dos cuencas hidrográficas, las cuales a pesar de la proximidad, en algunos casos poseen especies diferentes con similitudes morfológicas (Francisco & Ramiro, 2017; Tobes et al., 2020).

Debido a la necesidad emergente de conservar, en 2020 inicia el proyecto de conservación del patrimonio natural de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas por parte del Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial (GADP) de Santo Domingo de los Tsáchilas, el cual

mediante ordenanza Nro. 008 de 04 de marzo de 2020 declaró la primera Área de Conservación y Uso Sustentable (ACUS) denominada Parque Kasama, encontrándose actualmente en trámite de declaratoria de seis localidades más, los cuales son: Finca Agroecológica La Floreana, El Manantial, Mundo Verde, Isla de los Monos, Herminia Calazacón & Alfonso Aguavil y Parque de los Monos.

En este sentido, dada la importancia de conocer la biodiversidad para preservarla, el objetivo de este trabajo es identificar las especies de peces que habitan en el área de conservación Parque Kasama y las propuestas de áreas de conservación en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas.

## METODOLOGÍA

### Área de estudio

Se determinó la incidencia de especies de peces en las propuestas de áreas de conservación provincial (Tabla 1). El Parque Kasama (KS) y Finca Agroecológica La Floreana (FN) hacen parte de la red hídrica de la cuenca del Río Guayas. Por otro lado, las áreas de conservación El Manantial (MT), Mundo Verde (MV), Isla de los Monos (IM), Herminia Calazacón & Alfonso Aguavil (HAC) y Parque de los Monos (PM) se encuentran ubicados en la cuenca hídrica del Río Esmeraldas (Figura 1).

### Obtención de datos

Se realizó un muestreo en diferentes microhábitats dentro de cada propuesta de área de conservación, a fin de obtener una mayor representación de la diversidad local.

Para la captura de especímenes se utilizó una red de patada (Nugra-Salazar et al., 2016) de 1.20 m x 0.60 m. La actividad se la realizó entre dos

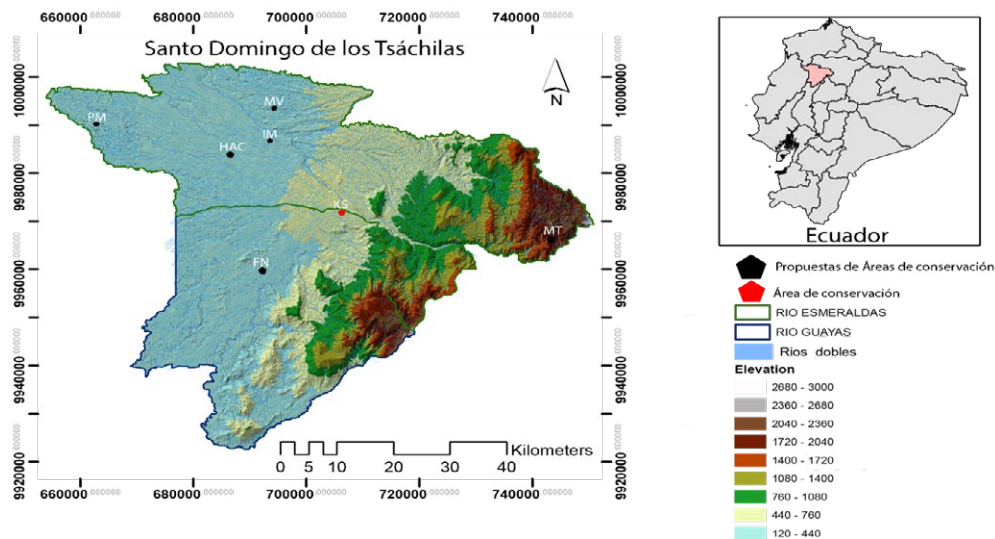
**Tabla 1**

Coordenadas de localización de las propuestas de áreas de conservación.

	Área de conservación	Estado	Coordenada	
			X	Y
1	Parque Kasama (KS)	Declarada	706554,6	9972075,7
2	Finca Agroecológica La Floreana (FN)	En proceso	692547	9959676
3	El Manantial (MT)	En proceso	743244,9	9965908,7
4	Mundo Verde (MV)	En proceso	694781	9993909
5	Isla de los Monos (IM)	En proceso	693784	9986944
6	Herminia Calazacón & Alfonso Aguavil (HAC)	En proceso	686447	9983537
7	Parque de los Monos (PM)	En proceso	662622,6	9990735,7

**Figura 1**

Ubicación de las propuestas de áreas de conservación.



colectores. Posterior a la colecta, los individuos fueron morfoespeciados, fotografiados y regresados a sus locales de captura.

**Análisis de los datos**

Paralaticipacióndelasespeciesseutilizólaclave de identificación de Jiménez y colaboradores

(2015). Ésta se basó en fotografías realizadas en campo, con utilizando el software ImageJ (Rasband, 2020) para obtener las métricas de las características anatómicas externas de los peces. Consecuentemente, se determinó los nombres válidos según Eschmeyer’s Catalog of Fishes <<http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain>.

asp>. Para conocer el estado de conservación de las especies se utilizó la Lista Roja Nacional de Peces de Agua Dulce del Ecuador (Aguirre et al., 2019).

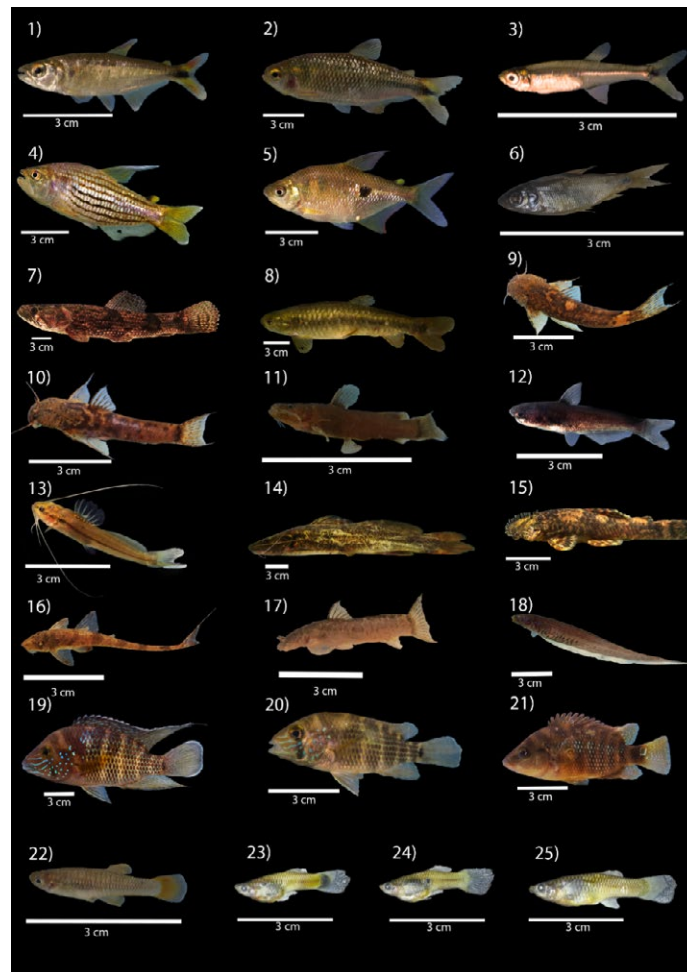
Para determinar la similitud en con base en a la incidencia de especies entre las propuestas de áreas de conservación, se usó el índice de Jaccard, el cual fue representado gráficamente en un dendrograma por UPGMA en el software R, haciendo uso del paquete Vegan v. 2.5-5 (Oksanen et al., 2016).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se identificaron 26 especies pertenecientes a 22 géneros, 13 familias y 5 órdenes (Tab. 2). Las especies con mayor incidencias son *Brachyhypopomus palenque* y *Eretmobrycon dahli* (4 locales). Las familias más representativas las constituyen son Characidae (4 spp.) y Poeciliidae (4 spp.). Así mismo, las órdenes más representativas identificadas corresponden a son Siluriformes (10 spp.) seguido de Characiformes (8 spp.), éste patrón es el esperado para los peces de riachuelos de la región Neotropical (Albert et al., 2020; R. M. C. Castro, 1999) (Tab. 2 y Fig. 2).

**Figura 2**

Fotografías de las especies encontradas.



La numeración corresponde a la lista de especies presentadas en la tabla 2.

**Tabla 2**

Especies identificadas en las propuestas de áreas de conservación provincial.

	Orden	Familia	Especie	Estado	MT	PM	MV	HAC	IM	FN	KS
1	CHARACIFORMES	BRYCONIDAE	<i>Brycon posadae</i>	LC	0	0	0	0	1	0	0
2	CHARACIFORMES	CHARACIDAE	<i>Eretmobrycon dahli</i>	LC	0	0	1	1	1	1	0
3	CHARACIFORMES	CHARACIDAE	<i>Iotabrycon praecox</i>	LC	0	0	0	0	0	1	0
4	CHARACIFORMES	CHARACIDAE	<i>Pseudochalceus lineatus</i>	LC	0	1	0	0	0	0	1
5	CHARACIFORMES	CHARACIDAE	<i>Rhoadsia minor</i>	DD	0	0	0	1	1	0	0
6	CHARACIFORMES	CURIMATIDAE	<i>Pseudocurimata boehlkei</i>	VU	0	0	0	0	0	1	0
7	CHARACIFORMES	ERITHRINIDAE	<i>Hoplias aff. malabaricus</i>	-	0	0	1	1	1	0	0
8	CHARACIFORMES	LEBIASINIDAE	<i>Lebiasina bimaculata</i>	-	0	0	0	0	0	1	0
9	SILURIFORMES	ASTROBLEPIDAE	<i>Astroblepus aff. cyclopus</i>	LC	1	0	0	0	0	0	0
10	SILURIFORMES	ASTROBLEPIDAE	<i>Astroblepus mindoensis</i>	NT	1	0	0	0	0	0	0
11	SILURIFORMES	ASTROBLEPIDAE	<i>Astroblepus aff. grixalvii</i>	DD	0	1	0	0	0	0	0
12	SILURIFORMES	CETOPSIDAE	<i>Paracetopsis esmeraldas</i>	NT	0	0	1	0	0	0	0
13	SILURIFORMES	HEPTAPTERIDAE	<i>Pimelodella modestus</i>	LC	0	0	0	0	1	0	0
14	SILURIFORMES	HEPTAPTERIDAE	<i>Rhamdia cinerascens</i>	LC	0	1	1	0	0	0	0
15	SILURIFORMES	LORICARIIDAE	<i>Ancistrus clementinae</i>	LC	0	1	0	0	0	0	0
16	SILURIFORMES	LORICARIIDAE	<i>Rineloricaria jubata</i>	DD	0	0	1	1	0	0	0
17	SILURIFORMES	PSEUDOPIMELODIDAE	<i>Microglanis berbixae</i>	-	0	0	1	0	0	0	0
18	GYMNOTIFORMES	HYPOPOMIDAE	<i>Brachyhypopomus palenque</i>	DD	0	1	1	0	1	1	0
19	CICHLIFORMES	CICLIDAE	<i>Andinoacara blombergi</i>	LC	0	1	1	1	0	0	0
20	CICHLIFORMES	CICLIDAE	<i>Andinoacara rivulatus</i>	-	0	0	0	0	0	1	0
21	CICHLIFORMES	CICLIDAE	<i>Mesoheros festae</i>	LC	0	0	1	1	0	0	0
22	CYPRINODONTIFORMES	POECILIIDAE	<i>Phalloceros sp.</i>	Exótica	0	0	0	0	0	0	1
23	CYPRINODONTIFORMES	POECILIIDAE	<i>Poecilia gillii</i>	Exótica	0	0	0	0	0	0	1
24	CYPRINODONTIFORMES	POECILIIDAE	<i>Poecilia reticulata</i>	Exótica	0	0	0	0	1	0	1
25	CYPRINODONTIFORMES	POECILIIDAE	<i>Pseudopoecilia fria</i>	LC	0	1	0	1	0	1	0

LC: Preocupación menor, DD: Datos Insuficientes, NT: Casi amenazada, VU: Vulnerable. Parque Kasama (KS) y Finca Agroecológica La Floreana (FN), El Manantial (MT), Mundo Verde (MV), Isla de los Monos (IM), Herminia Calazacón & Alfonso Aguavil (HAC) y Parque de los Monos (PM).

De las especies identificadas, la mayoría se encuentra en estado de Preocupación menor (46%). En menor proporción se encontraron especies Casi amenazadas (8%) y Vulnerables (4%) (Fig. 3).

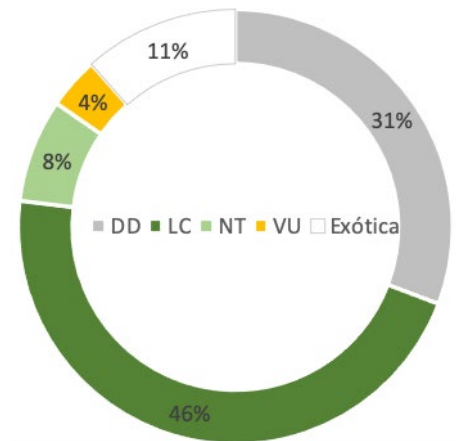
Por otra parte, la identificación de especies de peces de pequeño porte es de vital importancia, ya que son un grupo poco explorado, de los cuales se desconoce la biología y ecología (Ricardo M C Castro & Polaz, 2020), lo que se refleja en los resultados obtenidos, donde el 31% de especies poseen datos insuficientes (Tab. 2 y Fig. 3). Los datos insuficientes, no necesariamente reflejan una baja vulnerabilidad, esto puede deberse a la falta de estudios en el área o por estar constituidos de especies raras que pueden estar amenazadas por poseer densidades poblacionales bajas.

De manera general, en América Latina se ha descuidado la conservación de la diversidad de peces (Pelicice et al., 2017), sin embargo, debido a que la mayor diversidad de peces Neotropicales ocupan ríos con vegetación marginal (Albert et al., 2020), las estrategias de conservación planteadas por el GAD Provincial de Santo Domingo de los Tsáchilas, garantizarán, además de la permanencia del área boscosa, la conservación de la diversidad de peces de riachuelo. En este sentido, las propuestas de áreas de conservación presentan un valor importante en términos de conservación ictiológica.

El índice de similitud determinó diferencias en la composición de especies del Parque Kasama (KS) y El Manantial (MT). En el Parque Kasama predominan especies exóticas (Tab. 2 y Fig. 4) muy probablemente debido a que este local se encuentra en el área urbana, por lo que presenta alta carga de nutrientes que causan eutrofización, provocando la presencia de especies de la familia Poeciliidae, las cuales son características de ambientes perturbados (Carbajal-Becerra et al., 2020; Montag et al.,

**Figura 3**

Estado de conservación de las especies identificadas.



LC: Preocupación menor, DD: Datos Insuficientes, NT: Casi amenazada, VU: Vulnerable

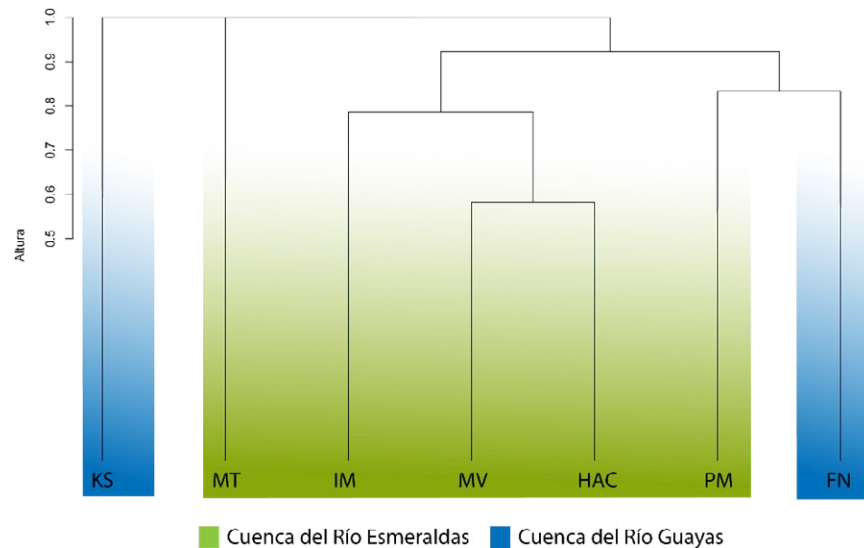
2011). En el Parque Kasama se encontró una baja riqueza de especies nativas (1 spp.), tal vez debido a la perturbación del ambiente o simplemente por la presencia de especies exóticas (Milardi et al., 2019). Por el contrario, la diferencia en El Manantial se debe a que este local se ubica a 1700 metros sobre el nivel del mar (Fig. 1), por lo que posee una riqueza única, y totalmente diferente al resto de propuestas de áreas de conservación, lo cual concuerda con las especies ahí existentes, siendo estas encontradas únicamente en la parte alta de la región andina (Jiménez et al., 2015) (Tab. 2).

Las propuestas de áreas de conservación denominadas Mundo Verde (MV), Herminia Calazacón & Alfonso Aguavil (HAC) e Isla de los Monos (IM), presentan mayor similitud en la composición de especies debido a que se encuentran en la misma cuenca hídrica del Río Esmeraldas y próximas geográficamente (Fig. 1 y 4). El Parque de los Monos (PM) y Finca Agroecológica La Floreana (FN), presentan especies diferentes, sin embargo, al compartir la especie *Brachyhyppopomus palenque*, forman un grupo (Tab. 2 y Fig. 4).

## CONCLUSIONES

**Figura 4**

*Dendrograma de similitud entre las propuestas de áreas de conservación.*



Parque Kasama (KS) y Finca Agroecológica La Floreana (FN), El Manantial (MT), Mundo Verde (MV), Isla de los Monos (IM), Herminia Calazacón & Alfonso Aguavil (HAC) y Parque de los Monos (PM).

A pesar del bajo muestreo, se ha demostrado que la provincia posee gran riqueza de especies, por lo que trabajos con una muestra mayor, podrían reflejar la diversidad real de la provincia. Por consiguiente, es importante realizar colaboraciones con centros de investigación que ayuden a explorar la diversidad real de este taxón.

La presencia de especies con datos insuficientes, casi amenazados y vulnerables en las propuestas de áreas de conservación, determinan la importancia de mantener dichos locales.

Por otro lado, la diversidad de especies de la zona alta de la cuenca del Río Esmeraldas posee una riqueza diferente a la de la zona baja, de esta manera garantizar la conservación de estos espacios permitirán la permanencia de especies endémicas de la región.

**AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos el apoyo en campo al Sr. Jean Carlos Herrera, así mismo, a la Prefecta de Santo Domingo de los Tsáchilas la Abg. Johana Nuñez por el apoyo político en la conservación de los recursos naturales de la provincia.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Albert, J. S., Tagliacollo, V. A., & Dagosta, F. (2020). Diversification of Neotropical Freshwater Fishes. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 51(1), null. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-011620-031032>

Carbajal-Becerra, O., Olvera-Rodríguez, K. J., Souza, G. M. de, Durán-Rodríguez, O. Y., Ramírez-García, A., & Ramírez-Herrejón, J. P. (2020). Trophic strategies of the invasive Twospot livebearer (*Pseudoxiphophorus bimaculatus*, Teleostei: Poeciliidae) in a gradient of environmental quality in central Mexico. *Neotropical Ichthyology*, 18(2). <https://doi.org/10.1590/1982-0224-2019-0080>



- Castro, R. M. C. (1999). Evolução da Ictiofauna de riachos Sul-americanos: padrões gerais e possíveis processos causais. En E. P. R. Caramaschi, R. Mazzoni, & P. R. Peres- Neto (Eds.), *Ecologia de Peixes de Riachos. Série Oecologia Brasiliensis* (Vol. 06, Número 01, pp. 139-155). PPGC-UFRJ. <https://doi.org/10.4257/oeco.1999.0601.04>
- Castro, Ricardo M C, & Polaz, C. N. M. (2020). Small-sized fish: the largest and most threatened portion of the megadiverse neotropical freshwater fish fauna. *Biota Neotropica*, 20(1), e20180683. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2018-0683>
- Crampton, W. G. R., Santana, C. D. de, Waddell, J. C., & Lovejoy, N. R. (2016). A taxonomic revision of the Neotropical electric fish genus *Brachyhypopomus* (Ostariophysi: Gymnotiformes: Hypopomidae), with descriptions of 15 new species. En *Neotropical Ichthyology* (Vol. 14, Número 4). <https://doi.org/10.1590/1982-0224-20150146>
- Francisco, P. R., & Ramiro, S. B. (2017). The species of hemiancistrus (Siluriformes: Loricariidae) from Ecuador. *Zootaxa*, 4272(2), 221-235. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4272.2.4>
- Hernández, C. L., Ortega-Lara, A., Sánchez-Garcés, G. C., & Alford, M. H. (2015). Genetic and Morphometric Evidence for the Recognition of Several Recently Synonymized Species of Trans-Andean *Rhamdia* (Pisces: Siluriformes: Heptapteridae). *Copeia*, 103(3), 563-579. <https://doi.org/10.1643/ci-14-145>
- Iriondo, J. M. (2000). Taxonomía y conservación: dos aproximaciones a un mismo dilema. *Portugaliae Acta Biologica*, 19(1), 1-7.
- Jiménez, P., Aguirre, W., Laaz, E., Navarrete, R., Nugra, F., Robolledo, E., Zarate, E., Torres, A., & Valdiviezo, J. (2015). Guía de peces para aguas continentales en la vertiente occidental del Ecuador.
- Lévêque, C., Oberdorff, T., Paugy, D., Stiassny, M. L. J., & Tedesco, P. A. (2008). Global diversity of fish (Pisces) in freshwater. *Hydrobiologia*, 595(1), 545-567. <https://doi.org/10.1007/s10750-007-9034-0>
- Milardi, M., Gavioli, A., Soininen, J., & Castaldelli, G. (2019). Exotic species invasions undermine regional functional diversity of freshwater fish. *Scientific Reports*, 9(17921), 34-38. <https://doi.org/https://doi.org/10.1038/s41598-019-54210-1>
- Montag, L. F. de A., Freitas, T. M. da S., Raiol, R. D. de O., & Silva, M. V. da. (2011). Length-weight relationship and reproduction of the guppy *Poecilia reticulata* (Cyprinodontiformes: Poeciliidae) in urban drainage channels in the Brazilian city of Belém. *Biota Neotropica*, 11(3), 93-97. <https://doi.org/https://doi.org/10.1590/S1676-06032011000300007>
- Musilová, Z., Říčan, O., Říčanová, Š., Janšta, P., Gahura, O., & Novák, J. (2015). Phylogeny and historical biogeography of trans-Andean cichlid fishes (Teleostei: Cichlidae). *Vertebrate Zoology*, 65(3), 333-350.
- Nugra-Salazar, F., Segovia, E., Benítez, M., & Reinoso, D. (2016). Guía metodológica para el biomonitorio de macroinvertebrados e ictiofauna en la Cuenca del Río Napo. SENAGUA.
- Oksanen, J., Blanchet, F. G., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlinn, D., Minchin, P. R., O'Hara, R. B., Simpson, G. L., Solymos, P., M. Henry H. Stevens, Eduard Szoecs, H. W. O., F. Guillaume Blanchet, M. F., Roeland Kindt, Pierre Legendre, Dan McGlinn, P. R. M., O'Hara, R. B., Simpson, G. L., Solymos, P., M. Henry H. Stevens, E. S., & Wagner, H. (2016). *vegan: Community Ecology Package* (2.4-0). <https://cran.r-project.org/web/packages/vegan/index.html>
- Pelicice, F. M., Azevedo-Santos, V. M., Vitule, J. R.



S., Orsi, M. L., Junior, D. P. L., Magalhães, A. L. B., Pompeu, P. S., Petrere, J. M., & Agostinho, A. A. (2017). Neotropical freshwater fishes imperilled by unsustainable policies. *Fish and Fisheries*, 18(6), 1-15. <https://doi.org/10.1111/faf.12228>

Rasband, W. (2020). ImageJ. En U. S. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA (1.8.0\_112; p. //imagej.nih.gov/ij/).

Tobes, I., Falconí-López, A., Valdiviezo-Rivera, J., & Provenzano-Rizzi, F. (2020). A new species of *Microglanis* (Siluriformes: Pseudopimelodidae) from the Pacific slope of Ecuador. *Neotropical Ichthyology*, 18(2), 1-19. <https://doi.org/10.1590/1982-0224-2019-0023>

Toussaint, A., Charpin, N., Brosse, S., & Villéger, S. (2016). Global functional diversity of freshwater fish is concentrated in the Neotropics while functional vulnerability is widespread. *Scientific Reports*, 6(March), 1-9. <https://doi.org/10.1038/srep22125>



# Revista MINERVA

Plataforma digital de la revista: <https://minerva.sic.ues.edu.sv>



## Medidor de relación de eficiencia energética de bajo costo para aires acondicionados de ventana y unidades separadas

### Low-cost energy efficiency ratio meter for window and separate unit air conditioners

Carlos Pocasangre<sup>1</sup>, Manfred Gonzalez<sup>1</sup>

Correspondencia:  
[carlos.pocasangre@ues.edu.sv](mailto:carlos.pocasangre@ues.edu.sv)

Presentado: 12 de marzo de 2021  
Aceptado: 30 de mayo de 2021

<sup>1</sup> Escuela de Ingeniería Eléctrica, Universidad de El Salvador

#### RESUMEN

La investigación muestra el proceso de diseño y construcción de un medidor de relación de eficiencia energética (EER) para aires acondicionados de ventana y unidades separadas (o mini-split). El instrumento realiza las mediciones de corriente y tensión para el cálculo de potencia, así como la temperatura y humedad relativa (de entrada y salida) del aire acondicionado. Además, tiene la capacidad de almacenar los datos en una memoria SD, lo cual permite determinar los promedios de las mediciones. El medidor fue diseñado empleando software y hardware libre, poniendo énfasis en la reducción de costos en su elaboración.

**Palabras clave:** Relación de Eficiencia Energética (EER), Aire acondicionado, Tensión, Corriente, Potencia, Arduino, Sistemas Embebidos.

#### ABSTRACT

This investigation shows the process of design and construction of an energy efficiency ratio (EER) meter for window air conditioners and mini-split units. The instrument performs measurements of current and voltage for power calculation, as well as temperature and relative humidity of the air conditioner. In addition to provide specific measurements, it has the ability to store data in a SD card, which allows to calculate the average of the measurements. The full meter was designed using free software and hardware, emphasizing on the costs reduction in its elaboration.

**Key words:** Energy Efficiency Ratio (EER), Air conditioner, Voltage, Current, Power, Arduino, Embedded Systems.

## INTRODUCCIÓN

En el pasado se ponía poca atención, en general, a la conservación de la energía empleada por los sistemas de calefacción, ventilación y acondicionamiento de aire, debido al costo relativamente bajo del combustible. Los aumentos bruscos de los precios y la preocupación acerca de escasez de combustibles han cambiado esta situación, además del impacto medio ambiental. Ya no es opcional el empleo de estudios de energía y técnicas de conservación, por parte del diseñador, contratista o personal de operación en el campo del acondicionamiento del aire. Actualmente para el cálculo de eficiencia energética, es necesario realizar distintas mediciones puntuales instantáneas y así observar el comportamiento de un equipo, por lo que se necesita una cantidad considerable de equipos de medición, introduciendo así el error debido al operador de cada uno de ellos. Con el prototipo propuesto se obtienen resultados de la variación de la Relación de Eficiencia Energética (EER por sus siglas en inglés) de forma automática durante un periodo prolongado; este periodo corresponde al tiempo de funcionamiento que la máquina de climatización permanece en operación y como resultado proporciona la medida de eficiencia energética promedio. Al final se reduce la intervención humana en la toma de datos, y reduce drásticamente el error debido al operador. Al analizar los datos obtenidos, se puede estimar si la máquina de climatización requiere un mantenimiento preventivo, lo que reduce el costo energético y el impacto ambiental que puede ocasionar una máquina de climatización operando de forma incorrecta.

## REVISIÓN DE LITERATURA

Con la misma visión de optimizar el funcionamiento de los sistemas eléctricos para

reducir el consumo de recursos, y el avance de la tecnología, se han creado herramientas que facilitan la medición de consumo eléctrico. Open Energy Monitor (2014) nos propone un amplio catálogo de equipos de medición energético de alta tecnología, ideales para el monitoreo de diversos dispositivos eléctricos bajo operación, no obstante, se observa la dificultad de adquisición de estos instrumentos debido a su alto costo.

El uso de sistemas embutidos basados en Arduino se ha popularizado para distintas aplicaciones gracias a su facilidad de uso y a su amplio catálogo de accesorios de bajo costo. Gertz & DiJusto (2012) exponen el uso básico de Arduino y distintos módulos compatibles, entre ellos sensores de diferentes tipos, displays y distintos pads con los cuales en conjunto se pueden realizar múltiples aplicaciones.

DIVERTEKA (2014) nos presenta la implementación del sensor DCT-013-030 no invasivo, este tiene la capacidad de medir el consumo de un cable eléctrico de una forma sencilla y efectiva, hace uso de sistemas embutidos basados en arduino, a su vez nos presenta una alternativa del software necesario para la toma correcta de datos: ArduPower\_DVTK.ino.

Por tal razón, el medidor de eficiencia energética de bajo costo para aires acondicionados de ventana y unidades separadas, ofrece una alternativa ingeniosa para satisfacer la necesidad de medición del consumo energético de los equipos, a su vez calcula su eficiencia energética como posible diagnóstico del funcionamiento de estos.

## DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Ante la necesidad de conocer la eficiencia energética de los equipos, se pretende diseñar y construir un prototipo de medidor con software y hardware libre, de bajo costo y que calcule la

relación de eficiencia energética (EER) de un aire acondicionado de ventana y mini Split. Más específicamente, se pretende comprender, analizar y desarrollar las ecuaciones termodinámicas y psicrométricas que describen el funcionamiento de las máquinas de calor; familiarizarse con el procedimiento que lleva a cabo un aire acondicionado para retirar el calor de una habitación; diseñar y desarrollar un algoritmo para automatizar el cálculo de la Relación de Eficiencia Energética EER; y por último, diseñar y desarrollar la instrumentación necesaria para el monitoreo de las variables físicas que intervienen en el cálculo de la relación de eficiencia energética de un aire acondicionado.

## MARCO TEÓRICO

### La relación de eficiencia energética

El equipo de refrigeración y acondicionamiento de aire consume potencia (y no la produce). La eficiencia es una medida de la producción de potencia por un motor, y por lo tanto no tiene significado cuando se aplica a equipos que consumen energía. Por ende, según Rodríguez (2016), el coeficiente de funcionamiento (Coefficient of Performance, COP) es una medida útil definida de tal manera que mida y compare el funcionamiento del equipo de acondicionamiento de aire y de refrigeración:

$$\text{COP} = \frac{\text{Capacidad útil de enfriamiento}}{\text{Consumo equivalente de energía}} \quad (\text{Ec. 1})$$

El COP es una buena medida de la conservación de energía debido a que siempre se desea obtener la mayor cantidad de enfriamiento con un valor mínimo de consumo de energía. Otra medida de conservación de energía semejante al COP es la relación de eficiencia energética (Energy Efficiency Ratio, EER).

$$\text{ERR} = \frac{\text{Capacidad útil de enfriamiento en BTU/h}}{\text{Consumo de potencia, en Watts}} \quad (\text{Ec. 2})$$

La EER tiene exactamente los dos términos que el COP, pero se expresa en diferentes unidades. La EER se ha establecido porque su uso y comprensión es más fácil para el consumidor. Es requisito legal que los fabricantes de equipos de aires acondicionados identifiquen la EER de sus productos. En resumen, EER es el cociente de la potencia térmica removida del ambiente entre la potencia eléctrica consumida por el equipo. La potencia térmica se mide en BTU/h y la eléctrica en watts dando como resultado EER en la razón de energía térmica removida contra la energía eléctrica consumida (BTU/W-h). El EER mínimo lo establece una norma de eficiencia energética y el valor depende de las capacidades de los equipos de aire acondicionado.

### Unidades de potencia empleadas en refrigeración

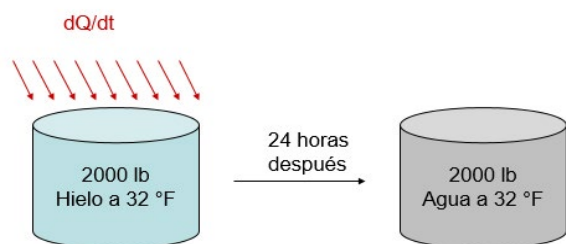
La mayoría de los aires acondicionados tienen su capacidad nominal expresada en unidades térmicas británicas o BTU. Según Thompson & Taylor (2008) un BTU es la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de 1 libra (0,45 kilogramos) de agua en un grado Fahrenheit (0,56 grados Celsius). Una BTU es igual a 1.055 julios. En el calentamiento y enfriamiento de términos, una tonelada es igual a 12,000 BTU. Por ejemplo, un típico aire acondicionado de ventana puede ser clasificado en 10,000 BTU.

Tonelada de refrigeración (TRF): la tonelada de refrigeración es la unidad nominal de potencia empleada en algunos países, especialmente de Norteamérica, para referirse a la capacidad de extracción de carga térmica (enfriamiento) de los equipos frigoríficos y de aire acondicionado.

Puede definirse como la cantidad de calor latente absorbida por la fusión de una tonelada corta de hielo sólido puro en 24 horas; en los equipos, esto equivaldría a una potencia capaz de extraer 12 000 BTU por hora, lo que en el Sistema Internacional de Unidades (SI) equivale a 3517 W. Como se representa en la Figura 1.

**Figura 1**

Representación de las toneladas de refrigeración (Tecnológico de Monterrey).



Si partimos de que para convertir una libra de hielo en una libra de agua líquida se ocupan 144 BTU, y de que una tonelada corta equivale a 2000 libras, al multiplicar 144\*2000, tenemos que durante el proceso se absorberán 288 000 BTU del ambiente. A efecto de convertir este valor en una medida nominal, se consideró un período de 24 horas, por lo que al dividir los 288 000 BTU por las 24 horas, el resultado es: 288000/24 = 12 000 BTU/h.

$$Q = \frac{dQ}{dt} = (2.000, lb) \times \left(144, \frac{BTU}{lb}\right) \times \frac{1}{24, h} = 12,000 \frac{BTU}{h}$$

(Ec. 3)

**Cálculo del EER de una unidad de Aire Acondicionado**

De acuerdo con ASHRAE (2014), para el cálculo del ERR de una unidad de aire acondicionado de ventana se necesitan realizar las mediciones de algunos parámetros, tales como la velocidad del aire a la salida del evaporador, el área del ducto

$$A = \frac{c_1}{T_e + 273.15} + c_2 + c_3 * (T_e + 273.15) + c_4 * (T_e + 273.15)^2 + c_5 * (T_e + 273.15)^3 + c_6 * \ln (T_e + 273.15)$$

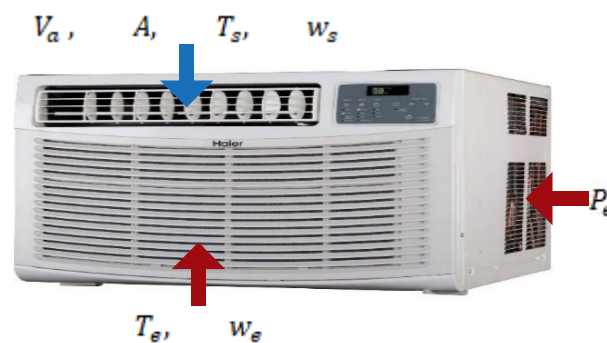
$$P_{s_{entrada}} = e^A$$

(Ec. 7)

de salida, la potencia eléctrica, la temperatura de entrada y de salida del evaporador, así como la humedad relativa de entrada y salida, como se muestra en la Figura 2. Para los cálculos se debe considerar la definición de las variables y constantes presentadas en la Tabla 1.

**Figura 2**

Esquema de las variables medidas para el cálculo del EER (Tecnológico de Monterrey).



Primero se encuentra flujo de aire a la salida del evaporador:

$$m_a = V_a * A * \rho_a$$

(Ec. 4)

Se calcula el delta de temperaturas:

$$\Delta T = T_e - T_s$$

(Ec. 5)

Se calcula el calor sensible en kW:

$$Q_{sen} = m_a * Cp_a * \Delta T$$

(Ec. 6)

Usualmente para encontrar el valor de weywsse hace por medio de la carta psicrométrica. Pero en este caso se hace uso de unos polinomios cuyas soluciones son proporcionales a las lecturas de la carta psicrométrica. La presión de saturación de entrada se define como:

**Tabla 1**

Variables y constantes utilizadas en el cálculo del EER.

Variable	Descripción / Valor	Unidades
$V_a$	Velocidad del aire a la salida del evaporador	m / s
Aa	Área de del ducto de salida del evaporador	M
$\rho_a$	Densidad del aire / <b>1.1961.196</b>	kg / m <sup>3</sup>
$Q_{Sen}$ y $Q_{Lat}$	Calor sensible y calor latente respectivamente	kW
$w_e, w_s$	Relación de humedad específica de entrada y de salida respectivamente	kgH <sub>2</sub> O/kgAseco
$\Delta W$	Diferencia de humedad específica.	kgH <sub>2</sub> O/kgAseco
$C_{p_a}$	Calor específico del aire / 1.007	kJ / kg K
$\Delta H_{vH_2O}$	Calor latente de vaporización del agua / 2257	kJ / kgH <sub>2</sub> O
pA	Presión atmosférica / 101.325	kPa
Raire	/ 286.9	J / kg K
Rvapor	/ 461.5	J / kg K
Te y Ts	Temperatura de entrada y salida	°C
He y Hs	Humedad relativa de entrada y salida respectivamente	%
I <sub>rms</sub>	Corriente eficaz	A
V <sub>rms</sub>	Tensión eficaz	V
Pe	Potencia de entrada	W
Ma	Flujo de aire en la salida del evaporador	kg / s
EER	Relación de eficiencia energética	-
c1	/ -5800.22006	-
c2	/ -5.516256	-
c3	/ -0.048640239	-
c4	/ 0.000041764768	-
c5	/ -0.000000014452093	-
c6	/ 6.5459673	-

Mientras que la presión de saturación de salida se define como:

$$B = \frac{c_1}{T_s + 273.15} + c_2 + c_3 * (T_s + 273.15) + c_4 * (T_s + 273.15)^2 + c_5 * (T_s + 273.15)^3 + c_6 * \ln (T_s + 273.15)$$

$$P_{S_{Salida}} = e^B \quad (\text{Ec. 8})$$

Relación de humedad entrada se define como:

$$W_e = \frac{R_{aire}}{R_{vapor}} * \frac{H_e}{100} * \frac{P_{S_e}}{pA + \left(\frac{H_e}{100}\right) * P_{S_e}} * 1000 \quad (\text{Ec. 9})$$

De similar manera, la relación de humedad salida se define como:

$$W_s = \frac{R_{aire}}{R_{vapor}} * \frac{H_s}{100} * \frac{P_{S_s}}{pA + \left(\frac{H_s}{100}\right) * P_{S_s}} * 1000 \quad (\text{Ec. 10})$$

Una vez calculado estos valores de la relación de humedad de entrada y salida se calcula el delta de estos valores:

$$\Delta W = w_e - w_s \quad (\text{Ec. 11})$$

Luego se calcula el calor latente en kW:

$$Q_{\text{Lat}} = m_a * \Delta w * \Delta w_{\text{vH}_2\text{O}} \quad (\text{Ec. 12})$$

Una vez calculado el calor sensible y el calor latente se puede encontrar las toneladas de refrigeración del aparato de aire acondicionado:

$$\text{TR} = (Q_{\text{Sen}} + Q_{\text{Lat}}) * \left( \frac{3412 \text{ Btu/h}}{1 \text{ kW}} * \frac{1 \text{ TR}}{12000 \text{ Btu/h}} \right) \quad (\text{Ec. 13})$$

Entonces el índice de eficiencia energética o EER queda de la siguiente manera:

$$\text{ERR} = \frac{(Q_{\text{Sen}} + Q_{\text{Lat}})}{P_e} \quad (\text{Ec. 14})$$

Para expresar el EER en **Btu/W.h** se hace lo siguiente:

$$\text{ERR} = \frac{(Q_{\text{Sen}} + Q_{\text{Lat}}) * \left( \frac{3412 \text{ Btu/h}}{1 \text{ kW}} \right)}{P_e} \quad (\text{Ec. 15})$$

## Introducción a la potencia AC.

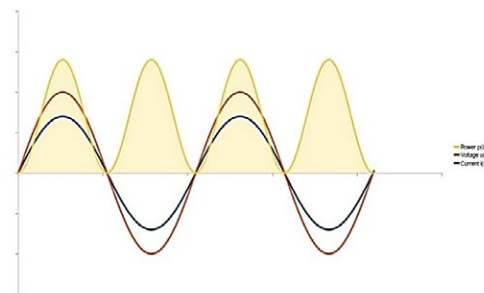
No todas las cargas interactúan con el sistema eléctrico de la misma manera. Los principales tipos de carga son: las cargas resistivas y las cargas reactivas. Las lámparas incandescentes, hervidores de agua, planchas, calentadores de agua eléctricos, etc. todos son cargas que poseen un comportamiento sencillo ya que utilizan toda la energía que se les suministra. Estas se clasifican como cargas resistivas; significa que su consumo de corriente es igual a la tensión dividida por su resistencia. Una carga

puramente resistiva da una forma de onda de tensión y de corriente a la salida como la que se ve en la figura 3. En la cual la línea amarilla es la potencia en un momento dado (potencia instantánea), que es igual al producto de la tensión y la corriente en un momento dado. Nótese cómo la potencia es siempre positiva en este caso, la potencia positiva indica que la energía fluye hacia la carga.

Según CONACYT 2014, los aparatos como neveras, lavadoras, taladros, soldadores de arco y los modernos aires acondicionados ya no tienen un comportamiento sencillo; ya que estas cargas toman una cierta cantidad de energía y luego liberan un poco de energía de vuelta a la red eléctrica. Estas cargas o impedancias poseen una componente inductiva (por ej. motores) o una componente capacitiva (por ej. los soldadores de arco), además de la componente resistiva. Una carga parcialmente inductiva tiene una forma de onda de tensión y corriente como se muestra en la figura 3 y figura 4. Se observa cómo la línea amarilla ahora se hace negativa por un período de tiempo, la parte positiva es la energía que fluye a la carga y la parte negativa es la energía que fluye de vuelta hacia la red eléctrica. El otro factor por considerar es que la forma de onda de voltaje y la forma de onda de la corriente se han desplazado.

**Figura 3**

Gráfica de Tensión (rojo), corriente (azul), potencia (amarillo) de una carga resistiva

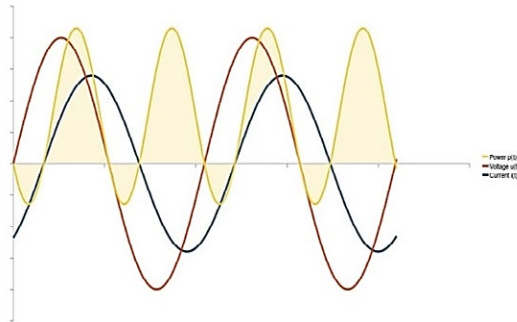


Fuente: Open Energy Monitor, s.f.



#### Figura 4

Gráfica de Tensión (rojo), corriente (azul), potencia (amarillo) de una carga parcialmente inductiva.



Fuente: Open Energy Monitor, s.f.

## SISTEMAS PROPUESTOS PARA MONITOREO DE EER

### Microcontroladores

En su trabajo, Gertz & DiJusto (2012) explicaron ampliamente las posibilidades de los dispositivos Arduino para la implementación de sistemas medidores de energía. con base a eso, se opta por utilizar una placa con un microcontrolador Atmel-AVR y puertos de entrada/salida. Los microcontroladores usados son el Atmega328 (figura 5) y ATmega32U4 (figura 6) por su sencillez y bajo costo, estos permiten el desarrollo de múltiples diseños; cuyas características se describen en la tabla 2. Por otro lado, el software consiste en un entorno de desarrollo que implementa el lenguaje de programación Processing/Wiring y el cargador de arranque (bootloader) que corre en la placa y mediante el cual se cargan los códigos transformados de ANSI C a Código Máquina HEX en el microcontrolador.

### Reloj de Tiempo Real (RTC).

La mayoría de los microcontroladores, incluido el ATmega de los Arduino, tienen una función integrada para mantener el tiempo llamada 'millis()', también hay temporizadores en

el chip que pueden realizar el seguimiento durante periodos más largos por ejemplo minutos o días. Entonces ¿para qué se necesita un chip RTC por separado? Pues uno de los mayores motivos es que 'millis()' solo realiza el seguimiento del tiempo desde que el Arduino es alimentado. Eso significa que cuando el Arduino es iniciado el temporizador de los milisegundos se reinicia a cero. El Arduino no sabe la fecha ni hora, lo único que sabes es que han pasado 14,000 milisegundos desde que fue energizado.

El DS1307 es un reloj/calendario de baja potencia, completo con 56 bytes de SRAM no-volátil. Como ya se ha mencionado, el reloj/calendario del DS1307, provee información de segundos, minutos, horas, día, fecha, mes y año. La fecha al final del mes durante los meses con menos de 31 días se ajusta automáticamente e incluye las correcciones para el año bisiesto. El reloj funciona en cualquiera de los formatos de hora (24 horas o 12 horas con indicador AM/PM). El DS1307 tiene un circuito integrado en el sensor de energía que detecta los fallos de alimentación y cambia automáticamente a la fuente de respaldo de seguridad.

El acceso a los datos se obtiene mediante la aplicación de una condición de inicio (start) y la prestación de un código de identificación del dispositivo (0x68), seguido de una dirección de registro. Los registros posteriores se pueden acceder de forma secuencial. El DS1307 viene en un paquete de 8-pines DIP, además de otros formatos. El DS1307 cuenta en formato BCD. El DS1307 utiliza un cristal externo de 32.768kHz. El circuito oscilador no necesita resistencias o condensadores externos para funcionar. La programación del DS1307 se realiza mediante el bus I2C. Los pines de SDA y SCL se conectan a las entradas A4 y A5 respectivamente del Arduino UNO en este caso. En la figura 7 se muestra el dispositivo físico del RTC DS1307, y en la figura 8 se muestra el diagrama de

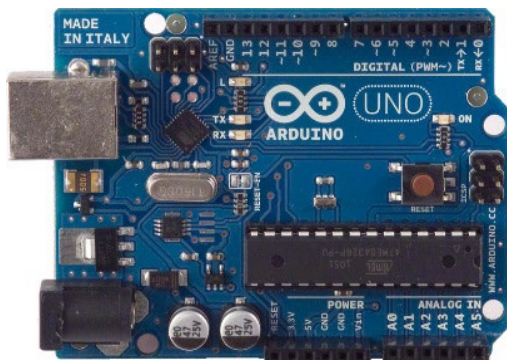
conexión para el mismo.

### Sensor digital de temperatura y humedad relativa RHT03

El RHT03 es un sensor digital de temperatura y humedad de bajo costo, como se muestra en la figura 9. Se utiliza un sensor de humedad capacitivo y un termistor para medir el aire circundante, y da una señal digital en el pin de datos. En la tabla 3 se muestran las características y las especificaciones técnicas de dicho sensor.

**Figura 5**

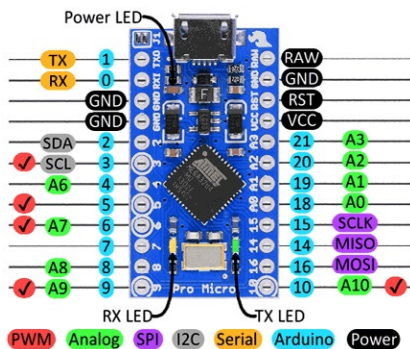
Arduino UNO ATmega328



Fuente: Arduino Inc, 2013

**Figura 6**

Sparkfun pro-micro 16MHz



Fuente: SparkFun Electronics, s.f.

**Figura 7**

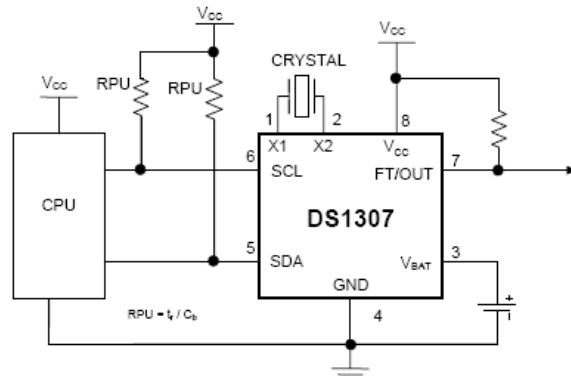
Reloj de tiempo real RTC DSI307, con batería de respaldo.



Fuente: SparkFun Electronics, s.f.

**Figura 8**

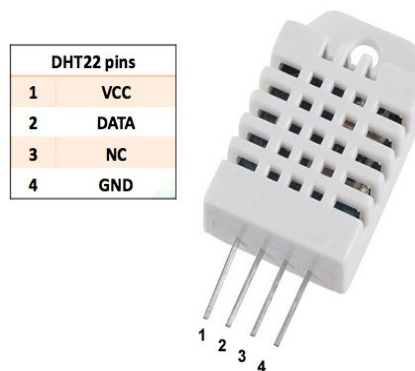
Conexión del RTC DSI307



Fuente: Hispavilla, s.f.

**Figura 9**

Forma física del sensor RHT03



Fuente: SparkFun Electronics, s.f.

**Tabla 2**
*Características Placas Arduino.*

<b>Característica</b>	<b>UNO (ATMEGA328)</b>	<b>Micro (ATMEGA32u1)</b>
Microcontrolador	ATmega328	ATmega32u1
Voltaje de alimentación	5V	5V
Rango de alimentación	7-12V	7-12V
Input Voltage	6-20V	6-20V
Digital I/O Pins	14 ( 6 salidas PWM)	12 (5 salidas PWM)
Entradas analógicas	6	4
DC Current per I/O	40 mA	40 mA
DC Current for 3.3V	50 mA	50 mA
Flash Memory	32K de los cuales 0.5KB son usados por el bootloader	32K donde 4KB son usados por el bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328)	2.5 KB (ATmega32u4)
EEPROM	1 KB (ATmega328)	1 KB (ATmega32u4)
Clock Speed	16 MHz	16 MHz

**Tabla 3**
*Características y especificaciones del sensor RHT03.*

<b>Características</b>	<b>Especificaciones técnicas:</b>
Alta precisión	Elemento sensitivo: capacitor de humedad de polímero.
Tipo capacitivo	Rango de operación: humedad 0-100%, temperatura -40 a 80°C
Rango completo de temperatura compensado	Precisión: humedad +-2%HR (Max. +-5%); temperatura +-0.5°C
Medición de temperatura y humedad relativa	Resolución o sensibilidad: humedad 0.1%HR; temperatura 0.1°C
Señal digital calibrada	Repetitividad: humedad +-1%HR, temperatura +-0.2°C
No necesita componentes extras	Histéresis de humedad: +-0.3%HR
Larga distancia de transmisión, hasta 100 metros	Estabilidad a largo plazo: +-0.5%HR/año
Bajo consumo de energía	

### Teclado analógico [PRT-12080 - VKey Voltage Keypad].

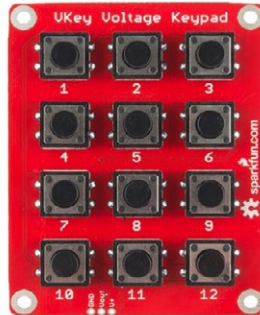
Al realizar proyectos con microcontroladores, uno de los problemas es la falta de entradas, una posibilidad es utilizar una entrada analógica, a la que se conecta un divisor

de tensión entre 5V y tierra con múltiples resistencias. Si puenteamos las resistencias con pulsadores, el valor de tensión medido en la entrada analógica variará, obteniéndose un valor concreto con cada pulsador. Mediante software asociaremos cada valor a un pulsador. Este es un teclado analógico simple; con el que se puede proveer de un keypad o teclado al

microprocesador sin usar múltiples entradas/ Salidas. Posee 12 pulsadores en un arreglo de 3x4, como se observa en la Figura 10. El VKey opera emitiendo una tensión analógica para codificar la tecla que se ha pulsado.

**Figura 10**

Sparkfun teclado analógico 4x3



Fuente: SparkFun Electronics, s.f.

Para conocer las lecturas reales del teclado se conectó el pin de salida del teclado a una de las entradas analógicas del Arduino UNO y con la función 'analogRead()' se tabuló el valor devuelto por el Arduino a medida que se presionaba cada tecla las cuales se muestran en la tabla 5. Cabe mencionar que los valores de las mediciones varían ya que al mismo tiempo que se realizan lecturas analógicas se está comunicando mediante el protocolo I2C utilizando los pines A4 y A5 que son los pines SCL y SDA respectivamente. Para establecer una lectura de forma correcta de las teclas presionadas se tomaron los valores de las lecturas mínimas y máximas presentadas al presionar respectivamente cada tecla.

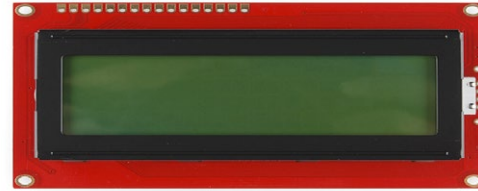
### **Basic 5V 20x4 Character LCD - Negro sobre Verde (GDM2004D).**

Este es un display básico de 20 caracteres por 4 líneas. Utiliza el chipset HD44780, interfaz paralela extremadamente común. Se necesita por lo general 11 pines I/O para interactuar con

la pantalla LCD incluyendo la luz led de fondo. En la Figura 11 se muestra este dispositivo.

**Figura 11**

LCD display 20x4 caracteres



Fuente: SparkFun Electronics, s.f.

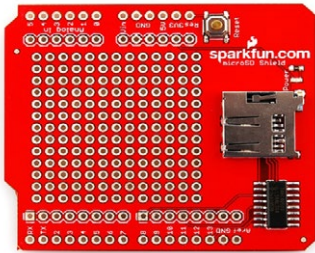
### **SparkFun microSD Shield DEV-12761**

Esta microSD shield tiene un chip regulador de voltaje que convierte la alimentación de 5V proveniente del Arduino a 3.3V de acuerdo con las especificaciones de la tarjeta SD. La Shield microSD equipa la tarjeta Arduino con capacidad de almacenamiento masivo, por lo que se puede utilizar para los datos de registro u otros proyectos relacionados. La comunicación con las tarjetas microSD se consigue a través de la interfaz de SPI. En los pines SCK, DI y DO del socket del microSD se alojan los pines SPI estándar del Atmega168/328 (entradas digitales 11, 12 y 13), mientras que el pin CS se encuentra en la entrada digital D8.

La mayoría de las librerías asumen que el pin CS está conectado a la entrada D10 del Arduino; este debe ser cambiado al D8. Además, para que las librerías trabajen con el pin D8 esta debe ser configurada como salida en la sección "setup()" del sketch. El shield también incluye un área grande para prototipos con una cuadrícula de 13x12. También incluye un socket para la microSD, un led rojo indicador y un botón de reset, así como se puede apreciar en la Figura 12.

**Figura 12**

Sparkfun microSD shield



Fuente: SparkFun Electronics, s.f.

### Sensor de corriente no invasivo (Transformador de corriente o pinza de corriente).

Los transformadores de corrientes son dispositivos usados para escalar grandes corrientes en el primario a una menor en el secundario, fácil de medir y manipular para instrumentos y medidores. Similar a los transformadores de voltaje la relación de los devanados determina la relación entre las corrientes de entrada y las de salida. Estos transformadores son herramientas indispensables que facilitan la medición de la corriente AC. Un CT (transformador de corriente por sus siglas en inglés) utiliza la fuerza del campo electromagnético alrededor del cable conductor para formar una corriente inducida en los devanados secundarios.

Este método indirecto de interconexión permite una fácil instalación y proporciona un alto nivel de aislamiento entre los circuitos de medición en el secundario y el circuito primario. Para el medidor de corriente se ha utilizado una pinza de corriente “no invasivo” de núcleo dividido ECS1030-L72 de la empresa ECHUN Electronic Co., Ltd que se muestra en la Figura 13. Este sensor CT en particular medirá una carga de hasta 30 Amperios. Este sensor no tiene una resistencia de carga (burden resistor)

incorporada, por lo que es necesario colocar una en paralelo con la bobina de salida para convertir la corriente inducida por la bobina en un nivel muy pequeño de voltaje medible para el Arduino como se muestra en la figura 14.

**Figura 13**

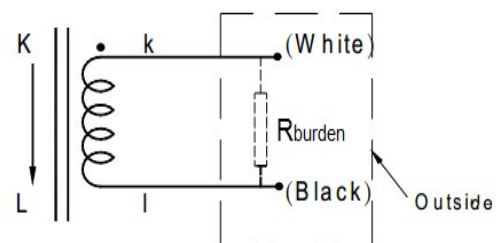
Pinza de corriente de 30A



Fuente: DIVERTEKA, 2014

**Figura 14**

Diagrama de transformador de corriente con resistencia de carga en paralelo



### Transformador de voltaje.

El transformador es un dispositivo que convierte la energía eléctrica alterna de un cierto nivel de tensión, en energía alterna de otro nivel de tensión, basándose en el fenómeno de la inducción electromagnética. Está constituido por dos bobinas de material conductor, devanadas sobre un núcleo cerrado de material ferromagnético, pero aisladas entre sí eléctricamente. La única conexión entre las bobinas la constituye el flujo magnético común



que se establece en el núcleo. Para el medidor de voltaje se utilizó un transformador con 240 V en el primario, y una tensión de 9 voltios en el secundario, como se muestra en la figura 18.

## IMPLEMENTACIÓN DEL MEDIDOR DE EER

### Hardware

#### Medidor de Corriente AC.

Para la medición de corriente se empleó un transformador de corriente tipo pinza no invasivo de núcleo dividido ECS1030-L72 de la empresa ECHUN Electronic Corporation, Lt. Este sensor CT en particular medirá una carga de hasta 30 amperios. El transformador de corriente reducirá la corriente en el primario a una menor en el secundario de forma similar a los transformadores de voltaje; la relación de los devanados determina la relación entre las corrientes de entrada y las de salida. Ahora que se tiene una corriente más pequeña en el lado del secundario se necesita una resistencia de carga en paralelo con la bobina de salida para convertir la corriente inducida por la bobina en voltaje.

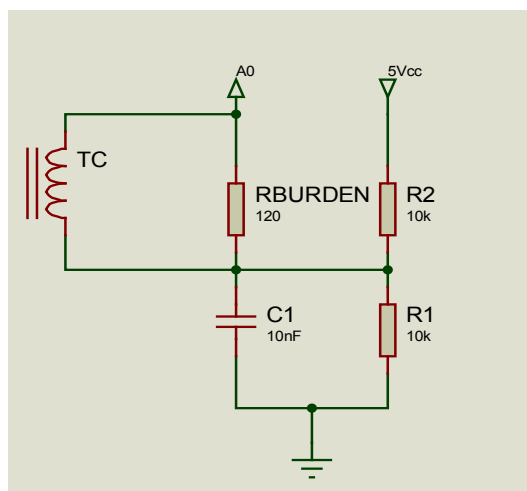
No es recomendable utilizar valores muy grandes de resistencia ni muy pequeños; ya que se puede exceder el voltaje que soporta la entrada del ADC o este puede ser demasiado pequeño en comparación a la resolución del ADC. En este caso se utilizó una resistencia de carga de  $120\Omega$ . Si se tiene que el TC tiene una relación de transformación de 1:2000 y este está diseñado para una corriente nominal de 30A en el primario, entonces en el secundario tendremos una corriente máxima de 15mA con la cual tendremos un voltaje máximo en la resistencia de  $120\Omega$  de 1.80V.

Ya que los convertidores analógico - digital no

pueden leer valores AC es necesario colocar un circuito de acoplamiento que transforme ese voltaje AC en DC. Esto se hace mediante el circuito de acoplamiento de la figura 15 donde se observa que el divisor de tensión formado por R1 y R2 introduce un voltaje de offset a la señal sinodal que se obtiene con la pinza de corriente; desplazando así esa señal al eliminar los cruces por cero y la región negativa. Ahora esta señal que es completamente positiva se introduce en uno de los pines analógicos de la tarjeta Arduino Pro-Micro. Esto se puede apreciar en la figura 16. Como la tensión máxima que se obtiene de la pinza de corriente a 30A es de 1.80V, entonces el voltaje máximo en la entrada analógica del Arduino oscilará de 0.7V a 4.3V y mediante software se encuentra el valor promedio de corriente o IRMS.

**Figura 15**

Circuito de acoplamiento de pinza de corriente



#### Medidor de Tensión AC.

Para el medidor de tensión se utilizó un transformador de 12W con derivación central tanto en el primario como en el secundario de este; contando así con diferentes relaciones de transformación. Al seleccionar los extremos de cada bobina se tiene un voltaje en el primario

de 240V y en el secundario un voltaje de 9V. Esto me da una relación de transformación teórica de 1/26.67, resaltando que los valores de tensión no son los reales, ya que siempre hay pérdidas durante la transformación.

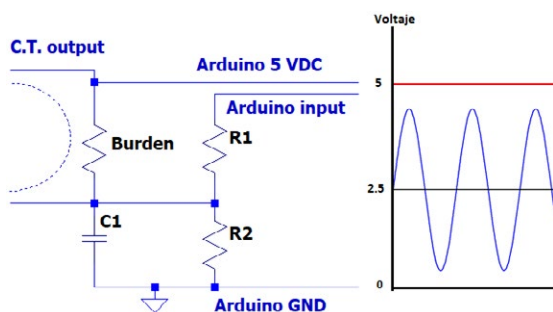
De forma similar que el medidor de corriente, se necesita un circuito de acoplamiento para la señal de entrada. Este se muestra en la figura 17. El divisor de tensión formado por R3 y R4 reducen los 9Vac a una tensión más pequeña, apto para el ADC y las resistencias R1 y R2 de forma similar al circuito de la Figura 15 me establecen un offset de 2.5Vdc.

El comportamiento del circuito de acoplamiento del medidor de voltaje es igual al del medidor de corriente y de igual manera se comporta como el gráfico de la figura 16. Si teóricamente tendremos 9VAC en el secundario cuando haya 240VAC en el primario; entonces esa tensión en el secundario será la tensión de alimentación del divisor de tensión formado por R3 y R4. Por lo que tendremos una tensión máxima en la entrada analógica del ADC de:

$$V_{A0} = \frac{10k}{10k+100k} * 9 \approx 0.82V \quad (\text{Ec. 16})$$

**Figura 16**

Funcionamiento del circuito de acoplamiento de la figura 15



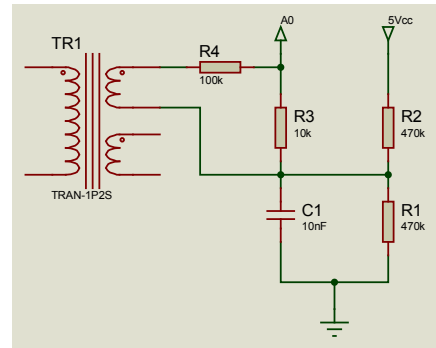
Fuente: Open Energy Monitor, s.f.

Entonces la tensión máxima en la entrada analógica del Arduino oscilará de 1.68V a 3.32V

que son los niveles de tensión que se pueden aplicar sobre la entrada analógica del Arduino y mediante software se encuentra el valor promedio de tensión o VRMS.

**Figura 17**

Circuito de acoplamiento medidor Voltaje



**Figura 18**

Transformador de voltaje monofásico LP-423. 120V/9V, 120V/18V, 240V/9V, 240V/18V



## Montaje

La figura 19 muestra el diseño del circuito para el medidor EER, incluyendo las conexiones entre los demás componentes. Luego de ser armado previamente en una protoboard para comprobar su correcto funcionamiento se realiza el diseño del circuito impreso. En la Figura 20 se muestra un esquema donde se describe el montaje de las tarjetas Arduino, detallando las conexiones de los periféricos como la pantalla LCD, el teclado analógico y los sensores utilizados. Una vez realizadas las pruebas de funcionamiento de los dispositivos y circuitos implementados se realiza el montaje



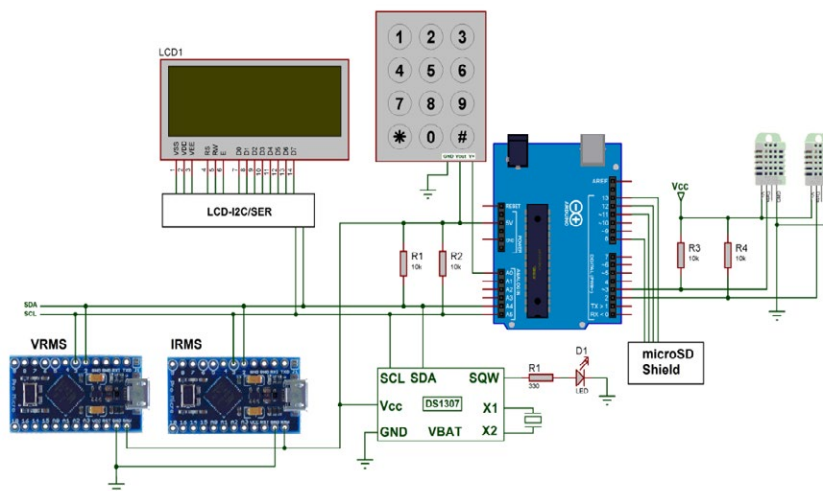
del circuito medidor EER a un chasis de plástico como se muestra en la figura 21. En la figura 22 se muestra el medidor ERR terminado con los accesorios de este, y la interfaz donde se presentan las mediciones. En la parte superior del medidor se encuentran las conexiones para medición de voltaje, corriente y temperatura, y la parte inferior del medidor, las entradas de alimentación a 9 Vdc y 5 Vdc.

En la figura 19 se puede observar la implementación de la tarjeta microSD para la escritura de datos, de tal manera que los datos medidos por el circuito medidor de EER serán presentados mediante una memoria microSD para su posterior análisis en una computadora.

Para el montaje del sensor se usó una base de 4 pines que va montada en una placa perforada la cual se muestra en la figura 23. La forma correcta de instalar el sensor en la base es asegurando que este quede viendo hacia el frente; es recomendable hacer con el medidor apagado para evitar daños al sensor si se realiza una mala conexión. Como el sensor RHT03 necesita de tres líneas para operar se utilizó dos conectores estándar plug hembra de 3.5 mm stereo; uno para la conexión con la base del sensor y el otro para la conexión con el medidor. Para la conexión entre la base del sensor y el medidor se usó un cable de audio comercial de 1.5m de largo, que en ambos extremos cuenta con un plug de 3.5 mm macho.

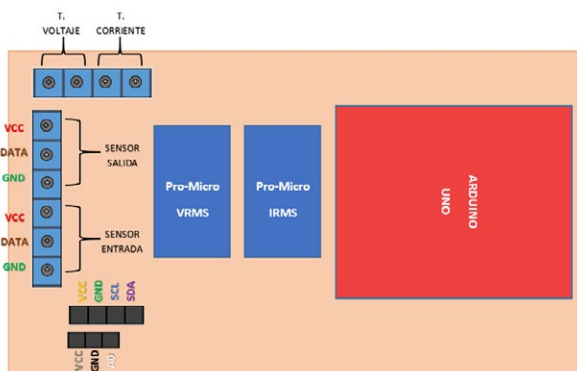
**Figura 19**

*Diseño de circuito de medidor de EER para aires acondicionados.*



**Figura 20**

*Esquema de conexiones con la tarjeta de circuito impreso*



**Figura 21**

*Montaje de circuito medidor en chasis*



**Figura 22**

Prototipo medidor de relación de eficiencia energética finalizado



**Figura 23**

Montaje sensor RHT03



En la figura 24 se muestra la pinza de corriente utilizada para la medición de corriente. Esta pinza cuenta con una espiga macho tipo plug de 3.5mm stereo; pero de las tres terminales que posee solo se utilizan dos. Para la conexión con el medidor, ya que solo se usan dos líneas de la espiga, se emplea un conector hembra tipo plug de 3.5 mm mono-stereo.

**Figura 24**

Pinza de corriente 30 A con conector plug 3.5mm



## Software

En la figura 25 se representa un diagrama de flujo donde se plantea de forma general la descripción de las tareas realizadas por el software desde la lectura de datos hasta la escritura en la microSD.

### Cálculo del voltaje RMS (Root Mean Square).

La raíz cuadrática media es calculada de la misma forma que el nombre lo sugiere, primero se eleva al cuadrado la cantidad; que en este caso es la medición de tensión, luego se calcula el promedio y por último obtenemos la raíz de este promedio:

$$U_{rms} = \sqrt{(\sum_{n=0}^{N-1} u^2(n))/N} \quad (\text{Ec. 17})$$

```
for (n=0; n<number_of_samples; n++){
    // inst_voltage calculation from raw ADC
    // input goes here.
    squared_voltage = inst_voltage * inst_voltage;
    sum_squared_voltage += squared_voltage;
    mean_square_voltage=sum_squared_voltage/number_of_samples;
    root_mean_square_voltage = sqrt(mean_square_voltage);
}
```

### Cálculo de la corriente RMS (Root Mean Square).

Se calcula utilizando la misma ecuación que en caso anterior, pero en este caso se muestrea corriente:

```
for (n=0; n<number_of_samples; n++){
    // inst_current calculation from raw ADC
    // input goes here.
    squared_current = inst_current * inst_current;
    sum_squared_current += squared_current;
    mean_square_current=sum_squared_current/number_of_sample;
    root_mean_square_current = sqrt(mean_square_current);
}
```

## Cálculo de la potencia real

La potencia real es el promedio de la potencia instantánea. El cálculo es relativamente sencillo con el Arduino. En primer lugar, se calcula la potencia instantánea multiplicando la medición de la tensión instantánea con la medición de corriente instantánea. Sumamos estas mediciones de la potencia instantánea dadas por un número dado de muestras y dividimos por el número de muestras:

```
for (n=0; n<number_of_samples; n++){
    // inst_voltage and inst_current calculation from
    // raw ADC input goes here
    inst_power = inst_voltage * inst_current;
    sum_inst_power += inst_power;}
real_power = sum_inst_power / number_of_samples;
```

## Filtro digital para remover el offset

El ADC del ATmega tiene un rango de tensión de entrada de 0 a Vcc y así cuando se muestrea una forma de onda de corriente alterna, la forma de onda debe ser sesgada a Vcc/2. Esto se traduce en un desplazamiento en el dominio digital de alrededor de 512. La forma de onda

muestreada en el dominio digital pasará de 0 a 1024, en torno a 512. Para calcular la potencia real, tensión y corriente RMS se necesita primero remover este offset y esto puede ser realizado con un filtro digital. Hay dos aproximaciones: el filtro paso alto que permite las componentes de alta frecuencia a través de la eliminación del sesgo; o el filtro paso bajo para encontrar primero el sesgo y luego una vez encontrado restar este sesgo de la señal.

En este caso, se opta por la implementación de un filtro paso alto digital, en punto flotante se ve así:

```
filtered_value = 0.996 * (last_filtered_value + sample - last_sample)
```

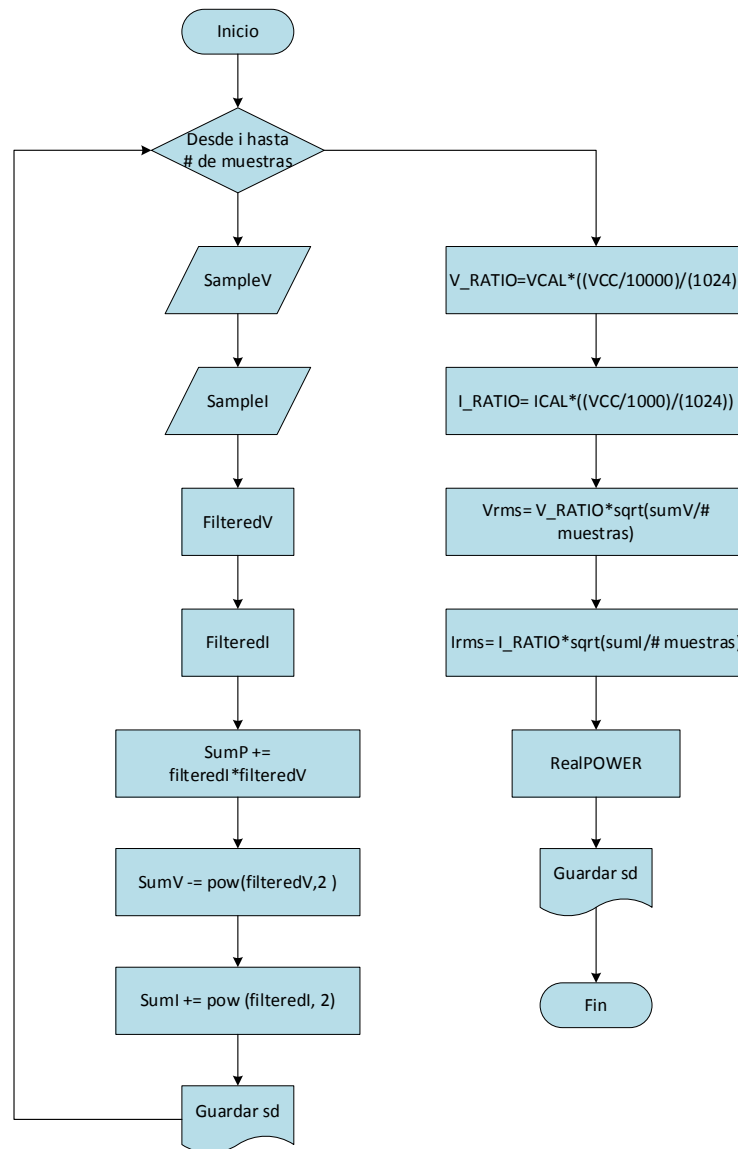
¿Por qué el valor de 0.996? todo lo que se necesita es un número razonablemente cerca de la unidad con el fin de proporcionar una constante de tiempo adecuadamente larga, así hay poca distorsión de amplitud y de fase a la frecuencia fundamental que se está midiendo. EL valor de 0.996 da un tiempo de filtrado constante de 250 periodos de muestra.

Ejemplo de aplicación del filtro:

```
int sample = 0;
int last_sample = 0;
double a = 0;
double filtered_value = 0;
void setup(){
    Serial.begin(9600);
}
void loop(){
    // Generando la señal de prueba
    last_sample = sample;
    a+=0.1; sample = 512 + sin(a) * 100;
    // Floating maths implementation of high
    //pass filter takes 36-40 microseconds
    filtered_value = 0.996 * (filtered_value + sample - last_sample);
    Serial.print(sample);
    Serial.print(' ');
    Serial.println(filtered_value);
    delay(50);
}
```

**Figura 25**

Diagrama de flujo del software utilizado



## CASO DE ESTUDIO

### Entorno de prueba

En la continuación de este trabajo, Gonzales (2016) utiliza el equipo propuesto para la medición de eficiencia energética en aires acondicionados ubicados en el cubículo de docentes de la escuela de ingeniería eléctrica,

de la Universidad de El Salvador. El equipo de medición EER se dejó operando bajo un tiempo de 5 horas, tiempo durante el cual se observó su estabilidad y desempeño realizando una nueva medición cada 10 min, recolectando un total de 30 puntos de medición, a los cuales se les realizara dicho análisis. El equipo utilizado como objeto de estudio es un aire acondicionado de ventana, 220v con una capacidad de 13000 BTU/h (tabla 4).

**Tabla 4**

Datos de placa aire acondicionado de pared ubicado en cubículos de docentes

<b>Datos de placa de la unidad de aire acondicionado evaluado</b>	
Marca: WESTINGHOUSE	
Modelo: AS186L2C2	
Capacidad: 13000 BTU/h	
Tensión: 220 v	
Tipo: Ventana	
Área de la salida del evaporador: 0.0475 m <sup>2</sup>	

Comentarios sobre el estado del aire acondicionado

- El equipo no recibe sol en ninguna hora del día.
- A/C de ventana muy viejo, obsoleto.
- El equipo trabaja en condiciones aceptables gracias a las reparaciones y al mantenimiento al que está sujeto periódicamente.
- El equipo ya no posee la caratula o parte frontal y se le ha adaptado un filtro en la entrada de aire.

**Resultados de medición**

En el trabajo de Menendez, Santamaria, & Vega (2015) se realizan las pruebas de forma convencional con equipos de renombre en el mercado, entre estos se encuentra el termo hidrómetro, anemómetro y el analizador de potencia.

Posteriormente en la tabla 6 se muestran los

resultados de las mediciones almacenadas en la base de datos del medidor EER del aire acondicionado instalado en el cubículo de docentes. En dicha tabla se puede apreciar que el valor promedio del EER es de 5.391 BTU/kWh. De estos datos, se realiza una apreciación gráfica del comportamiento del aire acondicionado a muestra y su ERR en un periodo de 5 horas, que se puede observar en la figura 26.

**Tabla 5**

Resultado de EER en medición aire acondicionado, método tradicional

<i>Mediciones manuales EER</i>			
Largo	0.0095 m	Ancho	0.5 m
Temp de entrada	20.5 °C	Temp de Salida	10.7 °C
Hum de entrada %	66.2	Hum de salida %	81.7
Potencia	1.71 kW		
Velocidad del Flujo de Aire (m/s)	3.3		
EER	6.42		

**Tabla 6**

Resultados de las mediciones del aire acondicionado de la Tabla 4

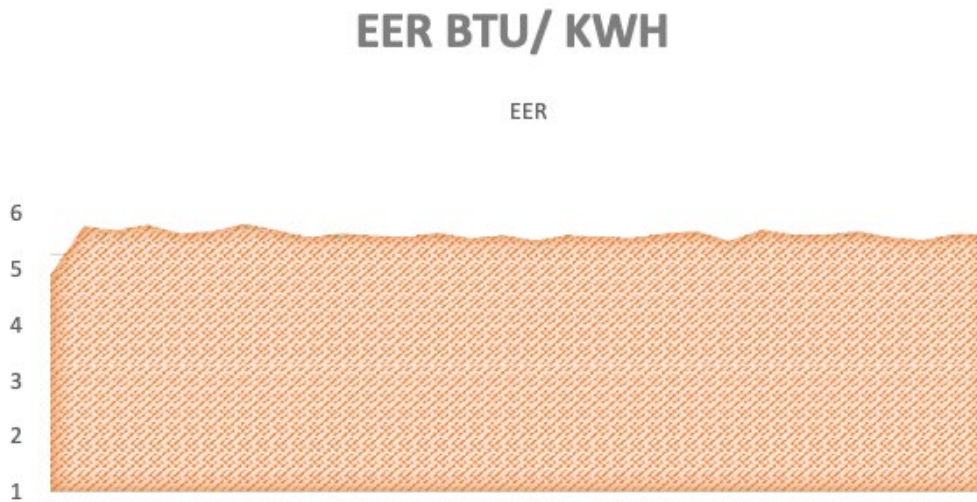
TE	HRE	TS	HRS	EER	IRMS [A]	VRMS [V]	POTENCIA [W]
23.5	52.7	11.6	84.6	4.55	11.7	203.35	2379.19
23.4	52.5	9.4	86.9	5.57	11.6	203.95	2365.82
23.0	52.6	8.8	88.9	5.50	11.7	204.8	2396.16
22.7	53.1	8.4	88.9	5.61	11.6	205.68	2385.89
22.5	52.6	8.4	89.4	5.43	11.6	205.16	2379.86
22.4	52.1	8.2	89.4	5.47	11.6	203.48	2360.37
22.4	52.0	8.1	89.4	5.63	11.4	202.94	2313.52
22.2	51.7	8.0	89.3	5.49	11.5	202.77	2331.85
22.2	51.2	8.0	89.6	5.35	11.6	204.09	2367.44
22.2	51.4	7.9	89.6	5.43	11.6	203.52	2360.83
22.1	51.2	7.9	89.7	5.38	11.4	205.97	2348.06
22.1	51.6	7.9	89.6	5.36	11.5	206.63	2376.24
22.1	51.0	7.9	89.4	5.44	11.4	203.49	2319.79
22.0	50.5	7.8	89.4	5.33	11.4	205.61	2343.95
22.1	50.5	7.8	89.5	5.39	11.5	203.53	2340.59
21.9	50.7	7.8	89.4	5.28	11.5	204.2	2348.30
21.9	50.7	7.7	89.3	5.39	11.4	203.81	2323.43
21.9	50.4	7.7	89.5	5.36	11.4	203.7	2322.18
22.0	51.0	7.8	89.8	5.34	11.5	204.56	2352.44
22.0	51.1	7.8	89.6	5.43	11.4	203.54	2320.36
22.2	51.6	7.9	90.0	5.47	11.4	205.96	2347.94
22.2	50.9	8.0	90.0	5.27	11.5	207.14	2382.11
22.2	51.6	7.9	89.5	5.51	11.4	205.22	2339.51
22.2	51.4	8.0	89.9	5.41	11.4	205.54	2343.16
22.1	51.5	7.9	89.8	5.40	11.5	204.45	2351.17
22.0	51.5	7.8	89.3	5.47	11.4	204.05	2326.17
22.0	51.1	7.8	89.5	5.35	11.5	204.97	2357.15
22.0	51.4	7.8	89.8	5.29	11.6	206.18	2391.69
22.0	51.3	7.7	89.8	5.42	11.4	206.41	2353.07
21.9	51.3	7.7	89.7	5.41	11.4	204.65	2333.01
<b>Entrada del evaporador</b>		<b>Salida del evaporador</b>		<b>5.391</b>			<b>2.35</b>

TE: Temperatura de entrada; HRE: Humedad relativa de entrada; TS: Temperatura de salida; HRS: Humedad relativa de salida



**Figura 26**

Relación de eficiencia energética en un periodo de 5 horas



**Discusión de resultados**

Se puede observar una pequeña diferencia entre la EER obtenida por la medición con medios convencionales y la medición con el sistema propuesto, no obstante, esta discrepancia se debe a la posible diferencia de horas en la toma de medición, y la degradación del equipo entre una muestra de datos y la otra, factor que indica el requisito de un mantenimiento preventivo al equipo de aire acondicionado.

En la tabla 7 se muestra un resumen de los datos obtenidos en la medición de EER al mismo equipo de aire acondicionado, se puede

observar como la primera medición se realiza a una temperatura de entrada de 20.5 °C, con temperatura de salida de 10.7 °C, mientras que en el momento de la medición realizada con el equipo medidor de EER, el estudio estaba inmerso en una temperatura de entrada de 22.2 °C, con una temperatura de salida de 7.9 °C, observando una mayor exigencia al equipo de aire acondicionado en el momento de uso del medidor de EER, no obstante, la relación de eficiencia energética en la primera medición es de 6.42, mientras que en la última es de 5.39, muy cercanas entre sí pero con una posible variación debido a los distintos factores encontrados en cada toma de medición.

**Tabla 7**

Resultados de medición EER aire acondicionado, método tradicional vs Medidor EER.

Medición	Humedad de entrada	Humedad de salida	Temperatura de entrada [°C]	Temperatura de salida [°C]	Potencia [kW]	EER
Medición tradicional	60.2 %	81.7 %	20.5	10.7	1.71	6.42
Medidor EER	51.6 %	89.3 %	22.2	7.9	2.35	5.39

Tras diversas pruebas del medidor de Relación de Eficiencia Energética (EER) se observan hallazgos y limitaciones por las cuales se puede delimitar la conveniencia de la construcción y uso de este equipo para la medición de consumo eléctrico. Su primera ventaja es su bajo costo. También, al ser construido con software y hardware libre su implementación es de libre acceso. Al ser un equipo que cuenta con una medición completa, reduce por un lado la cantidad de equipos involucrados en el cálculo de EER, y por el otro la probabilidad de error debido a intervención humana, y la repetida toma de puntos en un periodo de tiempo seleccionado. Esta última característica es clave para la obtención de resultados confiables.

Su aplicación es de gran importancia para todas aquellas personas que cuentan con un aire acondicionado, ya que permite diagnosticar cuando este equipo requiere mantenimiento y de esta manera reducir el consumo de energía eléctrica. Además, permite el almacenamiento de las mediciones tomadas en un periodo específico para su posterior análisis, y la construcción de un historial del consumo energético generado por estos equipos.

## CONCLUSIONES

El medidor de Relación de Eficiencia Energética ofrece una aportación importante en el diagnóstico de equipos de aire acondicionado, debido a su fácil construcción y resultados confiables. Los resultados obtenidos por el medidor de eficiencia energética presentan una EER menor a la dicha por el fabricante de los equipos. Esto se debe a la mala instalación del equipo o a la falta de mantenimiento de este, lo que otorga importancia a la necesidad de tener registro de un historial de desempeño de cada equipo para detectar estos problemas. Una de las limitantes del equipo medidor de

eficiencia energética EER, es la distancia posible entre el aire acondicionado y su evaporador, ya que se debe medir en ambos puntos, y en muchas ocasiones esta distancia es demasiado grande como para medirlo de forma cableada. Por lo tanto, una solución eficiente para esta problemática podría ser el envío de mediciones remotas mediante módulos wifi.

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, deseo expresar nuestro agradecimiento al personal de la Escuela de Ingeniería Eléctrica, por la dedicación y apoyo que ha brindado a este trabajo, por el respeto a mis sugerencias e ideas y por la dirección y el rigor que ha facilitado a las mismas. También a los editores del informe, Julio Cedillos e Ivan Ortiz por su dedicación y esmero presentes en este trabajo y a la Universidad de El Salvador por el apoyo indirecto de este proyecto a través de la utilización de las instalaciones y equipos de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arduino Inc. (2013). *Getting Started with Arduino*. Recuperado el 2014, de <http://arduino.cc>
- ASHRAE. (s.f.). Recuperado el 2014, de ASHRAE. org: <https://www.ashrae.org/>
- Comités Técnicos de Normalización del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, CONACYT. (s.f.). Eficiencia Energética. Acondicionadores de aire tipo ventana, dividido y paquete requisitos.
- DIVERTEKA. (14 de marzo de 2014). *Control de consumo eléctrico con Arduino (1)*. Recuperado el 2014, de <http://www.diverteka.com/?p=1966>
- Gertz, E., & DiJusto, P. (2012). *Environmental Monitoring with Arduino*. (O. M. Inc, Ed.) O'Reilly Media Inc.

- Gonzales, M. (2016). Medidor de Eficiencia Energética para aires acondicionados de expansión con monitoreo remoto SCADA.
- Hispavila. (s.f.). *Un Reloj con el DS1307 RTC*. Recuperado el 2014, de <https://www.hispavila.com/3ds/atmega/ds1307reloj.html>
- Menendez, M., Santamaria, S., & Vega, G. (2015). Adaptación de una metodología basada en normas internacionales para el cálculo de eficiencia en unidades de aire acondicionado de expansión.
- Open Energy Monitor. (s.f.). *Open Energy Monitor*. Recuperado el 2014, de <https://openenergymonitor.org/>
- Rodríguez, M. (10 de mayo de 2016). *Revista Digital INESEM*. Obtenido de Rendimiento energético en climatización: EER, SEER, COP y SCOP: <https://revistadigital.inesem.es/gestion-integrada/rendimiento-energetico-climatizacion-eer-seer-cop-y-scop/>
- SparkFun Electronics. (s.f.). *SparkFun*. Recuperado el 2014, de <https://www.sparkfun.com/>
- Tecnológico de Monterrey. (s.f.). Recuperado el 2014, de [www.mty.itesm.mx/dtie/deptos/ie/materias/e99-](http://www.mty.itesm.mx/dtie/deptos/ie/materias/e99-)
- Thompson, A., & Taylor, B. N. (2008). *Guide for the Use of the International*. Geithersburg: National Institute of Standards and eTehnology.

# ESTUDIO DE CASOS



# Revista MINERVA

Plataforma digital de la revista: <https://minerva.sic.ues.edu.sv>



## Guía para el modelo de distribución de especies por Máxima Entropía, estudio de caso de la “lora nuca amarilla” *Amazona auropalliata* en El Salvador

### Guide for the species distribution model by Maximum Entropy, case study of the “yellow-naped amazon” *Amazona auropalliata* from El Salvador

Carlos Giovanni Rivera<sup>1</sup>, Katherine Tatiana Funes-Hernández<sup>2</sup>, José Fernando Merino-Villalta<sup>2</sup>, Alicia Verónica Beltrán-Sánchez<sup>3</sup>

Correspondencia:  
[carlos.riverag@gmail.com](mailto:carlos.riverag@gmail.com)

Presentado: 23 de marzo de 2021  
Aceptado: 23 de mayo de 2021

- 1 Dirección General de Ecosistemas y Biodiversidad, Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales; Escuela de Posgrado y Educación Continua, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.
- 2 Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, Universidad de El Salvador.
- 3 Escuela de Matemática, Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, Universidad de El Salvador.

#### RESUMEN

Esta contribución pretende facilitar una guía para el análisis e interpretación de información modelada con MaxEnt, incluyendo los elementos centrales de calidad para generar resultados robustos de gran utilidad para la conservación y gestión de la diversidad biológica de El Salvador. Para facilitar el proceso de entrenamiento, se efectuó un modelo distribucional de *Amazona auropalliata*, especie catalogada en peligro de extinción en el país. El modelo obtenido presentó un valor AUC de 0.856 por lo que puede considerarse confiable, con las variables temperatura media del mes más húmedo, la precipitación del cuatrimestre más cálido y la precipitación en el período más seco, aportando en mayor medida al modelo. La distribución potencial de la especie según el modelo, ocurre principalmente en los departamentos de San Salvador, Santa Ana, Ahuachapán, Sonsonate, Usulután y La Libertad. Finalmente, con base en análisis estadísticos, se construyó un perfil bioclimático de la especie determinado por esta contribución, que facilitará el desarrollo de estudios futuros, incluyendo los efectos del Cambio Climático.

**Palabras clave:** Ecosistemas, nicho ecológico, distribución, especies, *Amazona auropalliata*, MaxEnt

## ABSTRACT

The aim of this work was to offer a guide for the analysis and interpretation of the model MaxEnt, including the quality requirements to generate solid results and provide researchers the key elements of this powerful ecological tool, in order to improve the conservation and management of the biological diversity of El Salvador. Hence, a potential distributional model of *Amazona auropalliata*, a species cataloged in danger of extinction in the country, was conducted. The model had an AUC (Area under the Curve) value of 0.856 considered reliable. The variables mean temperature of the wettest month, precipitation of the warmest four-month period and precipitation in the driest period, were mainly contributing to the model. The potential distribution of the species according to the model occurs mainly in the departments of San Salvador, Santa Ana, Ahuachapán, Sonsonate, Usulután and La Libertad. As a result, based on statistical analysis, a bioclimatic profile of the species determined by this contribution will facilitate the development of future studies, including the effects of Climate Change.

**Key words:** Ecosystems, ecological niche, distribution, species, *Amazona auropalliata*, MaxEnt

## INTRODUCCIÓN

El Salvador cuenta con una extraordinaria diversidad biológica, representatividad de ecosistemas, especies y recursos genéticos de gran valor regional y mundial (MARN 2018a). Este país centroamericano se localiza en Mesoamérica, considerada una de las regiones con mayor biodiversidad del planeta (Mittermeier et al. 2011; Myers 2003; Myers et al. 2000).

Los avances en el conocimiento de la diversidad biológica del país, especialmente de las especies que le conforman, ha estado orientada principalmente al levantamiento de inventarios (Gallo 2005), permitiendo ampliar el conocimiento taxonómico de diversos grupos, entre ellos, se puede mencionar anélidos (Rivera and Romero 2008), anfibios y reptiles (Gunter 2005), árboles y otros taxones botánicos (Berendsohn et al. 2009, 2012, 2016; Búcaro et al. 2012; Búcaro et al. 2016; Búcaro, Sollman, and Stech 2019; Linares 2003; Maekawa et al. 2013; MARN 2018b), aves (Dickey and Van Rossem 1938; Herrera and Komar 2006), crustáceos (Bott 1967; Holthuis 1954), mamíferos (Burt and Stirton 1961; Owen and Girón 2012; Owen et al. 1991), moluscos (Keen 1971) y peces (McMahan et al. 2013; Phillips and Cole 1978).

Además, se han descrito nuevas especies para la ciencia (García-Ríos 2006; Hartmann-Schröder 1956, 1959; Kilian and Smalla 2015; De León-González et al. 2004; Ratcliffe and Cave 2002; Van Tassel and Baldwin 2004) y se han identificado áreas importantes para la conservación de algunos grupos (Komar 2002; MARN 2018a).

El Salvador registra 8,756 especies, la mitad de ellas pertenecientes al reino Plantae y un 49% al Reino Animalia (Gallo 2005; MARN and PNUMA 2007). Esto a pesar de las transformaciones al paisaje salvadoreño a lo largo de su historia, que han afectado de forma directa a los ecosistemas (Browning 1975; Lötschert 1952), especialmente a los territorios rurales.

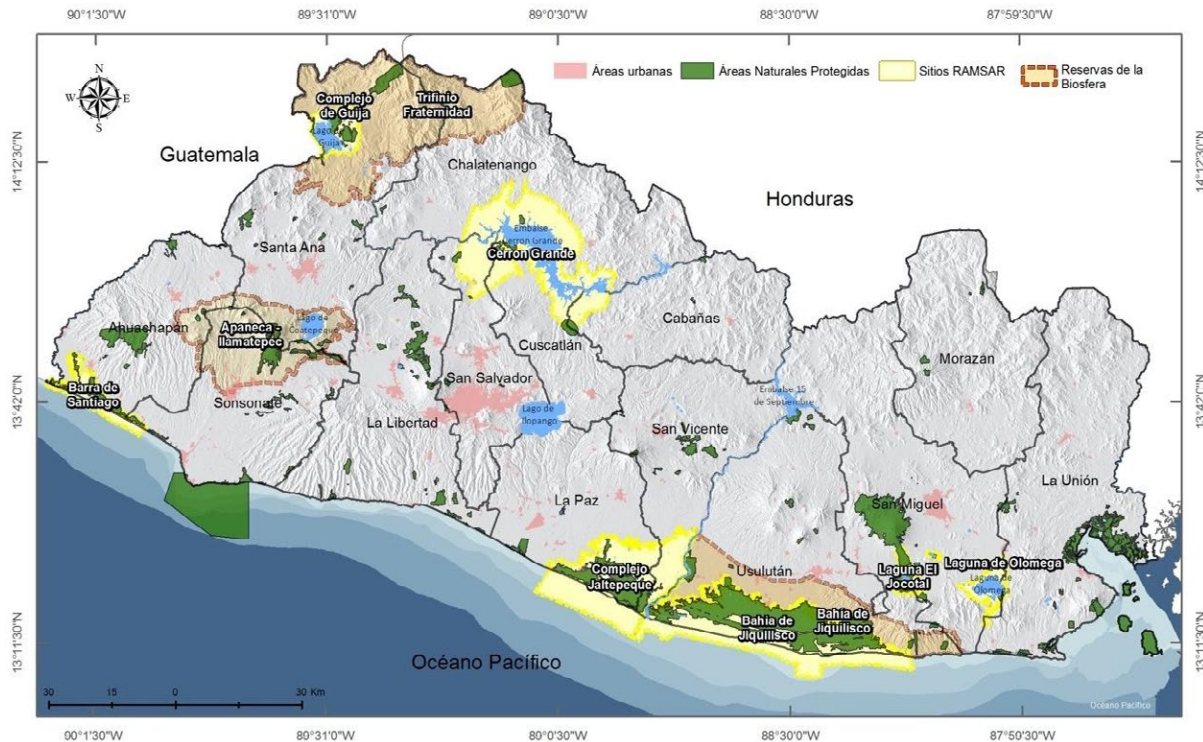
Actualmente, el 38% (817,000 ha) del territorio nacional está cubierta de bosques (MARN 2018b) inmersos en diferentes usos de la tierra, incluyendo aquellos comprendidos en Áreas Naturales Protegidas, sitios Ramsar y Reservas de la Biosfera (MARN 2013) (Figura 1).

Los ecosistemas que contiene El Salvador proporcionan diferentes servicios ecosistémicos para la sociedad, entre los que se pueden mencionar: mantenimiento de la biodiversidad, conectividad biológica, moderar la pérdida de suelo y microclimas, control de torrentes y proporcionan sustento a los medios



## Figura 1

Reservas de la Biosfera, Sitios Ramsar y Áreas Naturales Protegidas de El Salvador



Fuente: Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador (MARN, 2013)

de vida locales (WB 2020).

No obstante, su evidente importancia, la diversidad biológica del país se ha visto sometida a fuertes presiones y los ecosistemas se han degradado, debido principalmente a la pérdida de hábitats, prácticas agropecuarias inadecuadas, sobreexplotación, contaminación, especies invasoras y el cambio climático (MARN 2013, 2018a).

## Distribución de especies

La presencia o ausencia de las especies en la distribución geográfica depende de múltiples factores tanto ecológicos, fisiológicos, geológicos y ambientales. De ellos, el clima resulta ser uno de los más importantes debido a que condiciona de forma importante

la ausencia o presencia de los seres vivos, especialmente en el contexto de Cambio Climático (Heikkinen et al. 2006)

La distribución real de las especies es aquella donde se tiene certeza de su ocurrencia por medio de verificaciones en campo, mientras que la distribución potencial se refiere a zonas geográficas que presentan condiciones ambientales de gran similitud con los sitios en los que se ha constatado su presencia y, por tanto, tienen mucha probabilidad que su distribución efectivamente ocurra (Gámez 2011).

El modelado de distribución de especies (SMD por sus siglas en inglés) ha tenido mucho auge en las últimas décadas, en contraste con el poco uso que se le ha dado en el país. Quizá se deba a su complejidad (Anderson 2015), por lo que

el entrenamiento es un elemento fundamental para abordar el tema, especialmente para investigadores en la región hispanoamericana (Peterson et al. 2019).

Entre los pocos esfuerzos por modelar la distribución de las especies en el país se pueden mencionar el análisis de 20 especies catalogadas en peligro extinción mediante DIVA GIS (MARN 2018a), y la creación de mapas de distribución potencial para *Pecari tajacu* (cucho de monte) y *Triatoma dimidiata*, ambos a través del programa MaxEnt (MARN 2019, Paredes et al. 2020).

### MaxEnt

MaxEnt es un software para modelar la distribución de especies y nicho ecológico (Phillips, et al., 2006). Forma parte de los modelos de ecología distribucional utilizados en gran medida por el uso de información geográfica en las últimas décadas (Elith and Leathwick 2009; Peterson et al. 1999; Soberón and Nakamura 2009; Soberón and Peterson 2005). Es el más popular de todos los modelos, porque supera en precisión predictiva a sus análogos y porque es un software relativamente fácil de usar (Merow et al. 2013), al requerir únicamente datos de presencia de las especies y de variables ambientales para generar los análisis (Phillips et al. 2006).

Ha sido utilizado para diversos propósitos, incluyendo el modelaje de distribución de especies en escalas temporales y espaciales, el modelado del nicho ecológico con datos escasos, filogeografía, análisis de especies endémicas, amenazadas, efectos de cambio climático, entre otros (Abdelaal et al. 2019; Baldwin 2009; Çoban et al. 2020; Galante et al. 2018; Guevara et al. 2018; Gutiérrez et al. 2014; Zhang et al. 2019).

El análisis de la base matemática de MaxEnt va más allá del alcance de esta contribución, por

lo que se recomienda revisar las consistentes reseñas disponibles en la literatura científica (Elith et al. 2011; Merow et al. 2013; Phillips et al. 2017, 2006). Incluso, se han desarrollado publicaciones de gran utilidad para mejorar la comprensión de sus alcances (Elith et al. 2011; Eysenbach and Levine 2019; Merow et al. 2013).

### Datos climáticos

Para correr MaxEnt se requieren dos tipos de datos: puntos de presencia de la especie de interés y datos ambientales del área de estudio. El primero se refiere a sitios georreferenciados en los que se ha observado la especie de interés. Los segundos son variables abióticas como temperatura y humedad. Estas se prefieren sobre el uso de suelo o la composición del mismo, debido a que los primeros son dinámicos (es decir que varían en escalas de tiempo pequeñas) y predecibles (Austin & Van Niel 2010).

La fuente más importante de variables bioclimáticas para detección remota es WorldClim (Waltari et al. 2014). WorldClim es un sitio que reúne conjuntos de datos climáticos a nivel mundial (Fick & Hijmans 2017). Los datos futuros se fundamentan en los resultados generados mediante el Proyecto de Intercomparación de Modelos Acoplados Fase 6 (CMIP6) para la versión vigente de WorldClim y los resultados del CMIP5 para la versión 1.4 de la plataforma.

En su versión más reciente (2.5), consta de un conjunto de 19 variables basadas en datos climáticos mensuales (Tabla 1) interpolados espacialmente con una resolución espacial de 2.5 arc-segundos. Las variables incluyen temperatura (mínima, máxima y media), precipitación, radiación solar, presión de vapor y velocidad del viento, en el período 1970–2000 (Fick and Hijmans 2017).

**Tabla 1**

*Variables Bioclimáticas disponibles en WorldClim*

<b>Variable</b>	<b>Descripción</b>
Bio1	Temperatura promedio anual (°C)
Bio2	Oscilación diurna de la temperatura (°C)
Bio3	Isotermalidad (°C) = $BIO2/BIO7*100$
Bio4	Estacionalidad de la temperatura (desviación estándar *100) (°C)
Bio5	Temperatura máxima promedio del periodo más cálido (°C)
Bio6	Temperatura mínima del mes más frío (°C)
Bio7	Oscilación anual de la temperatura (°C) (BIO5-BIO6)
Bio8	Temperatura media del mes más húmedo (°C)
Bio9	Temperatura media del mes más seco (°C)
Bio10	Temperatura media del cuatrimestre más cálido (°C)
Bio11	Temperatura media del cuatrimestre más frío (°C)
Bio12	Precipitación anual (mm)
Bio13	Precipitación del periodo más húmedo (mm)
Bio14	Precipitación del periodo más seco (mm)
Bio15	Estacionalidad de la precipitación (Coeficiente de variación, CV)
Bio16	Precipitación del trimestre más húmedo (mm)
Bio17	Precipitación del trimestre más seco (mm)
Bio18	Precipitación del cuatrimestre más cálido (mm)
Bio19	Precipitación del cuatrimestre más frío (mm)

*Fuente:* 2000 (Fick and Hijmans 2017).

Las 19 variables bioclimáticas pueden ser descargadas sin costo de WorldClim. Una de las ventajas de este repositorio, es la posibilidad de disponer de información bioclimática del pasado, presente y futuro. La versión 1.4 de WorldClim incluye datos de los períodos medio Holoceno y de la última glaciación (Otto-Bliesner et al. 2006) y de proyecciones climáticas a 2050 y a 2070.

Se recomienda enfáticamente que las descargas de las variables de WorldClim se realicen a una escala más precisa, es decir 30 arc-segundos (disponible actualmente solo en la versión 1.4 de WorldClim), que es la escala de datos que podría ofrecer mejores resultados,

dado el tamaño de El Salvador.

Además de WorldClim, se pueden utilizar datos de sensores remotos con más precisión (Waltari et al. 2014) y datos interpolados de estaciones meteorológicas locales, ofrecidas por las agencias responsables de generar esta información en cada país. Puede valorarse incluir en el análisis otras variables ambientales de tipo topográfico o de uso de suelo, según su disponibilidad.

#### *Datos de presencia de especies*

Los datos de presencia de las especies se pueden obtener de bases de datos mundiales o regionales, según corresponda (Tabla 2).

Por razones obvias, es necesario contar con información de tipo local que se haya producido

por esfuerzos científicos sobre el grupo de interés.

**Tabla 2**

Bases de datos que registran ocurrencias geográficas de especies que pueden utilizarse para modelar su distribución en MaxEnt.

Fuente	Disponible en	Descripción
Global Biodiversity Information Facility (GBIF)	<a href="https://www.gbif.org">https://www.gbif.org</a>	Es una base de datos internacional que dispone datos de especies, incluyendo información geográfica, de manera gratuita para cualquier persona interesada. Contiene más de 1,601 millones de ocurrencias y miles de contribuciones científicas han utilizado sus datos.
Tropicos	<a href="https://www.tropicos.org/home">https://www.tropicos.org/home</a>	Es mantenida por el Jardín Botánico de Missouri. La versión vigente es 3.1.2. Contiene información de 1.33 millones de especies de plantas. Incluye imágenes y miles de referencias científicas.
OBIS-SEAMAP	<a href="https://obis.org">https://obis.org</a>	Es una plataforma que contiene datos georreferenciados de aves, mamíferos y tortugas marinas. Contiene más de 62 millones de registros de presencias de 135,178 especies. Los datos se pueden descargar de manera gratuita.
Paleobiology Database	<a href="https://paleobiodb.org/#/">https://paleobiodb.org/#/</a>	Es una base de datos paleontológica pública. Contiene cerca de 1.5 millones de ocurrencias y más de 425,000 taxones registrados.

Fuente: Información disponible en las descripciones en los sitios web

**METODOLOGÍA**

**Descarga e instalación de software**

MaxEnt requiere la instalación previa del lenguaje de programación Java 1.4 o superior, que puede ser descargado gratuitamente de <https://www.java.com/es/>. Es necesario verificar que la versión de Java sea compatible con el sistema operativo de la computadora en que

se realizarán los análisis.

MaxEnt puede descargarse gratuitamente en el sitio web [https://biodiversityinformatics.amnh.org/open\\_source/maxent/](https://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/). La carpeta en formato .zip debe descomprimirse. En su interior contiene archivos con extensiones .jar, .bat, .sh y .txt, que deben ser ubicadas en una única carpeta en la computadora de trabajo. El archivo .txt contiene las instrucciones para efectuar la instalación.

## Preparación de datos

Para ejecutar MaxEnt, se requiere que los datos bioclimáticos estén en formato ASCII (.asc) y posean encabezados coincidentes, además, deben contener los mismos tamaños de celda y límites geográficos para evitar fallos en la ejecución del programa. Se debe indicar si se trata de variables continuas o categóricas, según la naturaleza de los datos disponibles.

Por defecto, las variables de WorldClim se descargan en formato ráster GeoTiff con información a escala global, que debe ser consistentemente recortada a los límites del área de estudio, en este caso El Salvador. Para ello, se sugiere el uso de ArcGis, Qgis o algún otro software de análisis geográfico disponible, a efecto de iterar las operaciones de recorte de las capas utilizando una máscara vectorial, en un mismo proceso, que debería incluir su transformación del formato ráster tiff a Ascii .asc para evitar interrupciones en el software (Scheldeman and Van Zonneveld 2011).

Las variables de presencia de las especies seleccionadas para el estudio deben estar contenidas en un archivo de valores separados por coma ("comma separated values", extensión .csv) y deben contener los campos en el estricto orden de especie, longitud y latitud. Si bien el programa podría permitir columnas adicionales, serán ignoradas para el análisis.

## Ejecutar MaxEnt

Al ejecutar el archivo maxent.jar, se deberá indicar los directorios de las muestras (Samples), el directorio de las variables ambientales (Environmental Layers) y activar la casilla correspondiente. También debe seleccionarse "crear curvas de respuesta" y "jackknife". Por último, se debe indicar el directorio de salida (Output directory).

El formato de salida (output format) debe ser

logístico y el tipo de archivo de salida (output file), ASCII. Además, en la ventana principal debe seleccionarse la opción configuraciones (settings). Aparecerá una nueva ventana con tres pestañas. En la primera pestaña, llamada Basic, se debe seleccionar la opción "remove duplicados" (remove duplicate presence records), colocar 25 en la prueba de porcentaje aleatoria (random test percentage) y 5 réplicas (replicates). En la segunda pestaña, "advanced": desactivar la casilla resultados de casillas en blanco (write output grids).

La salida logística mejora la idoneidad del modelo (Phillips and Dudík 2008) debido a que estima la probabilidad de presencia, asumiendo que el diseño del muestreo es tal que las típicas localizaciones de presencias tienen una probabilidad de presencia de alrededor 0.5 (Phillips 2020).

Si bien los investigadores deberán sentirse en la libertad de modificar las especificaciones antes descritas, a efecto de ajustar mejor sus modelos y sacarles el máximo provecho a los resultados, se sugiere que se tome en cuenta los aportes de diversas contribuciones científicas y se fundamente muy bien los cambios.

Para efectos ilustrativos, se exponen algunos resultados de datos reales de *Amazona auropalliata*, especie en peligro según el listado Oficial de Especies Amenazadas y en Peligro de Extinción vigente (MARN 2015). Los datos de presencia fueron obtenidos el 16 de julio de 2020, mediante la extensión de QGis *Load GBIF occurrences*. También, se utilizaron las 19 variables bioclimáticas de WorldClim versión 1.3. En la configuración de MaxEnt se utilizaron 500 iteraciones, cinco réplicas, salida logística y el 25% del total de los registros se utilizó para entrenamiento.

Cabe destacar que los modelos fueron evaluados por medio de las pruebas curva de respuesta (análisis de omisión/comisión)



y sensibilidad Curva Operada por el Receptor (ROC) - Área bajo la curva (AUC) (Elith et al. 2006), así como la prueba de Jackknife para medir los efectos de cada variable en el modelo (Shcheglovitova and Anderson 2013).

Se realizó un análisis de componentes principales (APC) utilizando la matriz estandarizada de contribución de cada variable bioclimática para conocer su comportamiento en función del modelo. Para estimar la correlación de las variables, se realizó un dendrograma jerárquico con distancia de Mahalanobis y se estimó el valor de agrupamiento de la varianza en el modelo de APC. Todos los análisis fueron

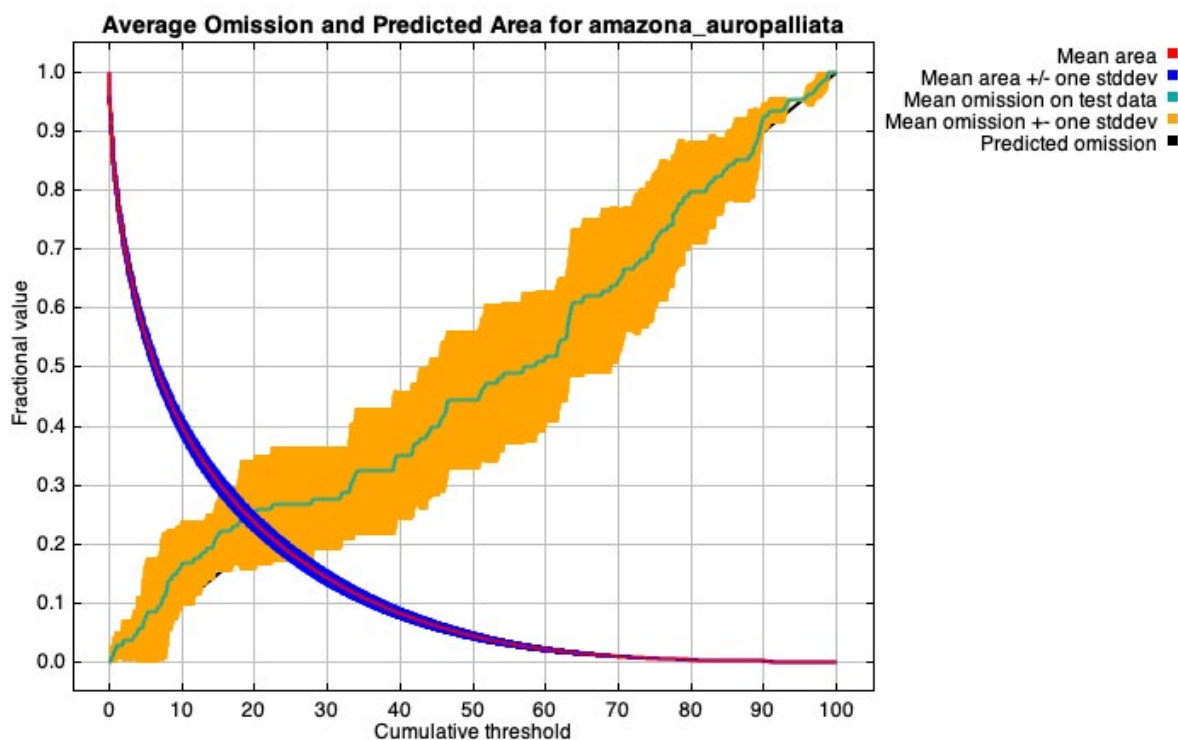
realizados con el Software estadístico PAST (Paleontological statistics software package for education and data analysis) (Hammer, Harper, and Ryan 2001)

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La prueba del Área bajo la Curva ROC muestra un ajuste de modelo bueno, dado que la tasa de omisión de los datos es cercana a la omisión esperada, tanto en la muestra de entrenamiento como en la prueba (Figura 2). Esta prueba es una medida simple, pero a la vez estandarizada de los resultados (Phillips 2020).

**Figura 2**

Análisis del ajuste del modelo de distribución potencial de *Amazona auropalliata* en El Salvador, utilizando la técnica ROC.



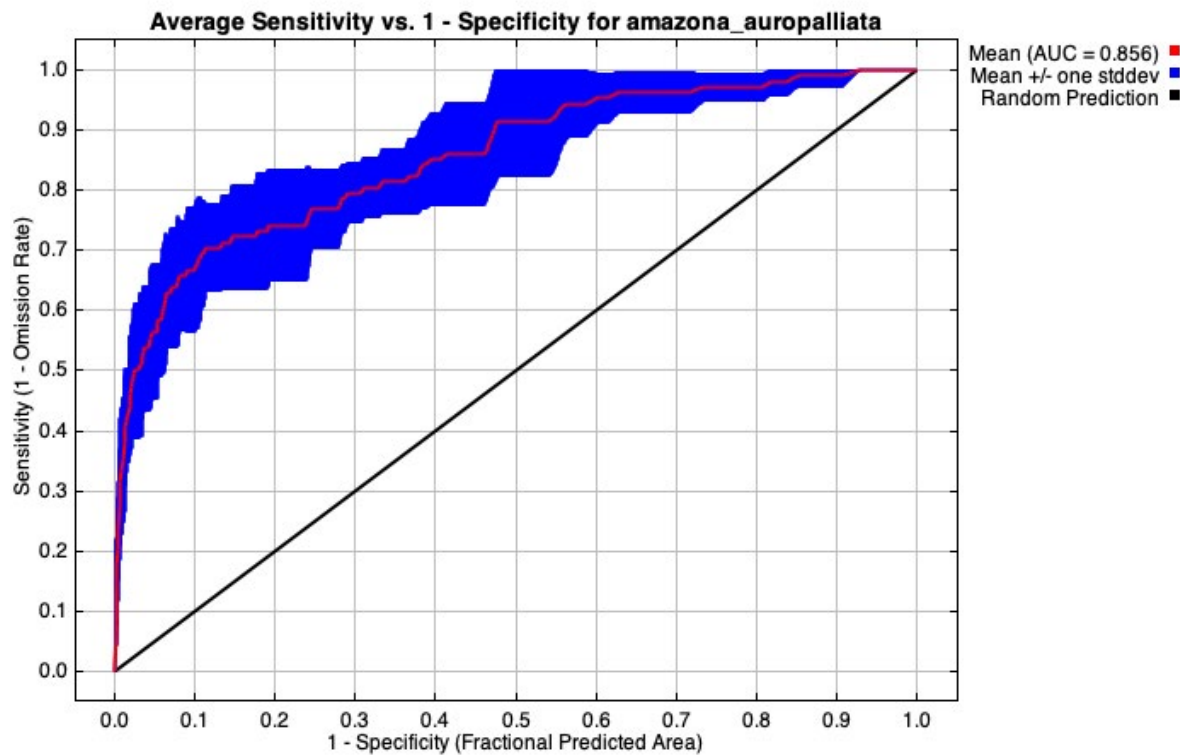
El valor obtenido por el modelo para AUC fue de 0.856 en promedio (Figura 3), correspondiente a un modelo bueno, que supera el umbral de 0.75 sugerido por la literatura científica (Elith et al. 2006). Cabe destacar que la máxima

capacidad de predicción es 1 (Phillips and Dudík 2008), mientras que 0.5, equivale a tener un resultado similar al que ocurriría al azar, por lo que abajo de este punto, el modelo no es válido.



### Figura 3

Tendencia de valores del Área bajo La Curva AUC de *Amazona auropalliata* en El Salvador.



Las variables bioclimáticas que más contribuyen al modelo de distribución de *Amazona auropalliata* son la temperatura media del mes más húmedo (21.7%) y la precipitación del cuatrimestre más cálido (21%), mientras que el resto de variables presentaron valores menores al 7.7%. En el caso de la importancia, las variables con valores mayores a 10, fueron la temperatura media del mes más húmedo (17.6), la precipitación en el período más seco (14) y la precipitación del cuatrimestre más cálido (12.6) (Tabla 3).

La prueba de Jackknife aplicado a AUC, se mostró de manera consistente con los resultados de la Tabla 3, resaltando el valor de las variables media del mes más húmedo y precipitación del cuatrimestre más cálido con el mayor aporte para el ajuste del modelo (Figura 4).

Al analizar los resultados del dendrograma

jerárquico del aporte de las variables climáticas sobre la distribución de *Amazona auropalliata*, se observó la conformación de tres grupos de variables, que a su vez se diferenciaron en subgrupos más pequeños (Figura 5). El primer grupo estuvo compuesto de las variables Bio03, Bio08, Bio10, Bio04 y Bio05, las primeras tres variables y las dos últimas, conformaron dos subgrupos respectivamente. El segundo grupo fue el más extenso, con cuatro subgrupos, el de mayor tamaño se conformó con Bio09, Bio11, Bio12 y Bio13, seguido del subgrupo Bio15, Bio18 y Bio19, el compuesto de Bio06 y Bio07 y finalmente, Bio14 aislada del resto. El tercer y último grupo, se conformó por las variables Bio01 y Bio02. El valor obtenido en la prueba fue de 0.856, lo que permite detectar las variables ambientales que están correlacionadas y que afectan la distribución de la especie.

El análisis de los principales componentes (Figura 6) permitió identificar cuatro grupos de

**Tabla 3**

*Contribución de las variables ambientales al modelo MaxEnt de distribución de Amazona auropalliata en El Salvador.*

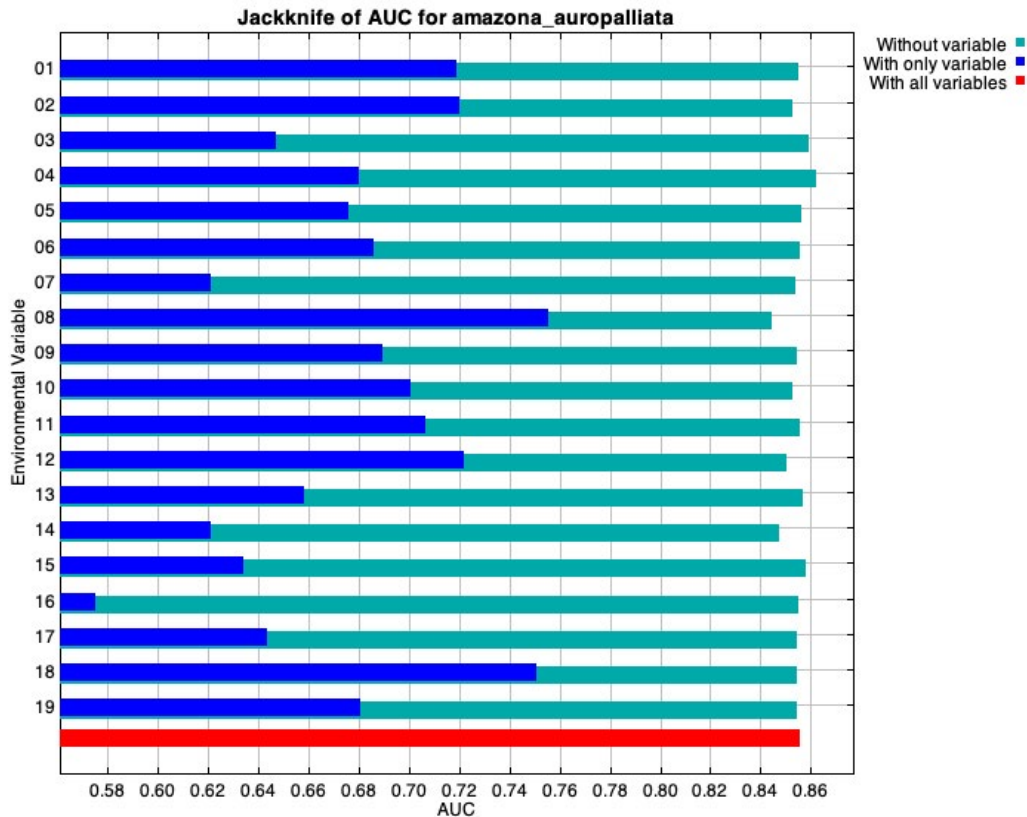
<b>Variable bioclimática</b>	<b>Contribución (%)</b>	<b>Importancia por permutaciones</b>
Temperatura media del mes más húmedo (°C)	21.7	17.6
Precipitación del cuatrimestre más cálido (mm)	21	12.6
Precipitación del periodo más seco (mm)	7.7	14
Precipitación del cuatrimestre más frío (mm)	7.7	8.8
Precipitación anual (mm)	7.3	9.2
Oscilación diurna de la temperatura (°C)	6.5	3.3
Estacionalidad de la temperatura (desviación estándar *100) (°C)	6.4	3.8
Estacionalidad de la precipitación (Coeficiente de variación, CV)	4.1	11.3
Temperatura media del cuatrimestre más frío (°C)	3.9	0.8
Precipitación del trimestre más seco (mm)	3.8	9.4
Precipitación del periodo más húmedo (mm)	2.7	0.9
Isotermalidad (°C) = BIO2/BIO7*100	2.4	1.1
Temperatura promedio anual (°C)	1.7	0.6
Temperatura media del mes más seco (°C)	1.5	3.4
Temperatura media del cuatrimestre más cálido (°C)	0.8	0.4
Oscilación anual de la temperatura (°C) (BIO5-BIO6)	0.3	1.2
Precipitación del trimestre más húmedo (mm)	0.2	1.3
Temperatura mínima del mes más frío (°C)	0.2	0.1
Temperatura máxima promedio del periodo más cálido (°C)	0.2	0.3

variables que aportan al modelo distribucional. Por una parte, el grupo de variables compuesto de Bio08, Bio10 y Bio03 y el grupo Bio04 y Bio05, estuvieron más relacionados con la importancia en la distribución de la especie. El tercer grupo,

se compuso de la mayoría de variables que se agruparon, pero con aportes escasos, tanto para la importancia como para la contribución. El cuarto grupo estuvo conformado por Bio07 y Bio08, con algunos aportes modestos en la

**Figura 4**

Prueba de Jackknife al AUC según las variables climáticas al modelo de distribución de *Amazona auropalliata* en El Salvador.



contribución. Finalmente, tal como lo había expresado el dendrograma jerárquico, las variables Bio01 y Bio02, relacionadas con la temperatura, se encontraron dispersas, pero contribuyendo fuertemente en la distribución de la lora nuca amarilla. El resultado mostró que el eje uno contiene el 90.38% de la varianza.

Al analizar los resultados de la distribución de la especie con MaxEnt, se observó que *Amazona auropalliata*, utilizando un umbral de 0.4, su distribución potencial se reduce principalmente a los departamentos de San Salvador, Santa Ana, Ahuachapán, Sonsonate y Usulután, con el departamento de La Libertad como especie de corredor y algunos puntos escasos en otros departamentos (Figura 7).

Tal como ha sido ampliamente documentado, la distribución de la especie está fuertemente asociada al servicio ecosistémico de provisión

de hábitat de Áreas Naturales Protegidas y Manglares del país (MARN 2013, 2018). Dado que la conexión entre su hábitat está condicionada por mosaicos de agroecosistemas y zonas urbanas, por lo que será necesario considerar estos aspectos en los programas de recuperación de la especie.

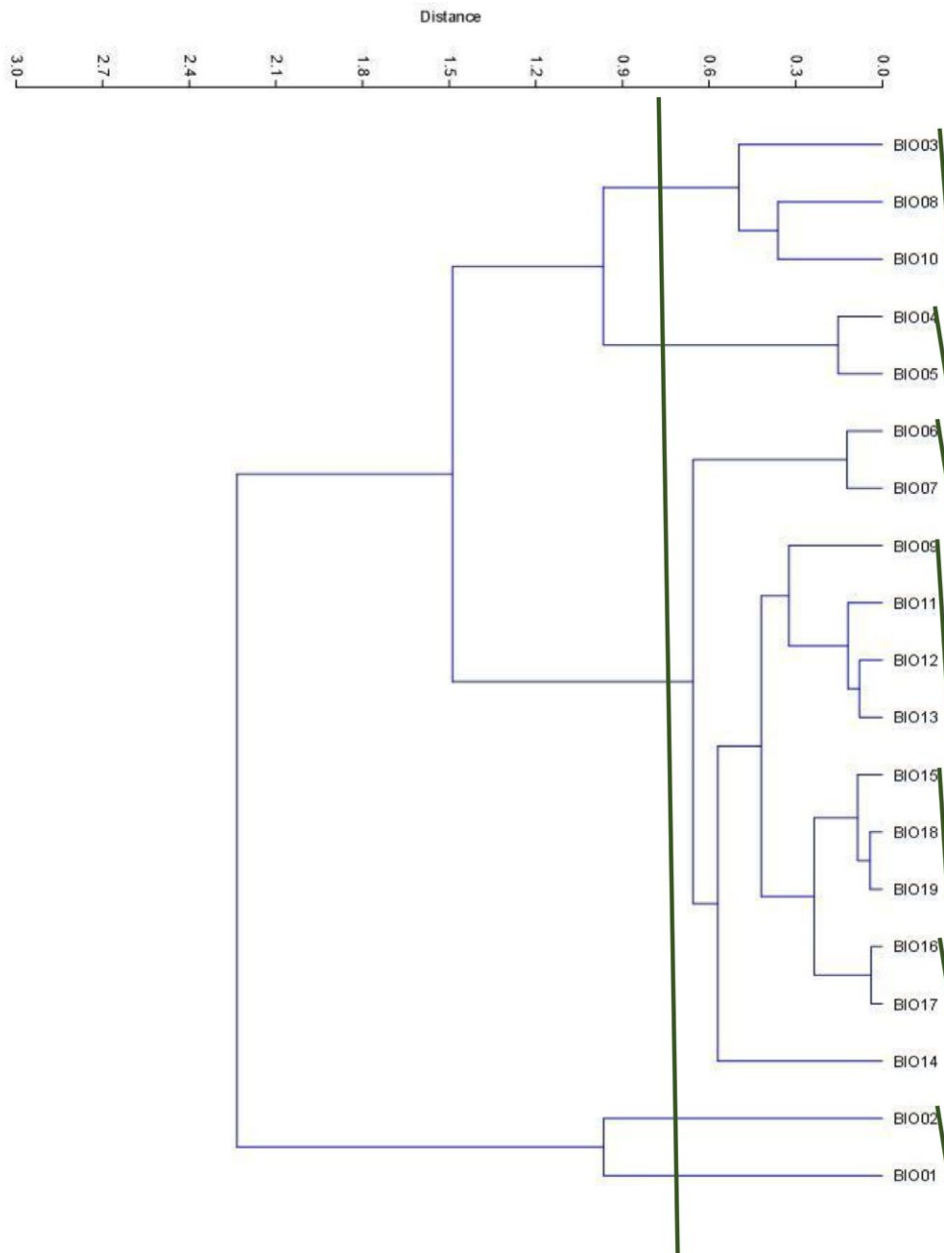
Utilizando 0.9 como umbral de presencia de la especie, se observaron núcleos concentrados de distribución, básicamente en San Salvador, seguido de algunos puntos dispersos en Santa Ana y algunos de los principales manglares del país (Figura 7).

**CONCLUSIONES**

Las variables bioclimáticas predicen adecuadamente la potencial de distribución de *Amazona auropalliata* en El Salvador, con

**Figura 5**

Dendrograma jerárquico de aportes de las variables climáticas al modelo de distribución de *Amazona auropalliata* en El Salvador.



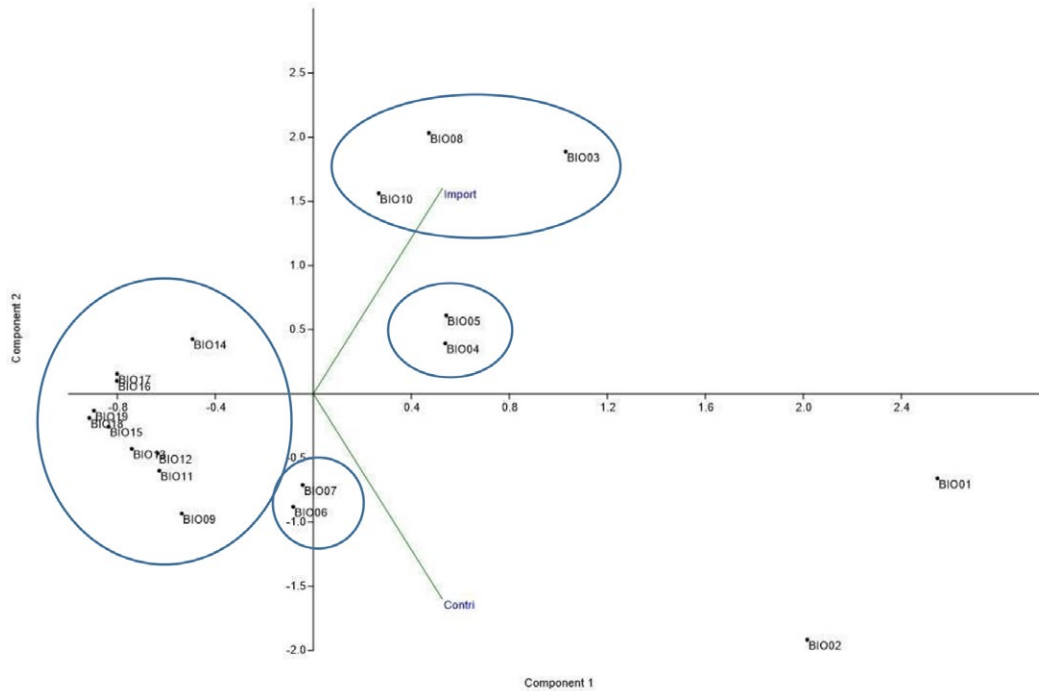
modelos que pueden considerarse confiables, dado que los valores de AUC fueron de 0.856.

Las variables que definieron los modelos fueron principalmente la temperatura media del mes más húmedo, la precipitación del cuatrimestre más cálido y la precipitación en el período más seco.

El modelaje distribucional potencial de la especie, expresado principalmente en los departamentos de San Salvador, Santa Ana, Ahuachapán, Sonsonate y Usulután. La Libertad servirá de base para el establecimiento de programas de recuperación de hábitat, incluyendo la protección de las Áreas Naturales Protegidas, bosques salados, así como en la

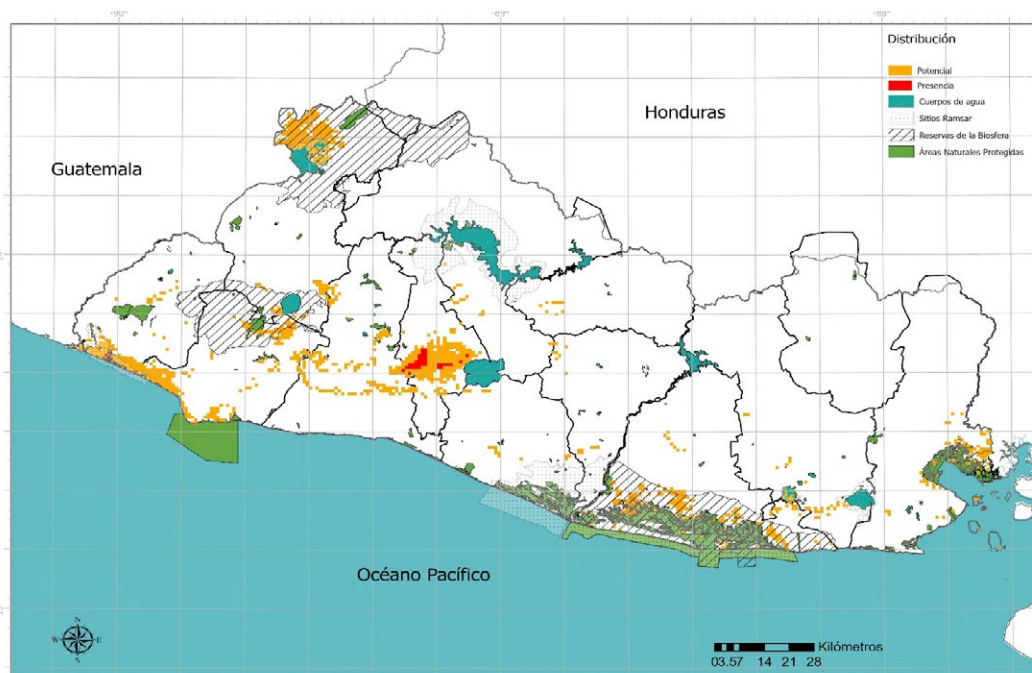
**Figura 6**

Análisis de los Componentes Principales de las variables climáticas al modelo de distribución de *Amazona auropalliata* en El Salvador.



**Figura 7**

Modelo de distribución potencial de *Amazona auropalliata* en El Salvador



Nota: Estimado en MaxEnt

búsqueda de territorios adecuados para la especie en otros usos de la tierra.

El perfil bioclimático determinado para la especie, permitirá modelar su distribución futura, incluyendo las variaciones ocasionadas del Cambio Climático.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece el aporte de Arturo Escalante, Yesenia Peñate y Carolina Canales en cuanto a sus orientaciones para el análisis geográfico de las variables. Dos evaluadores anónimos contribuyeron a mejorar la calidad del manuscrito.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdelaal, Mohamed, Mauro Fois, Giuseppe Fenu, and Gianluigi Bacchetta. 2019. "Using MaxEnt Modeling to Predict the Potential Distribution of the Endemic Plant *Rosa Arabica* Crép. in Egypt." *Ecological Informatics* 50(January):68–75.
- Anderson, R. P. 2015. "El Modelado de Nichos y Distribuciones: No Es Simplemente Clic, Clic, Clic." *Biogeografía* 8:4–27.
- Anderson, Robert P., and Israel Gonzalez. 2011. "Species-Specific Tuning Increases Robustness to Sampling Bias in Models of Species Distributions: An Implementation with Maxent." *Ecological Modelling* 222 (15): 2796–2811.
- Austin, M. and Van Niel, K.P. 2011, Improving species distribution models for climate change studies: variable selection and scale. *Journal of Biogeography*, 38: 1-8. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2010.02416.x>
- Baldwin, Roger A. 2009. "Use of Maximum Entropy Modeling in Wildlife Research." *Entropy* 11(4):854–66.
- Berendsohn, Walter G., Anne Kathrina Gruber, Dagoberto Rodríguez Delcid, and Pablo Olmedo Galán. 2009. "Nova Silva Cuscatlanica: Árboles Nativos e Introducidos de El Salvador. Parte 1: Angiospermae – Familias A a L." *Englera* (29):17–225.
- Berendsohn, Walter G., Anne Kathrina Gruber, Dagoberto Rodríguez Delcid, and Pablo Olmedo Galán. 2016. "Nova Silva Cuscatlanica: Árboles Nativos e Introducidos de El Salvador: Parte 3: Angiospermae – Familias R a Z y Gymnospermae." *Englera* (29):1–356.
- Berendsohn, Walter G., Anne Kathrina Gruber, Jorge Monterrosa Salomón, and José Gerver Molina. 2012. "Nova Silva Cuscatlanica: Árboles Nativos e Introducidos de El Salvador: Parte 2: Angiospermae – Familias M a P y Pteridophyta." *Englera* (29):1–300.
- Bott, R. 1967. "Fluß-Krabben Aus Dem Westlichen Mittelamerika (Crust., Decap.)." *Senckenbergiana Biologica* 48(5/6):373–380.
- Browning, D. 1975. *El Salvador, La Tierra y El Hombre*. Colección. San Salvador, El Salvador: Dirección de Publicaciones e Impresos.
- Búcaro, Rosa Delia, Andries Touw, and Michael Stech. 2012. "Bryoflora Salvadorensis. I. Introduction and Contributions to the Moss Flora of El Salvador." *Bryophyte Diversity and Evolution*.
- Búcaro, R., P. Sollman, and M. Stech. 2019. "Bryoflora Salvadorensis 3. An Updated Checklist and New Records of Pottiaceae for El Salvador." *Phytotaxa*.
- Búcaro, Rosa Delia, Maria Alida Bruggeman-Nannenga, and Michael Stech. 2016. "Bryoflora Salvadorensis. 2. Fissidens (Fissidentaceae, Bryophyta), New Additions." *Lindbergia*.



- Burt, WH, and RA Stirton. 1961. "The Mammals of El Salvador." *Miscellaneous Publications* 117:78.
- Çoban, H. Oğuz, Ömer K. Örucü, and E. Seda Arslan. 2020. "Maxent Modeling for Predicting the Current and Future Potential Geographical Distribution of *Quercus Libani* Olivier." *Sustainability (Switzerland)* 12(7):1-17.
- De León-González, Jesús Angel, Carlos Giovanni Rivera, and Mayra Yaneth Romero. 2004. "Sublittoral Eunicidae and Onuphidae (Polychaeta) from Soft Bottom off El Salvador, Eastern Pacific." *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 84(1):93-101.
- Dickey, DR, and AJ Van Rossem. 1938. "Birds of El Salvador." *Field Museum of Natural History: Zoological Series* 23:1-658.
- Elith, Jane, Catherine H. Graham, Robert P. Anderson, Miroslav Dudík, Simon Ferrier, Antoine Guisan, Robert J. Hijmans, Falk Huettmann, John R. Leathwick, Anthony Lehmann, Jin Li, Lucia G. Lohmann, Bette A. Loiselle, Glenn Manion, Craig Moritz, Miguel Nakamura, Yoshinori Nakazawa, Jacob McC. M. Overton, A. Townsend Peterson, Steven J. Phillips, Karen Richardson, Ricardo Scachetti-Pereira, Robert E. Schapire, Jorge Soberón, Stephen Williams, Mary S. Wisz, and Niklaus E. Zimmermann. 2006. "Novel Methods Improve Prediction of Species' Distributions from Occurrence Data." *Ecography*.
- Elith, Jane, and John R. Leathwick. 2009. "Species Distribution Models: Ecological Explanation and Prediction across Space and Time." *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 40:677-97.
- Elith, Jane, Steven J. Phillips, Trevor Hastie, Miroslav Dudík, Yung En Chee, and Colin J. Yates. 2011. "A Statistical Explanation of MaxEnt for Ecologists." *Diversity and Distributions* 17(1):43-57.
- Eysenbach, Benjamin, and Sergey Levine. 2019. "If MaxEnt RL Is the Answer, What Is the Question?"
- Fick, Stephen E., and Robert J. Hijmans. 2017. "WorldClim 2: New 1-Km Spatial Resolution Climate Surfaces for Global Land Areas." *International Journal of Climatology*.
- Galante, Peter J., Babatunde Alade, Robert Muscarella, Sharon A. Jansa, Steven M. Goodman, and Robert P. Anderson. 2018. "The Challenge of Modeling Niches and Distributions for Data-Poor Species: A Comprehensive Approach to Model Complexity." *Ecography* 41(5):726-36.
- Gallo, Melibea. 2005. "Estado Del Conocimiento de la Biodiversidad En El Salvador." *Documento Final. Ministerio de Medios Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador. San Salvador, El Salvador.* 154 pp..
- Gámez, R. (2011). Guía para la elaboración de mapas de distribución potencial. Retrieved from Universidad Veracruzana website: <https://www.uv.mx/personal/mgamez/files/2010/07/guia-version-germoplasma.pdf>.
- García-Ríos, Cedar I. 2006. "A New Species of *Lepidochitona* (Mollusca: Polyplacophora) from El Salvador." *Veliger*.
- Guevara, Lázaro, Beth E. Gerstner, Jamie M. Kass, and Robert P. Anderson. 2018. "Toward Ecologically Realistic Predictions of Species Distributions: A Cross-Time Example from Tropical Montane Cloud Forests." *Global Change Biology* 24(4):1511-22.
- Gunter, K. 2005. *The Amphibians and Reptiles of El Salvador*. Krieger Publishing Company.
- Gutiérrez, Eliécer E., Robert P. Anderson, Robert S. Voss, José Ochoa-G., Marisol Aguilera, and Sharon A. Jansa. 2014. "Phylogeography

- of Marmosa Robinsoni: Insights into the Biogeography of Dry Forests in Northern South America." *Journal of Mammalogy* 95(6):1175–88.
- Hammer, Øyvind, David A. T. Harper, and Paul D. Ryan. 2001. "Past: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis." *Palaeontologia Electronica*.
- Hartmann-Schröder, Gesa. 1956. "Neue Armandia-arten (Opheliidae, Zpolychaeta) Aus Brasilien Und El Salvador." *Beitrage Zur Neotropischen Fauna*.
- Hartmann-Schröder, Gesa. 1959. "Zur Ökologie Der Polychaeten Des Mangrove-esteregebietes von El Salvador." *Beitrage Zur Neotropischen Fauna*.
- Heikkinen, R. K., Luoto, M., Araújo, M. B., Virkkala, R., Thuiller, W., & Sykes, M. T. (2006). Methods and uncertainties in bioclimatic envelope modelling under climate change. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 30(6), 751-777. <https://doi.org/10.1177/0309133306071957>
- Herrera, Nestor, and Oliver Komar. 2006. "Aves Acuáticas En El Salvador." *Wetlands* 57.
- Holthuis, L. B. 1954. "On a Collection of Decapod Crustacea from the Republic of El Salvador (Central America)." *Zoologische Verhandelingen*.
- Jaynes, E. T. 1957. "Information Theory and Statistical Mechanics." *Physical Review*.
- Keen, M. 1971. *Sea Shells of Tropical West America; Marine Mollusks from Baja California to Peru*. 2nd ed. California: Stanford University Press.
- Kilian, Norbert, and Boris Smalla. 2015. "Ageratum Salvanaturae (Eupatorieae, Compositae), a New Species from the National Park El Imposible, Ahuachapán, El Salvador." *Willdenowia*.
- Komar, Oliver. 2002. "Priority Conservation Areas for Birds in El Salvador." *Animal Conservation*.
- Kramer-Schadt, Stephanie, Jürgen Niedballa, John D. Pilgrim, Boris Schröder, Jana Lindenborn, Vanessa Reinfelder, Milena Stillfried, Ilja Heckmann, Anne K. Scharf, Dave M. Augeri, Susan M. Cheyne, Andrew J. Hearn, Joanna Ross, David W. Macdonald, John Mathai, James Eaton, Andrew J. Marshall, Gono Semiadi, Rustam Rustam, Henry Bernard, Raymond Alfred, Hiromitsu Samejima, J. W. Duckworth, Christine Breitenmoser-Wuersten, Jerrold L. Belant, Heribert Hofer, and Andreas Wilting. 2013. "The Importance of Correcting for Sampling Bias in MaxEnt Species Distribution Models." *Diversity and Distributions* 19(11):1366–79.
- Linares, José. 2003. "Listado Comentado de Los Árboles Nativos y Cultivados En La República de El Salvador." *Ceiba*.
- Lötschert, Wilhelm. 1952. "La Vegetación De El Salvador." *Comunicaciones* 9.
- Maekawa, N., Y. Shirouzu, R. Parada, B. Castillo, and A. Nakagiri. 2013. *Mushrooms of El Salvador*. CENTA and University of Tatory.
- MARN. 2013. *Estrategia Nacional de Biodiversidad*. San Salvador.
- MARN. 2015. *Listado Oficial de Especies de Vida Silvestre Amenazadas o En Peligro de Extinción*. El Salvador: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- MARN. 2018a. *Informe Nacional Del Estado Del Medio Ambiente INEMA 2017*. San Salvador, El Salvador.
- MARN. 2018b. *Inventario Nacional de Bosques de El Salvador (INB) 2018*. San Salvador.
- MARN. 2019. *Sexto Informe Nacional Para El Convenio Sobre La Diversidad Biológica El Salvador*. San Salvador, El Salvador.
- MARN, and PNUMA. 2007. *GEO El Salvador 2003-2006 Informe Del Estado Del Medio*

- Ambiente de El Salvador*. San Salvador, El Salvador.
- McMahan, Caleb D., Wilfredo A. Matamoros, Francisco S. Álvarez Calderón, Wendy Yamileth Henríquez, H. Michelle Recinos, Prosanta Chakrabarty, Enrique Barraza, and Néstor Herrera. 2013. "Checklist of the Inland Fishes of El Salvador." *Zootaxa*.
- Merow, Cory, Matthew J. Smith, and John A. Silander. 2013. "A Practical Guide to MaxEnt for Modeling Species' Distributions: What It Does, and Why Inputs and Settings Matter." *Ecography* 36(10):1058–69.
- Mittermeier, Russell A., Will R. Turner, Frank W. Larsen, Thomas M. Brooks, and Claude Gascon. 2011. "Global Biodiversity Conservation: The Critical Role of Hotspots." in *Biodiversity Hotspots*.
- Moreno, Roberto, Ricardo Zamora, Juan Ramón Molina, Angélica Vasquez, and Miguel Ángel Herrera. 2011. "Predictive Modeling of Microhabitats for Endemic Birds in South Chilean Temperate Forests Using Maximum Entropy (Maxent)." *Ecological Informatics*.
- Myers, Norman. 2003. "Biodiversity Hotspots Revisited." *BioScience* 53(10):916–17.
- Myers, Norman, Russell A. Mittermeyer, Cristina G. Mittermeyer, Gustavo A. B. Da Fonseca, and Jennifer Kent. 2000. "Biodiversity Hotspots for Conservation Priorities." *Nature*.
- Ortega-Pacheco, Daniel, Maria J. Mendoza-Jimenez, and Paul Herrera. 2019. "Mangrove Conservation Policies in the Gulf of Guayaquil." in *Climate Change Management*.
- Otto-Bliesner, Bette L., Shawn J. Marshall, Jonathan T. Overpeck, Gifford H. Miller, and Aixue Hu. 2006. "Simulating Arctic Climate Warmth and Icefield Retreat in the Last Interglaciation." *Science*.
- Owen, J. G., J. K. Jones, and R. J. Baker. 1991. "Annotated Checklist of Land Mammals of El Salvador." *Occasional Papers the Museum Texas Tech University* 139:1–20.
- Owen, James, and Luis Girón. 2012. "Revised Checklist and Distributions of Land Mammals of El Salvador." *Museum of Texas Tech University*.
- Paredes, G. V. R., Gonzalez, M. A., Gonzalez, A. M., Amaya-Díaz, J., Saravia, F., Tesonero, C., Marín, M. F., & Carmona-Galindo, V. D. (2020). Aplicación de máxima entropía para el modelaje del nicho fundamental de la interacción *Triatoma dimidiata*—*Trypanosoma cruzi* (Tc 1) en El Salvador. *Revista Fesahancocal*, 6(2), 36–37.
- Peterson, A. T., J. Soberón, and V. Sánchez-Cordero. 1999. "Conservatism of Ecological Niches in Evolutionary Time." *Science*.
- Peterson, A. Townsend, Robert P. Anderson, Marlon E. Cobos, Martín Cuahutle, Angela P. Cuervo-robayo, Luis E. Escobar, Marc Fernandez, Daniel Jiménez-garcía, Andrés Lira-noriega, Jorge M. Lobo, Fernando Machado-stredel, Enrique Martínez-, Claudia Nuñez-penichet, Javier Nori, Luis Osorio-olvera, and María Teresa. 2019. "Curso Modelado de Nicho Ecológico, Versión 1.0." *Biodiversity Informatics* 14:1–7.
- Phillips, P., and C. Cole. 1978. "Fisheries Resources of Jiquilisco Bay, El Salvador." Pp. 81–94 in *Proceedings of the 30th Annual Session, Gulf and Caribbean Fisheries Institute*. Gulf and Caribbean Fisheries Institute.
- Phillips, S. J. 2020. "A Brief Tutorial on Maxent." Phillips, S. J. 2020. A Brief Tutorial on Maxent. Available from Url: [Http:// Biodiversityinformatics.Amnh.Org/Open\\_source/Maxent/](http://Biodiversityinformatics.Amnh.Org/Open_source/Maxent/)." *AT&T Research*.
- Phillips, Steven J., Robert P. Anderson, Miroslav Dudík, Robert E. Schapire, and Mary E. Blair. 2017. "Opening the Black Box: An Open-

- Source Release of Maxent." *Ecography* 40(7):887–93.
- Phillips, Steven J., Robert P. Anderson, and Robert E. Schapire. 2006. "Maximum Entropy Modeling of Species Geographic Distributions." *Ecological Modelling* 190:231–59.
- Phillips, Steven J., and Miroslav Dudík. 2008. "Modeling of Species Distributions with Maxent: New Extensions and a Comprehensive Evaluation." *Ecography*.
- Radosavljevic, Aleksandar, and Robert P. Anderson. 2014. "Making Better Maxent Models of Species Distributions: Complexity, Overfitting and Evaluation." *Journal of Biogeography* 41(4):629–43.
- Ratcliffe, Brett C., and Ronald D. Cave. 2002. "New Species of Cyclocephala from Honduras and El Salvador (Coleoptera: Scarabaeidae: Dynastinae: Cyclocephalini)." *Coleopterists Bulletin*.
- Rivera, C., and M. Romero. 2008. "Checklist of Polychaetes (Annelida: Polychaeta) from El Salvador, Eastern Pacific." *Check List*.
- Scheldeman, X., and M. Van Zonneveld. 2011. *Manual de Capacitación En Análisis Espacial de Diversidad y Distribución de Plantas*. Rome: Biodiversity International.
- Shcheglovitova, Mariya, and Robert P. Anderson. 2013. "Estimating Optimal Complexity for Ecological Niche Models: A Jackknife Approach for Species with Small Sample Sizes." *Ecological Modelling* 269:9–17.
- Soberón, Jorge, and Miguel Nakamura. 2009. "Niches and Distributional Areas: Concepts, Methods, and Assumptions." *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*.
- Soberón, Jorge, and A. Townsend Peterson. 2005. "Interpretation of Models of Fundamental Ecological Niches and Species' Distributional Areas." *Biodiversity Informatics*.
- Van Tassell, J., and C. Baldwin. 2004. "A Review of the Gobiid Genus Akko (Teleostei: Gobiidae) with Description of a New Species." *Zootaxa*.
- Waltari, Eric, Ronny Schroeder, Kyle McDonald, Robert P. Anderson, and Ana Carnaval. 2014. "Bioclimatic Variables Derived from Remote Sensing: Assessment and Application for Species Distribution Modelling." *Methods in Ecology and Evolution* 5(10):1033–42.
- Warren, Dan L., and Stephanie N. Seifert. 2011. "Ecological Niche Modeling in Maxent: The Importance of Model Complexity and the Performance of Model Selection Criteria." *Ecological Applications* 21(2):335–42.
- WB. 2020. *World Bank Country Forest Note. A Green Deal for El Salvador: Green Infrastructure for Nature-Based Income and Services*. Washington.
- Zhang, Jingjie, Feng Jiang, Guangying Li, Wen Qin, Shengqing Li, Hongmei Gao, Zhenyuan Cai, Gonghua Lin, and Tongzuo Zhang. 2019. "Maxent Modeling for Predicting the Spatial Distribution of Three Raptors in the Sanjiangyuan National Park, China." *Ecology and Evolution* 9(11):6643–54.

# ARTÍCULOS DE REVISIÓN







# Revista MINERVA

Plataforma digital de la revista: <https://minerva.sic.ues.edu.sv>



## Las voces subalternas en la Puerta del Cielo de Luis de Lion

### The Subaltern Voices at the Gate of Heaven by Luis de Lion

Luis Antonio Tobar-Quintero<sup>1</sup>

Correspondencia:  
luis.tobar@ues.edu.sv

Presentado: 25 de febrero de 2021  
Aceptado: 13 de abril de 2021

<sup>1</sup> Facultad Multidisciplinaria de Occidente, Universidad de El Salvador

#### RESUMEN

La escritura desarrollada por Luis de Lion, está marcada por sucesos vivenciales que influyeron en la producción literaria del mismo. Descendiente de una etnia maya guatemalteca, sufre en carne propia la discriminación racial por parte de los ladinos en la ciudad de Guatemala. Así pues, el objetivo del presente artículo es analizar la obra, "La Puerta del Cielo" en una doble vía: en primer lugar, aplicándole un análisis narratológico, basado en las teorías de Ducrot, Todorov, Reis, Valles y Álamo y en segundo lugar, una crítica identificada en la obra del autor, desde la teoría de la colonialidad del poder desarrollada por Aníbal Quijano al aplicarlas a temáticas donde se refleja la conflictividad ladino/indígena, blanco/negro, productos de la modernidad y la racialización en las relaciones de poder.

**Palabras clave:** Literatura indígena, Luis de Lion, Narrativa, Subalternidad, Colonialidad del poder.

#### ABSTRACT

The writing developed by Luis de Lion is marked by experiential events that influenced his literary production. Descendant of a Guatemalan Mayan ethnic group, he suffers firsthand racial discrimination by Ladinos in Guatemala City. Thus, the objective of this article is to analyze the work, La Puerta del Cielo in a double way: first, applying a narratological analysis, based on the theories of Ducrot, Todorov, Reis, Valles and Álamo and secondly, a criticism identified in the author's work, from the theory of the coloniality of power developed by Aníbal Quijano when applying them to themes that reflect the ladino / indigenous conflict, black / white, products of modernity and racialization in power relations.

**Keywords:** Indigenous literature, Luis de Lion, Narrative, Subalternity, Coloniality of power.

*Las clases sociales durante la colonia se presentaron ocultas bajo las formas de categorías étnicas: el banco europeo estaba colocado en el estrato superior; el nativo indio era relegado al último escalón social.*

Alejandro Dagoberto Marroquín

## INTRODUCCIÓN

La escritura desarrollada por Luis de Lion, está marcada por sucesos vivenciales que influirán en la producción literaria del mismo. Descendiente de una etnia maya guatemalteca, sufre en carne propia la discriminación racial por parte de los ladinos en la ciudad de Guatemala. Ello, será un elemento importante a la hora de entender la estética del autor, como un rechazo a los cánones dominantes desde la visión eurocéntrica.

Así pues, el objetivo del presente artículo es analizar la obra, “La puerta del cielo” de Luis de Lion, en una doble vía: en primer lugar, aplicándole un análisis narratológico, basado en las teorías de Ducrot, Todorov, Reis, Macario, Valles y Álamo y en segundo lugar, una crítica identificada en la obra del autor, analizada desde la teoría de la colonialidad del poder, desarrollada por Quijano al poner en el centro de las temáticas tratadas, la conflictividad ladino/indígena, blanco/negro en la sociedad guatemalteca.

“La puerta del cielo”, sale a luz pública como una exigencia de la familia del escritor, que fue ganada en un juicio en el año 2004 al Estado guatemalteco, por la desaparición de Luis de Lion en 1984, bajo el mando de Efraín Ríos Mont, periodo en el cual los grupos mayas fueron casi exterminados por la dictadura militar.

## PRINCIPALES ASPECTOS BIOGRÁFICOS DEL AUTOR

Nació como José Luis de León el 19 de agosto de 1939 en San Juan del Obispo en una familia de raíces kaqchikeles. El padre de Luis fue policía,

situación que le permitió estudiar educación básica y secundaria. Posteriormente se trasladó a la ciudad de Guatemala, en una época donde ser indígena era estar rezagado a condiciones precarias. En 1959 se graduó de maestro en el Instituto Larrazábal, tiempo después comenzó a escribir en periódicos estudiantiles y trabajó de profesor en escuelas rurales.

En la década de los 70 del siglo pasado, según Arias (2016), estudió filosofía y literatura, tiempo en el cual escribió su primer artículo titulado “El indio por el indio”. El contacto con círculos críticos, llevó a de Lion a ejercer duras críticas al racismo, cometido por los militares y grupos de poder del país. En 1966 publica los cuentos, “Los zopilotes y su segunda muerte”, en 1972 ganó el segundo lugar de los juegos florales con la novela, “El tiempo principia en Xibalba”.

Según el análisis de Arias, los temas tocados en estas primeras obras, están relacionados con la subalternidad del poder, en la que los mayas como pueblo indígena han sido marginados, racializados y humillados por la cultura ladina eurocéntrica. De hecho, los primeros dos cuentos y la novela harán hincapié en rescatar del olvido la cultura autóctona, la cual se mira con ojos de inferioridad por parte de las personas blancas, y esto terminará en la represión de los indígenas durante la guerra civil guatemalteca.

Luis de Lion es secuestrado el 15 de mayo de 1984 a las cinco de la tarde, debido a su nivel de organización y contacto con las ideas liberadoras. A partir de esta fecha, no se supo nada de él, es con la llegada de los acuerdos de paz, que su nombre aparece en la lista de personas ejecutadas durante el conflicto armado. Posteriormente, la familia gana un

juicio contra el Estado, por la desaparición y muerte. Sus obras empiezan a publicarse por el Ministerio de Cultura y Deportes. Así es como se publica “La puerta del cielo” en el año 2011.

## **EL CONTEXTO DEL SURGIMIENTO DE LA LITERATURA INDÍGENA GUATEMALTECA**

Los orígenes de la literatura maya se inician antes de ser conocida como maya e incluso con el carácter de literatura. Arias (2016), plantea que su origen puede localizarse en la década del 60, bajo el esfuerzo solidario de dos autores y amigos: Luis de Lion y Francisco Morales Santos. El trabajo de ambos escritores, se produce en círculos académicos, tal como lo plantea Arias al decir, “(...) En la universidad se unió a su viejo amigo Morales Santos y formó un grupo de estudio sabatino donde leían y discutían trabajos de grandes figuras literarias como Jorge Luis Borges y Octavio Paz (...)”. (p. 67)

La identificación de la literatura indígena, dentro del canon literario, ha sido un debate constante durante muchos años, Zavala y Araya (2008), parten de que este tipo de literatura puede considerarse dentro de lo oral como de lo escrito. Con base a lo anterior, el carácter oral de la mayoría de escritos indígenas, no debe ser un criterio para excluirla del canon literario occidental. Esto mismo, aplica para las grandes obras como la “Ilíada” u “Odisea”, por lo tanto, ambas poseen la misma categoría de literatura.

Con el tiempo, el rescate de estos textos dejados por los antepasados, se recuperaron y publicaron bajo la autoría de una persona, esto le brinda el carácter de literatura canónica indígena, la cual busca reivindicar, las historias literarias nacionales de cada uno de los países. Entre los autores más importantes están: Miguel León Portilla, Ángel María Garibay, Luis de Lion y Francisco Morales Santos. Zavala y Araya

(2008) muestran el proceso de la conversión de la literatura indígena en canónica, al plantear:

La ruta de acceso más legitimada de la literatura indígena al mundo de las letras occidentales ha sido la labor de reelaboración de algunos escritores criollos, mestizos y extranjeros. En Centroamérica, ha habido un grupo considerable de escritores que, principalmente en los siglos XIX y XX, se interesaron por la cultura indígena (...). (p. 269)

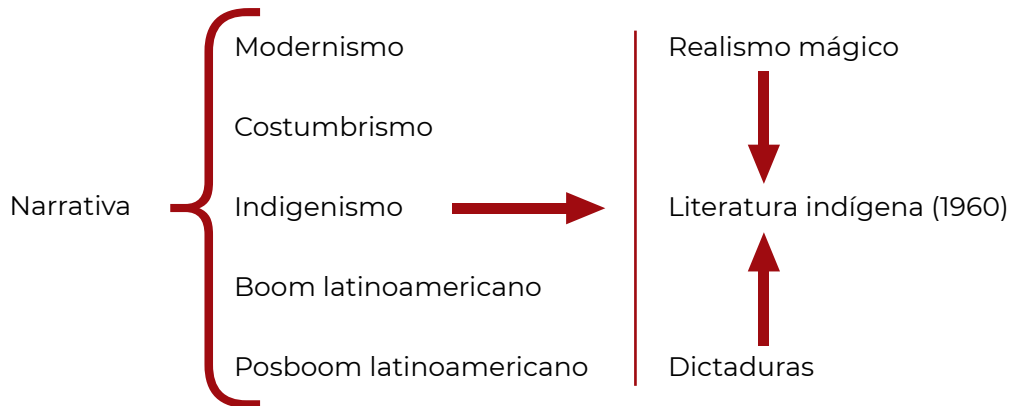
Dentro de esas grandes literaturas indígenas, los aportes del escritor estudiado son muy importantes desde la década del sesenta, sobre todo porque trata de reivindicar el papel de la cultura maya en la sociedad guatemalteca. El autor, a través del uso de técnicas narrativas del canon occidental, pone en el escenario nacional y regional, la importancia del otro cultural, marginado por la cultura occidental. A continuación, se presenta la figura 1 donde se sistematiza el contexto de la literatura indígena guatemalteca.

El contexto de la época, determinó en buena medida la escritura de una diversidad de temas relacionados a los procesos de exclusión y represión de las mayorías. Por ende, la lógica con que se escribió la literatura indígena canónica, dejó marcada la vivencia de quienes escribían, debido a que ellos provenían de esas culturas invisibilizadas. Zavala y Araya (1995), en su análisis sobre *La historiografía literaria en América Central 1957-1987*, caracterizan la escritura guatemalteca de este periodo, al expresar:

Esta situación explica que los escritores tomen sus asuntos de aquello que les es visible distintivo de la vida nacional: la pobreza campesina, la explotación del indígena, la ignorancia, las supersticiones, la simplicidad o ausencia de ideales y el ámbito físico en donde ocurren esas situaciones (...). (p. 157)

**Figura 1**

Contexto literario del surgimiento de la literatura indígena



Fuente: elaboración propia

En la obra de Luis de Lion, se refleja la crítica expuesta por las autoras, donde el contexto político-social tuvo mucha influencia en la sociedad guatemalteca. Es importante, recalcar las influencias del posboom con un sujeto polisémico que giraba en distintas direcciones y se ocupaba de una multiplicidad de temáticas. En esta vía, resulta interesante la explicación de Tornés (2018), al plantear que las influencias del posboom en la literatura latinoamericana, implicó entre otras cosas, que la escritura se manifestara en contra del discurso dominante y el poder derivado del mismo.

**EXPLICACIÓN DEL TEMA DE LA OBRA**

“La puerta del cielo”, reúne los mejores cuentos del autor, después de su muerte. El título proviene del cuento más sobresaliente y narra como en todas sus primeras obras, las remembranzas personales del autor. Dichos relatos en su conjunto y siguiendo la opinión de Arias (2016), muestran una visión de los subalternos. Además, constituye un boceto del proyecto novelístico que ya se encontraba en las ideas del escritor.

La inspiración para dedicarse a escribir dichos cuentos, estuvo influenciada por el contacto que de Lion tuvo con los ladinos en su vida de estudiante. En este tiempo el autor era llamado

por los ladinos como el “indio”. El choque cultural, les produjo la marginalidad a las culturas autóctonas, cuyo reflejo se expone en los primeros cuentos, que como se dijo fueron reunidos en “La puerta del cielo”. El proyecto estético en esta obra, revaloriza la inferioridad internalizada en los niños pueblerinos de las comunidades mayas, que fue resultante de la visión racializada del poder, impuesto desde el periodo de la colonia en Centroamérica.

A la vez, parte de las temáticas que se abordan en la obra, tienen relación con la imposición de la concepción de belleza por los conquistadores sobre los pueblos nativos de Centroamérica. El ideal de la misma, se concretó desde la visión del blanco. De Burgos (2010), plantea “La colonización de la conciencia también conllevó al surgimiento de lo que algunos llaman “la mentalidad colonial” o “colonialismo mental”, término que se refiere a la noción cultural de inferioridad” (...). (p. 9)

De esta manera, los cuentos que se exponen en “La puerta del cielo”, obedecen a la crítica que el autor realiza con base a su experiencia en la ciudad de Guatemala, con lo que demuestra la situación en la que se encuentran los mayas. Las temáticas, expuestas en “La puerta del cielo” giran en torno a la colonialidad del poder, desarrollada por Quijano (2017), quien expone:

(...) En el curso del despliegue de esas características del poder actual, se fueron configurando las nuevas identidades sociales de la colonialidad (indios, negros, aceitunados, amarillos, blancos, mestizos) y las geoculturas del colonialismo (América, África, Lejano Oriente, Cercano Oriente, Occidente o Europa) (...). (p. 106)

Esto expresa claramente, la marginalidad de las culturas por el dominio eurocentrista, crítica implícita reflejada por De Lion en sus historias. Por lo tanto, la colonialidad del poder se manifestó en la dominación de una cultura sobre otra, caso ocurrido a las etnias mayas en Guatemala. Bajo esta lógica, se manifiestan los temas desarrollados por el escritor. Las tesis de la literatura indígena, donde el que escribe, lo hace defendiendo la postura de la cultura autóctona, son:

1. La literatura indígena da a conocer los rasgos de la literatura indígena.
2. Los escritores y poetas indígenas individuales reivindican un lugar para su escritura en calidad de autores, rompiendo el anonimato.
3. El escritor indígena ya no es un indígena que borra su identidad tras las formas y el lenguaje de un movimiento estético, sino un escritor que reivindica un lugar en el campo estético.
4. Aparece en la narrativa indígena, la conciencia lucida, aunque atormentada, de un narrador que transporta la visión de alguien que pertenece a la cultura autóctona.
5. Entre el narrador, personajes de ficción y el autor se establece un compromiso de representación. Evidentemente, la cultura de origen y el autor no son ajenos al texto sino, por el contrario, lo confirman.

Las tesis anteriores, pudieran definirse bajo un rasgo común dentro de todos los escritores, y es el de asumir un compromiso con la cultura a la cual pertenece y exponer los principales rasgos que la identifica. Esto, con el objetivo de divulgar la importancia de los distintos grupos étnicos en la sociedad actual. Por ende, la denuncia contra los abusos cometidos desde el poder es un claro reflejo en la obra analizada.

## TÉCNICAS NARRATIVAS APLICADAS POR EL AUTOR (ANÁLISIS DE MUESTRAS)

### LOS HIJOS DEL PADRE

Tema	La polarización de la sociedad entre indígenas y ladinos/ La imposición de una visión sobre un sujeto subalterno indígena
Tesis que aplica	3, 4 y 5
Sintaxis narrativa	Una sola secuencia
Narrador	Homodiegético testigo, primera persona
Focalización	Focalización externa e interna
Estilo (escenas)	Estilo directo e indirecto libre
Velocidad narrativa	Narración en disminución, con pausa descriptiva
Orden	Secuencia cronológica

---

Tipología	Clásico
Personajes	Principales y secundarios planos
Atmósfera	Tensa, ansiedad

---

*Fuente:* adaptado de Ducrot y Todorov (2003), Reis y Macario (2002), Valles y Álamo (2002).

**RESUMEN:**

En “Los hijos del padre” se rearticula la parodia por medio de la procesión de Semana Santa, una encabezada por los ladinos o blancos y la otra por los indígenas, pobres, en la cual los primeros siempre imponen sus condiciones por medio de la religión contra los nativos. Narrada en una sola secuencia, mostrada mediante la virtualidad, actualización y acabamiento de la historia, donde se auxilia de un sujeto homodiegético testigo, primera persona, en la que el autor se identifica con la

cultura autóctona, se siente parte de la misma, lo que se muestra en la utilización de un estilo directo e indirecto libre, por medio del cual se refleja de manera literal el pensamiento de los personajes, haciendo uso de guiones, signos de pregunta y exclamación en toda la historia, que se desarrolla en una atmósfera tensa y de ansiedad al reflejar el conflicto entre la cultura ladina y la indígena, desde la subalternidad del poder, desarrollada por una ideología eurocéntrica.

---

**LA PUERTA DEL CIELO**

---

Tema	La imposición de la cultura europea sobre la indígena/El choque de culturas, que se representa por la conflictividad blanco-indígena
Tesis que aplica	1, 3, 4 y 5
Sintaxis narrativa	Una sola secuencia
Narrador	Homodiegético testigo, primera persona
Focalización	Focalización externa e interna
Estilo (escenas)	Estilo directo e indirecto libre
Velocidad narrativa	Narración en disminución, con pausa descriptiva
Orden	Secuencia cronológica
Tipología	Clásico
Personajes	Principales y secundarios planos
Atmósfera	Tensa, ansiedad

---

*Fuente:* adaptado de Ducrot y Todorov (2003), Reis y Macario (2002), Valles y Álamo (2002).

**RESUMEN:**

En “La puerta del cielo”, de Lion refleja la

etnicidad al establecer su lugar de procedencia y el de su cultura, haciendo uso de la parodia.



Asimismo, muestra la visión racializada, deshumanizada e interiorizada de las etnias mayas guatemaltecas por parte de la cultura eurocéntrica, utilizando una sola secuencia (virtualidad, actualización y acabamiento) y un narrador homodiegético testigo primera persona con una focalización interna y externa, en la que establece un compromiso de representación con los personajes. El autor devela el racismo ladino vivido por su

pueblo, por ello, se auxilia de un estilo directo e indirecto, que se refleja mediante la utilización de guiones, signos de pregunta y exclamación que muestran el pensamiento literal de los personajes, quienes se desenvuelven en una atmósfera tensa y de ansiedad debido a la invasión de los ladinos a su territorio, en el que solo existe una cosmología del mundo, que se muestra en la historia con la llegada del misterioso hombre blanco al pueblo.

---

### LA MISS

---

Tema	La dominación colonial ladina sobre la indígena/la visión marginal del sujeto maya en relación con la cultura blanca
Tesis que aplica	1, 3, 4 y 5
Sintaxis narrativa	Una secuencia
Narrador	Autodiegético protagonista, primera persona
Focalización	Focalización interna
Estilo (escenas)	Estilo directo e indirecto libre
Velocidad narrativa	Narración en disminución, con pausa descriptiva
Orden	Secuencia cronológica
Tipología	Clásico
Personajes	Principales y secundarios planos
Atmósfera	Tensa, ansiedad

---

*Fuente:* adaptado de Ducrot y Todorov (2003), Reis y Macario (2002), Valles y Álamo (2002).

#### RESUMEN:

“La miss” es muy parecida a “La puerta del cielo”, debido a que articula al sujeto marginal maya, visto desde la visión eurocéntrica, en la que la idea de belleza se impone sobre la cultura indígena. Utiliza una secuencia (virtualidad, actualización y acabamiento) a través del narrador autodiegético protagonista primera persona, que muestra la imposición de la belleza blanca; el protagonista viaja

buscando la mujer ideal, y lo manifiesta con la articulación de un estilo directo e indirecto libre, al reflejar los pensamientos de manera literal, al utilizar guiones, signos de exclamación y pregunta, con una focalización interna, que muestra un compromiso de representación entre el narrador, los personajes de ficción y el autor. La atmósfera donde se desenvuelve la historia es de tensión y ansiedad; al final del viaje, la búsqueda de ese amor ideal blanco, fracasa debido a que el protagonista pertenece

a una etnia maya marginal de la ciudad de Guatemala.

## CONCLUSIONES

Los estudios sobre la literatura maya surgieron en la década de 1960, y fueron realizados por Luis de Lion y Francisco Morales Santos, como medio para la recuperación de la identidad étnica de la marginalidad en la que se encontraban, esto significó para su tiempo un tipo de literatura vanguardista..

“La puerta del cielo” se clasifica como literatura indígena canónica de orden individual, ya que el autor utiliza parámetros de la literatura occidental, para escribir las diferentes historias sobre las culturas autóctonas, que reflejan la visión del otro cultural o el jua si historia.

Las influencias en el apareamiento de la literatura indígena, están relacionadas con el boom, el posboom latinoamericano y las dictaduras en Guatemala, donde la multiplicidad de discursos creados giraba como una crítica al discurso dominante impuesto desde las elites blancas sobre los sujetos marginales.

Los temas que trata Luis de Lion en “La puerta del cielo”, tienen relación con una serie de factores como la visión racializada, del conflicto indígena-ladino, la colonialidad del poder blanco, las diferencias de la estética de la belleza occidental, la imposición de una visión cosmogónica sobre otra, el papel poco significativo de la iglesia como una defensora de los hijos de Dios y aliada con los ladinos.

Desde la crítica cultura, de Lion puede ser considerado como uno de los primeros autores en hacer fuertes críticas a la visión eurocéntrica de la cultura y la forma de interpretar la realidad. Su obra pone en el centro de la discusión el conflicto étnico entre ladinos y mestizos, cuyo origen data de la conquista y colonización de los pueblos mayas por los europeos.

En “La puerta del cielo”, el escritor para abordar las diferentes temáticas, se auxilia del concepto sobre la colonialidad del poder para develar el origen de la clasificación social, impuesta por los colonizadores dentro de la sociedad guatemalteca, donde la articulación de la dominación ladina estuvo influenciada por la marginación de los estratos étnicos mayas, al considerarlos inferiores dentro de la civilización.

## REFERENCIAS

- Arias, A. (2016). *Recuperando las huellas perdidas. El surgimiento de narrativas indígenas en Abya Yala*. Editorial Cultura.
- De Burgos, H. (2010). *Racismo, símbolos de la belleza, autoestima y salud mental en El Salvador*. *Identidades*, (1), pp. 8-30.
- De Lion, L. (2011). *La puerta del cielo*. Editorial Cultura.
- Ducrot, O. y Todorov, T. (2003). *Diccionario enciclopédico de las ciencias del lenguaje*. Siglo XXI Editores.
- Quijano, A. (2017). *La colonialidad del poder*. Fondo Editorial Casa de las Américas.
- Reis, C. y Macario, A. (2002). *Diccionario de narratología*. Ediciones Almar.
- Tornés, E. (2018). *Hispanoamérica: la narrativa del posboom y otras tendencias*. Editorial Universitaria.
- Valles, J. y Álamo, F. (2002). *Diccionario de teoría de la narrativa*. Editorial Alhulia.
- Zavala, M., y Araya, S. (1995). *La historiografía literaria en América Central: 1957-1987*. Editorial Fundación UNA.
- Zavala, M., y Araya, S. (2008). *Literaturas indígenas de Centroamérica*. Editorial Universidad Nacional.





# SIC-UES

Secretaría de Investigaciones Científicas  
de la Universidad de El Salvador

**VICERRECTORÍA ACADÉMICA**  
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
AL SERVICIO DE LA NACIÓN



ISSN 2521-8794



9 772521 879403