

CIENCIA

UNEMI

Revista de la Universidad Estatal de Milagro
Milagro, Ecuador



Indexada en:



En Catálogo



CIENCIA

UNEMI

UNIVERSIDAD
ESTATAL DE MILAGRO
UNEMI

Evolución Académica

Departamento de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación

Ing. Fabricio Guevara Viejo, PhD.

Rector

Ing. Richard Ramírez Anormaliza, PhD.

Vicerrector Académico y de Investigación

Ing. Washington Guevara Piedra, MSc.

Vicerrector Administrativo

Lda. Diana Pincay Cantillo

Secretaria General

Lsi. Javier Benítez Astudillo, MSc.

**Director del Departamento de Investigación,
Desarrollo Tecnológico e Innovación**

Vigésimo Noveno Número

ISSN 1390-4272 Impreso

ISSN 2528-7737 Electrónico

Indexada en: ESCI (Emerging Sources Citation

Index) WoS, Latindex, Folio 19258

Dialnet, Código 23546

REDIB, CREI-OEI, Research Bib, OAJI

Actualidad Iberoamericana, MIAR, ERIHPLUS, BASE,

DOAJ, EBSCO.

Enero - Abril, 2019

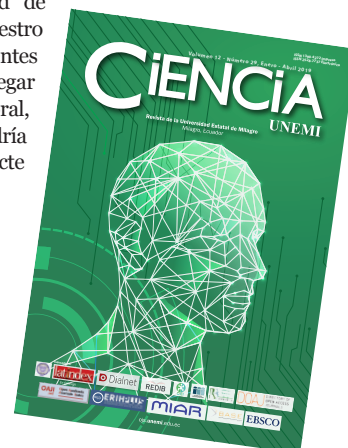
Milagro – Ecuador

La revista Ciencia UNEMI es una revista científica indizada y arbitrada, de publicación semestral. Dirigida a la población universitaria, que difunde los trabajos de investigación científica y reflexiones teóricas relacionadas con las áreas: Industrial; Tecnología, Informática y Comunicación; Administración y Gerencia; Salud Pública y Educación y Cultura. Se autoriza la reproducción total o parcial de los artículos, siempre y cuando se cite su procedencia. Las opiniones de los autores son de su exclusiva responsabilidad y la revista no se solidariza con doctrinas, ideas o pensamientos expresados en ellos.

Solicitudes, comentarios y sugerencias favor dirigirse a: Universidad Estatal de Milagro, Departamento de Investigación, Revista Ciencia UNEMI. km 1.5, vía Milagro a Parroquia Virgen de Fátima. O comunicarse por + 593 04 2715081 Ext. 3205-3210. Dirección electrónica: ciencia_unemi@unemi.edu.ec

Portada:

El cerebro humano es una red de conexiones que ordenan a nuestro cuerpo para realizar diferentes acciones, muchas veces puede llegar a colapsar debido al estrés laboral, sin un cuidado adecuado se podría conllevar a grandes daños que afecte a la movilidad del cuerpo.



Revista Ciencia UNEMI

Lda. Haydelba D'Armas Regnault, PhD.

Revisor de Estilo

Lcdo. Victor Enrique Zea Raffo

Arte y Diagramación

Ing. Ruth Farías Lema

Gestor Técnico

Lcdo. Víctor Cabezas Pinta

Dirección de Comunicación Institucional

Contenido

Vol. 12, N° 29, Abril 2019 ISSN 1390-4272 Impreso ISSN 2528-7737 Digital

Editorial	0
Exposición a factores psicosociales laborales y sintomatología de estrés en trabajadores peruanos. Manuel Pando Moreno; Santiago Gascón Santos; Walter Varillas Vilches; Carolina Aranda Beltrán.	1
Fitoquímica de Lippia citriodora K cultivada en Ecuador y su actividad biológica. Elington Vélez; Haydelba D'Armas Regnault; Carmita Jaramillo Jaramillo; Ana Echavarría Vélez; Chinwe Christy Isitua.	09
El Cuadro de Mando Integral Aplicado a la Planificación Estratégica de la Banca Privada Patricio Abad Alvarado.	20
Redes Neuronales Artificiales: factores que determinan la cosecha de caña en la industria azucarera. Italo Mendoza Haro; Hiram Marquetti Nodarse.	36
Reducción de trazas de materia orgánica en agua potable mediante la adsorción con Zeolita. Richard Ramírez Palma; Alejandro Véliz Aguayo; Juan Garcés Vargas; Lucrecia Moreno Alcívar; Gerardo Herrera Brunett; Miguel Salvatierra Barzola.	51
Aceptación de los estudiantes universitarios en el uso de los sistemas e-learning Moodle desde la perspectiva del modelo TAM. Fernando Terán Guerrero.	63
Normas de Publicación.	77

Content

Vol. 12 N° 29 Enero-Abril 2019 ISSN 1390-4272 Printed ISSN 2528-7737 Electronic

Editorial	0
Exposure to occupational psychosocial factors and stress symptomatology in Peruvian workers. Manuel Pando Moreno; Santiago Gascón Santos; Walter Varillas Vilches; Carolina Aranda Beltrán.	1
Phytochemistry of Lippia citriodora K grown in Ecuador and its biological activity. Elington Vélez; Haydelba D'Armas Regnault; Carmita Jaramillo Jaramillo; Ana Echavarría Vélez; Chinwe Christy Isitua	09
The Balanced Scorecard Applied to the Strategic Planning of Private Banking. Patricio Abad Alvarado	20
Artificial Neural Networks: factors that determine the cane harvest in a sugar industry. Italo Mendoza Haro; Hiram Marquetti Nodarse.	36
Reduction of organic matter traces in drinking water through adsorption with zeolite. Richard Ramírez Palma; Alejandro Véliz Aguayo; Juan Garcés Vargas; Lucrecia Moreno Alcívar; Gerardo Herrera Brunett; Miguel Salvatierra Barzola.	51
Acceptance of university students in the use of Moodle e-learning systems from the perspective of the TAM model. Fernando Terán Guerrero.	63
Guidelines for Publishing.	77

Comité Editorial

Dra. (e). Eva Chacón Luna
Universidad Estatal de Milagro
achacon11@unemi.edu.ec
Milagro, Ecuador

Dr. Mario Pérez-Montoro
Universidad de Barcelona
perez-montoro@ub.edu
Barcelona, España

Dr. David Benavides Cuevas
Universidad de Sevilla
benavides@us.es
Sevilla, España

Dr. Oriol Lordán González
Universidad Politécnica de
Catalunya
oriol.lordan@gmail.com
Madrid, España

Dr. (e). José Díaz Montenegro
Universidad Estatal de Milagro
jdiazm@unemi.edu.ec
Milagro, Ecuador

Dr. Simón Pérez Martínez
Universidad Estatal de Milagro,
UNEMI
simonpm2006@gmail.com
Milagro, Ecuador

MSc. Javier Benítez Astudillo
Universidad Estatal de Milagro,
UNEMI
jbeniteza@unemi.edu.ec
Milagro, Ecuador

Dr. Thiago Duarte Pimentel
Universidade Federal de Juiz de
Fora
thiagodpimentel@gmail.com
Minas Gerais, Brazil

Dr. Rodrigo Romo Muñoz
Universidad del Bio-Bio
rromo@ubiobio.cl
Concepción, Chile

MSc. Ángela Laguna Caicedo
Universidad Tecnológica de
Panamá
angela.laguna@utp.ac.pa
Panamá, Panamá

Dra. Beatriz Carvajal
Universidad Centro Occidental
"Lisandro
Alvarado", UCLA
becar777@yahoo.es
Barquisimeto, Venezuela

Dra. Linda Gil de Fuentes
Universidad Nacional Experimental
Politécnica
"Antonio José de Sucre" UNEXPO
lindaegil@gmail.com
Puerto Ordaz, Venezuela

Dr. (e). Omar Franco Arias
Universidad Estatal de Milagro,
UNEMI
ofrancoa@unemi.edu.ec
Milagro, Ecuador

Dra. Xiomara Zúñiga Santillán
Universidad Estatal de Milagro,
UNEMI
xzunigas@unemi.edu.ec
Milagro, Ecuador

Dr. Nelson Garza Montes de Oca
Universidad Autónoma de Nuevo
León
nelson.garza@gmail.com
San Nicolás de Los Garza, México

Dr. José León Sosa
Universidad Central de Venezuela
jose.leon@ucv.ve
Caracas, Venezuela

Comité de Evaluadores Externos

MSc. Fernando Veloz Navarrete
Máster en Dirección de Empresas
Docente investigador
Escuela Superior Politécnica de
Chimborazo
ferveloz@yahoo.es
Riobamba, Ecuador

Dra. Gina Álvarez Reyes
Máster en Administración
Ambiental
Escuela Superior Politécnica de
Chimborazo
galvarez101@yahoo.es
Riobamba, Ecuador

Dr. Luis Chávez Guzmán
Doctor en Ciencias de la
Administración
Universidad Autónoma de Nuevo
León
l5chavez@yahoo.com.mx
San Nicolás de los Garza, México

Dr. Salomón Barrezuela Unda
Doctor en investigación agrícola y
forestal
Universidad Técnica de Machala
sabarrezuela@utmachala.edu.ec
Machala, Ecuador

MSc. Boris Paredes Buenaño
Magister Scientiae en Química
Analítica
Profesional de Investigación &
Desarrollo
Petróleos de Venezuela S. A.
PDVSA
borisp28@gmail.com
Guayaquil, Ecuador

Dr. Antonio Gómez García
Doctorado en Prevención de
Riesgos Laborales
Universidad Internacional SEK
antonio.gomez@uisek.edu.ec
Guayaquil, Ecuador

**Dra. Gisela Consolación
Quintero**

Doctora en Ciencias Pedagógicas
Universidad Nacional de Educación
gishelinaq@hotmail.com
Cañar, Ecuador

Dr. Ramón Silva Acuña

Doctorado en agricultura tropical
Universidad de Oriente
drramonsilvaa@gmail.com
Estado Monagas, Venezuela

Dr. Pavel Novoa Hernández

Doctor en Informática
Universidad Técnica Estatal de
Quevedo
pnovoa@uteq.edu.ec
Quevedo, Ecuador

MSc. Fernando Molina Granja

Máster en Informática Aplicada
Máster en Educación a Distancia
Universidad Nacional de
Chimborazo
femolinag@yahoo.es
Riobamba, Ecuador

MSc. Marco Piedra Aguilera

Magister en Administración de
Empresas.
Universidad del Azuay
mapiedra@uazuay.edu.ec
Cuenca, Ecuador

Las revistas científicas se forman como el medio principal de comunicación y preservación de los avances de la ciencia, mediante las publicaciones de artículos científicos, los mismos que se encargan de comunicar los resultados de las diferentes investigaciones.

Se puede lograr una publicación teniendo un buen trabajo de investigación y disponiendo de los medios adecuados, recordando que la publicación debe ser original y relevante, cumpliendo con las normativas, metodologías científicas y éticas establecidas por la revista.

El desarrollo del conocimiento científico se maneja en diferentes áreas como Administración y Gerencia; Salud Pública; Biotecnología; Tecnología; Industrial; Educación y Cultura, es así como la Revista Ciencia UNEMI, en el Volumen 12, Número 29, busca fortalecer temas relacionados con sus diferentes campos de conocimiento.

En el área de Administración y Gerencia se presentan temáticas como el Cuadro de Mando Integral Aplicado a la Planificación Estratégica de la Banca Privada, exposición a factores psicosociales laborales y sintomatología de estrés en trabajadores peruanos

En el área de Tecnología se presentan diferentes estudios como redes Neuronales Artificiales: factores que determinan la cosecha de caña en la industria azucarera y aceptación de los estudiantes universitarios en el uso de los sistemas e-learning Moodle desde la perspectiva del modelo TAM. En el campo de Ambiente, el tema de estudio se orienta a la reducción de trazas de materia orgánica en agua potable mediante la adsorción con Zeolita.

Por último, en el área de Biotecnología, se presenta la temática Fitoquímica de lippia citriodora K cultivada en Ecuador y su actividad biológica.

Los aportes antes mencionados en las diferentes áreas ayudan a la Revista Ciencia UNEMI a continuar con el arduo trabajo de realizar las difusiones de resultados generados por investigaciones científicas, humanísticas y tecnológicas.

Nuestro sincero agradecimiento a todos los autores por seleccionarnos como órgano de difusión, así como a todos los evaluadores que participaron en la revisión de los artículos.

Lsi. Javier Benítez Astudillo, MSc.

Director de Investigación

Exposición a factores psicosociales laborales y sintomatología de estrés en trabajadores peruanos

Manuel, Pando-Moreno^{1*}; Santiago, Gascón-Santos²; Walter, Varillas-Vilches³; Carolina, Aranda-Beltrán⁴

Resumen

El estrés laboral es una problemática constante, presente en los contextos laborales que afecta el desarrollo del trabajador en las esferas fisiológicas, comportamental, intelectual y psicoemocional. Existe evidencia del origen laboral del estrés, pero se requieren mayores estudios para determinar el factor psicosocial que incide en cada dimensión del estrés. El objetivo de la investigación es determinar el grado de riesgo de diversos factores psicosociales para cada tipo de síntomas de estrés. Se realizó un estudio transversal, descriptivo, con una muestra de Población Económicamente Activa de 542 trabajadores peruanos, todos pertenecientes a la economía formal con diversos tipos de puestos de trabajo. Los factores psicosociales con mayor exposición negativa fueron las "Exigencias Laborales", el "Contenido y características de la tarea" y la "Carga de Trabajo". Los siete factores psicosociales estudiados fueron consistentemente factor de riesgo para los síntomas fisiológicos e intelectuales; en ningún caso se mostraron como factor de riesgo para los síntomas psicoemocionales del estrés, y para los síntomas comportamentales solo el factor de "Papel laboral y desarrollo de la carrera" calificó como factor: de riesgo.

Palabras Clave: Factores psicosociales, Síntomas de estrés, Trabajadores peruanos

Exposure to occupational psychosocial factors and stress symptomatology in Peruvian workers

Abstract

Work-related stress is a constant problem that affects the development of the worker in the physiological, behavioral, intellectual and psycho-emotional spheres. There is evidence of the occupational origins of stress, but further studies are required to determine the psychosocial factor that affects each dimension of the stress. The objective of this research is to determine the degree of risk of various psychosocial factors for each type of stress symptoms. A cross-sectional, descriptive study was carried out, with a sample of 542 Economically Active Population of Peruvian workers, all belonging to the formal economy with different types of jobs. The psychosocial factors with greater negative exposure were the "Labor Requirements", "Content and characteristics of the task" and the "Workload". The seven psychosocial factors studied were consistently a risk factor for physiological and intellectual symptoms; in no case they were showed to be a risk factor for the psycho-emotional symptoms of stress. The factor of "Work role and development of the career" was qualified as a risk factor only for behavioral symptoms.

Keywords: Psychosocial factors, Stress symptoms, Peruvian workers.

Recibido: 06 de julio de 2018

Aceptado: 18 de noviembre de 2018

¹Doctor en Sociología y Metodología de las Ciencias Sociales; Profesor Investigador "C"; Universidad de Guadalajara, México; manolop777@yahoo.com.mx; <https://orcid.org/0000-0002-2131-4821>

²Doctor en Psicología; Profesor titular de Psicopatología; Universidad de Zaragoza, España; sgascon@unizar.es; <https://orcid.org/0000-0002-3723-0673>

³Doctor en Ciencias Sociales, mención en Sociología; Consultor, investigador y docente independiente, Lima-Perú; wvarillas@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-4109-6569>

⁴Doctora en Ciencias de la Salud Pública; Universidad de Guadalajara, México; caranda2000@yahoo.com.mx; <https://orcid.org/0000-0003-1388-8849>

*Autor para correspondencia: manolop777@yahoo.com.mx

I. INTRODUCCIÓN

Desde que en 1984 la Organización Internacional del Trabajo (OIT) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), concibieron los factores psicosociales como “interacciones entre, por una parte, el trabajo, el medio ambiente y las condiciones de organización, y por la otra, las capacidades del trabajador, sus necesidades, su cultura y su situación personal fuera del trabajo, todo lo cual a través de percepciones y experiencias, pueden influir en la salud, el rendimiento y la satisfacción en el trabajo” (OIT, 1984:3), se han desarrollado gran cantidad de estudios al respecto de estos factores y sus efectos en la salud del trabajador.

A partir de esa fecha, el concepto de factores psicosociales se ha utilizado para señalar diversas condiciones laborales en general relacionadas con la organización y el contenido de trabajo y a la vez con condiciones de confort en el mismo. Aunque por lo general las publicaciones respecto a los factores psicosociales se refieren a aquellos capaces de provocar daños a la salud que consideramos factores de riesgo (Benavides, et. cols., 2002; Leyton, 2017), también existen los factores psicosociales positivos, que no necesitan ser controlados sino fomentados; estos factores psicosociales bien diseñados en el puesto de trabajo, lograrán influir positivamente en la salud del trabajador (Pando, 2013).

Según (Becker, et. cols., 2016: 249) “El estrés se produce en la transacción con el medio individual, cuando los eventos son evaluados como superior a la capacidad de enfrentarse a ellos y poner en peligro el bienestar”.

Todos los estresores sean de carácter agudo o crónico, pueden producir efectos negativos sobre la salud física y mental sobre los sujetos expuestos a ellos, a través de mecanismos conductuales y/o fisiológicos (Ortiz, 2014)

No existe mayor diferencia entre el estrés laboral y otros tipos de estrés sino el ámbito donde ocurren; en nuestro caso, nos referimos obviamente al que ocurre en relación al ámbito de trabajo.

Frecuentemente se encuentran estudios que sostienen la premisa de que los riesgos psicosociales son agentes capaces de afectar negativamente la salud de los trabajadores durante el desempeño de sus labores e incluso fuera de ellas (Gil-Monte, 2010: 69). Se han realizado estudios en personal de salud (Silva, Gutiérrez, Pando & Tuesca, 2014), ejecutivos (Guic, Bilbao & Bertin, 2002), docentes (Carlotto & Gonçalves, 2017; Esteras, Chorot & Sandín, 2014), trabajadores administrativos (Azofeifa et al., 2016) y muchas otras ocupaciones; destacando una gran cantidad de factores psicosociales que son señalados como los principales estresores laborales, entre ellos, la sobrecarga de trabajo y la falta de apoyo organizacional (Paris & Omar, 2008), la falta de organización en aspectos como la insuficiencia de recursos, la falta de comunicación, dinámicas de trabajo y estilos de gestión (Azofeifa, 2016).

En las últimas décadas se ha acelerado la globalización económica, agudizando una serie de cambios en los sistemas de organización del trabajo y de la relación de la empresa con el trabajador.

Esto significa una mayor exposición a factores psicosociales de riesgo y por lo mismo un nuevo perfil epidemiológico de la salud mental del trabajador que incluye el incremento en las diversas manifestaciones negativas del estrés.

Sin embargo, la precisión sobre cómo cada factor psicosocial afecta y qué tipo de síntomas presenta, es tarea pendiente para la psicología y la salud ocupacional. Por lo que el presente estudio se marcó como objetivo determinar cuáles factores psicosociales son factor de riesgo para alguna de las cuatro formas de sintomatología de estrés.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio transversal, descriptivo, con una muestra aleatoria por conveniencia de la Población Económicamente Activa de 542 trabajadores peruanos, de las ciudades de Lima, Arequipa y Trujillo, todos los sujetos pertenecientes a la economía formal con diversos giros empresariales, que incluyeron la construcción, industria textil, servicios de educación, de salud,

minería, pesca y agroindustria, entre otros.

Todos los sujetos participantes contestaron un cuestionario con datos correspondientes a sus variables sociodemográficas y laborales como: edad, sexo, estado civil, tipo de empresa, turno de labores, antigüedad en el trabajo.

Para recopilar información respecto a los Factores Psicosociales se utilizó el Cuestionario de Factores Psicosociales en el Trabajo (Silva, 2006). Por ser un cuestionario de diseño Latinoamericano y ya validado en Perú (Pando, 2006). El objetivo del instrumento es obtener el nivel de exposición a condiciones psicosocialmente adversas al trabajo desde su propia percepción.

Este cuestionario fue validado en el contexto de estudio, con trabajadores del Perú (Pando, 2016) donde presentó una varianza explicada de 58,9% y un alfa de Cronbach también de 0,9, y anteriormente había sido validado en México presentando una varianza explicada de 38,5% y un alfa de Cronbach de 0,9 (Silva, 2006).

Está constituido con 46 ítems en 7 dimensiones: condiciones del lugar de trabajo, carga de trabajo, contenido y características de la tarea, exigencias laborales, papel laboral y desarrollo de la carrera, interacción social y aspectos organizacionales y satisfacción con la remuneración del rendimiento. Con 9, 5, 7, 7, 6, 9 y 3 ítems respectivamente.

El instrumento evalúa la exposición a cada uno de los Factores Psicosociales mencionados calificándolos en niveles “alto”, “medio” y “bajo” de exposición.

Para la evaluación del estrés se utilizó el cuestionario del Ministerio de Salud y la Protección Social de Colombia. Elegido por ser también un cuestionario de diseño Latinoamericano y que, en ventaja con otros, permite el análisis de cuatro formas distintas de activación del estrés.

Esta escala mide la presencia de diversos síntomas de estrés clasificados en cuatro tipos de sintomatologías: fisiológicas, comportamentales, intelectuales y psicoemocionales y califica cada uno de los cuatro tipos de sintomatología conforme

a niveles muy alto, alto, medio, bajo, y muy bajo, en los sujetos estudiados (Loaiza & Aura, 2017); La fiabilidad de la Tercera versión del cuestionario se estimó en un Alfa de Cronbach de 0,8 (Ministerio de la Protección Social, 2010).

Los instrumentos mencionados fueron aplicados por estudiantes de maestrías de salud ocupacional de dos universidades peruanas (Universidad Científica del Sur, UCSUR, en Arequipa y Trujillo, y Universidad Nacional de Ica en Lima. Los maestrantes, mayoritariamente médicos fueron entrenados en el uso de los instrumentos. El proyecto de investigación se autorizó por el Comité de ética del Programa de Investigación en Salud Ocupacional (PIENSO A.C.), considerando el estudio “sin riesgo” por lo que no se requirió carta de consentimiento informado a los participantes, y solo se les solicitó su colaboración voluntaria, dándoles a conocer el objetivo del estudio y garantizándoles la confidencialidad de la información.

Considerando como hipótesis que la exposición a algunos factores psicosociales es factor de riesgo para la presencia de alguna forma de sintomatología del estrés, se hizo un análisis para determinación de factor de riesgo, de exposición a cada uno de los factores psicosociales y los diferentes grupos de sintomatología del estrés, calificando los niveles medio y alto de los factores psicosociales como “expuesto” y los niveles muy alto, alto y medio como presencia de estrés, mediante el análisis estadístico de Odds Ratio (OR), Chi cuadrado (con o sin corrección de Yates), siendo significativo una $p < 0.05$, utilizando el paquete estadístico SPSS versión 21.

III. RESULTADOS

En el grupo de estudio predominaron los hombres con un 61,6% del total, la edad varió entre los 18 y los 66 años, siendo la media de 37,6 años y la moda de 28 años con un 5,2% del total de la población estudiada.

En cuanto al estado civil se encuentra un 40,5% de solteros y un 34,6% casado, el otro 24,9% incluye

a los viudos, divorciados y separados. En los sujetos participantes hay trabajadores del sector público y privado de 37 giros de empresa, los encuestados reportados desde 1 hasta 44 años de antigüedad en su trabajo, 28,7% de ellos presentaban un año de antigüedad, 33,5% laboraban en turnos matutino y mientras que 24,5% lo hace en turno mixto.

Psicosociales, se evaluaron los siete que contienen el Instrumento; de ellos la exposición negativa más alta se presentó en “Exigencias Laborales” con un 86,2%, el “Contenido y características de la tarea” con 73,4% y la “Carga de Trabajo” con 72,0%. De manera inversa, la exposición negativa más baja fue “Interacción social y aspectos organizacionales” con un 36,9% de expuestos (Tabla 1).

Respecto a la exposición a Factores

Tabla 1. Prevalencia de exposición a factores psicosociales conforme al nivel alto, medio o bajo, en los sujetos estudiados.

Factores Psicosociales en el Trabajo y Burnout			
	ALTO	MEDIO	BAJO
Condiciones del lugar de trabajo	7,4%	57,2%	35,4%
Carga de Trabajo	6,6%	65,3%	28,0%
Contenido y características de la tarea	3,1%	70,3%	26,6%
Exigencias Laborales	34,1%	52,0%	13,8%
Papel laboral y desarrollo de la carrera	8,9%	57,9%	33,2%
Interacción social y aspectos organizacionales	2,6%	34,3%	63,1%
Remuneración del Rendimiento	24,2%	36,7%	39,1%
Grado total	1,3%	69,4%	29,3%

En cuanto a la presencia de estrés, predominó la sintomatología fisiológica con una prevalencia del 56,1% si agrupamos las calificaciones de “muy alto”, “alto” y “medio”; seguido de los síntomas intelectuales con prevalencia de 30,4% agrupando

los mismos tres niveles; la presencia más baja la presentaron los síntomas de tipo psicoemocional con el 1,1% agrupando “alto” y “medio” ya que en nivel “muy alto” no se presentó ningún caso (Tabla 2).

Tabla 2. Prevalencia de tipos de sintomatología de estrés conforme al nivel muy alto, alto, medio, bajo, y muy bajo, en los sujetos estudiados..

Síntomas De Estrés					
	MUY ALTO	ALTO	MEDIO	BAJO	MUY BAJO
Síntomas Fisiológicos	26,4%	14,4%	15,3%	20,8%	23,1%
Síntomas Comportamentales	0,2%	1,5%	4,8%	22,3%	71,2%
Síntomas Intelectuales	5,0%	9,2%	16,2%	27,9%	41,7%
Síntomas Psicoemocionales	0	0,4%	0,7%	5,2%	93,7%

En cuanto a los Factores de Riesgo, los dos más altos corresponden al “Papel laboral y desarrollo de la carrera” que marcó un OR de 10,24 con los síntomas intelectuales de estrés y un OR de 8,92

con los síntomas comportamentales del estrés; el tercer lugar lo ocuparon los Factores Psicosociales totales con un OR de 8,14 para los síntomas intelectuales de estrés (Tabla 3).

Tabla 3. Factor de Riesgo encontrado entre los factores psicosociales y sintomatología de estrés en los sujetos estudiados

Factores Psicosociales en el Trabajo y Burnout				
	Síntomas fisiológicos	Síntomas comportamentales	Síntomas intelectuales	Síntomas psicoemocionales
Condiciones del lugar de trabajo	OR=2,85 p= 0.033 IC=(1,98-4,10)	*	OR=3,57 p= 0.000 IC=(2,27-5,60)	*
Carga de Trabajo	OR=2,46 p= 0.000 IC=(1,68-3,61)	*	OR=5,70 p= 0.000 IC=(3,22-10,10)	*
Contenido y características de la tarea	OR=3,31 p= 0.000 IC=(2,22-4,94)	*	OR=3,55 p= 0.000 IC=(2,12-5,94)	*
Exigencias Laborales	OR=5,00 p= 0.000 IC=(2,85-8,77)	*	OR=2,86 p= 0.001 IC=(1,46-5,58)	*
Papel laboral y desarrollo de la carrera	OR=4,46 p= 0.000 IC=(3,04-6,54)	OR=8,92 p= 0.000 IC=(2,11-37,63)	OR=10,24 p= 0.000 IC=(5,50-19,08)	*
Interacción social y aspectos organizacionales	OR=1,56 p= 0.008 IC=(1,09-2,24)	*	OR=1,56 p= 0.013 IC=(1,07-2,27)	*
Remuneración del Rendimiento	OR=3,25 p= 0.000 IC=(2,27-4,66)	*	OR=3,79 p= 0.000 IC=(2,95-5,87)	*
Grado total	OR=3,80 p= 0.000 IC=(2,57-5,62)	*	OR=8,14 p= 0.000 IC=(4,37-15,19)	*

(*) No se encontró riesgo estadísticamente aceptable entre las variables.

Es de mencionarse que los factores psicosociales en ningún caso se mostraron como factor de riesgo para los síntomas psicoemocionales del estrés, y para los síntomas comportamentales solo en el caso ya mencionado con los factores de “Papel laboral y desarrollo de la carrera” con OR de 8,92 (ver Tabla 3).

De manera inversa, todos los factores psicosociales calificaron como factores de riesgo para síntomas fisiológicos de estrés y los síntomas intelectuales de estrés, con valores que varían desde el OR de 1,56 de los factores psicosociales de “Interacción social y aspectos organizacionales” con los síntomas fisiológicos del estrés, hasta el arriba mencionado OR de 10,24 del “Papel laboral y desarrollo de la carrera” con los síntomas intelectuales de estrés (ver Tabla 3).

Se puede notar que los factores psicosociales de mayor exposición como “Exigencias Laborales”

no son necesariamente los que incrementan más el riesgo de sintomatología de estrés.

IV. DISCUSIÓN

Los Factores Psicosociales con mayor exposición negativa en nuestro estudio han sido “Exigencias Laborales”, “Contenido y características de la tarea” y “Sobre Carga de Trabajo”, esto puede coincidir con estudios como los de Paris (2008) que señala como estresores laborales para los médicos; la sobrecarga de trabajo.

También es común encontrar referencias a las exigencias laborales, que ha sido el factor con mayor prevalencia de exposición en nuestro estudio. Cortés, Artazcoz, Rodríguez y Borell (2004), en su estudio sobre la salud mental en población trabajadora dedicada a actividades manuales y no manuales, encontrando que las exigencias psicológicas, la autonomía, el apoyo social, se presentan como factores de riesgo

psicosocial que se asocian con daños a la salud mental. Por su parte, Arenas y Andrade (2013), en un estudio con trabajadores sanitarios en Colombia, señala que de las ocho dimensiones que componen el Dominio de “Demanda del Trabajo”, todas (excepto “Demandas ambientales y de esfuerzo físico”) quedan calificadas como “Riesgo alto”.

Aldrete (2008), presentó un trabajo con profesores de enseñanza media básica en México encontrando que al igual que en nuestro estudio, la exigencia laboral fue el factor con mayor prevalencia de exposición entre los trabajadores docentes con 91,9% de expuestos; siendo el menor la insatisfacción con la remuneración, mientras que en nuestro estudio el menor fue las relaciones interpersonales.

Además encontró que las exigencias laborales y la remuneración del rendimiento son factores de riesgo para el desarrollo de la dimensión agotamiento emocional del Síndrome de Burnout (Aldrete, 2008).

Sin embargo, como puede observarse, la mayoría de estos estudios están realizados con grupos laborales específicos (docentes, médicos, etc.) son escasos los estudios publicados con poblaciones de trabajadores en general.

La prevalencia de síntomas de estrés en nuestra población es variable de acuerdo al tipo de sintomatología, siendo la más alta la sintomatología fisiológica con el 56,1% y 30,4% para la sintomatología intelectual o cognitiva. Pocos estudios presentan estas clasificaciones y generalmente solo tenemos el reporte de presencia de estrés que acostumbra a estar por debajo de la primera cifra y por encima de la segunda.

Entre las poblaciones de trabajadores tradicionalmente señaladas con altos niveles de estrés, podemos mencionar el estudio de Cladellas-Pros R., Castelló-Tarrida A. y Parrado-Romero E. (2018), realizado en docentes, que reporta una prevalencia de estrés entre el 15,9% y el 18,5%; conforme a la modalidad

contractual de “permanentes” y No permanentes” respectivamente, que presentarían una prevalencia por abajo del 56,1% que encontramos para la sintomatología fisiológica y del 30,4% en sintomatología intelectual, pero superior a las otras dos sintomatologías que aquí estudiamos.

Para personal sanitario Cozzo & Reich (2016) reportan una prevalencia de estrés percibido de 32,8%, el estrés valorado clínicamente, “representaron casi la cuarta parte (23,5%) de los casos registrados, sobre todo como único dato clínico (...) así como estar asociado a la presencia de otro trastorno diagnosticado, como indica la coexistencia de enfermedad en un 27% de los casos”. (Medialdea & Velasco, 2016: 21)

V. CONCLUSIONES

En conclusión, podemos señalar que; más de un 70% de la población trabajadora de Perú que fue estudiada mostró exposición a factores psicosociales de riesgo, principalmente el pobre Contenido y características de la tarea.

La sintomatología fisiológica es la principal forma de activación del estrés en los trabajadores estudiados afectando al 56,1% de ellos.

Los siete factores psicosociales estudiados resultaron ser factores de riesgo para la sintomatología fisiológica y la intelectual; no así para la sintomatología comportamental donde el único factor de riesgo detectado fue el “Papel laboral y desarrollo de la carrera”.

VI. REFERENCIAS

- Aldrete, M., Preciado, M., Franco, S., Pérez, J., Aranda, C, (2008). Factores psicosociales laborales y Síndrome de Burnout, diferencias entre hombres y mujeres docentes de secundaria, zona metropolitana de Guadalajara, México. *Revista Ciencia y Trabajo*, 10(30), pp. 138-142
- Arenas Ortiz F. y Andrade Jaramillo V. (2013). Factores de Riesgo Psicosocial y Compromiso (Engagement)

- con el Trabajo en una Organización del Sector Salud de la ciudad de Cali, Colombia. *Acta Colombiana de Psicología*, vol. 16, núm. 1, pp. 43-56 Universidad Católica de Colombia Bogotá, Colombia
- Azofeifa Mora C.A., Solano Mora L., Salas Cabrera J., Fonseca Schmidt H. (2016). Comparación entre los predictores del estrés laboral según el nivel de actividad física, edad, género y antigüedad laboral en un grupo de funcionarios administrativos del sector público costarricense. *Revista MHSalud*, Vol. 13. No. 1. Setiembre-Enero.
- Becker da Silva A.M., Fiorim S.R., Fernandes de Araújo M., Carvalho L., Goulart I., de Moraes R., Rocchetti T.S. (2016). Adaptação e evidências de validade do Recovery-Stress Questionnaire for Athletes (RESTQ-Sport) para dançarinos adolescentes (RESTQ-Dance). *Estudos de Psicologia*; 21(3), 249-250.
- Benavides F.G., Gimeno D., Benach J., Martínez J.M., Jarque S., Berra A. y Devesa J. (2002). Descripción de los factores de riesgo psicosocial en cuatro empresas. *Gac Sanit*; 16(3), 222-9
- Carlotto, M. S.; Gonçalves C. Sh. (2017). Riscos psicossociais associados à síndrome de burnout em professores universitarios *Avances en Psicología Latinoamericana*, 35(3), 447-457.
- Cladellas-Pros R., Castelló-Tarrida A. y Parrado-Romero E. (2018) Satisfacción, salud y estrés laboral del profesorado universitario según su situación contractual *Rev. Salud Pública*. 20 (1): 53-59.
- Cortés, I., Artazcoz, L., Rodríguez, M., & Borell, C. (2004). Desigualdades en la salud mental de la población ocupada. *Gaceta Sanitaria*, 18(5), 351-359.
- Cozzo, G., & Reich, M. (2016). Estrés percibido y calidad de vida relacionada con la salud en personal sanitario asistencial. *PSIENCIA. Revista Latinoamericana de Ciencia Psicológica*, 8, doi:10.5872/psiencia/8.1.21
- Esteras J., Chorot P. y Sandín B. (2014) Predicción del Burnout en los Docentes: Papel de los Factores Organizacionales, Personales y Sociodemográficos. *Revista de Psicopatología y Psicología Clínica* Vol. 19, N.º 2, pp. 79-92.
- Gil-Monte P. (2010) Situación actual y perspectiva de futuro en el estudio del estrés laboral: la Psicología de la Salud Ocupacional. *Información Psicológica*, Nº 100 • setembre-deseembre pp 68-83
- Guic E., Mora P., Rey R., Robles A. (2006) Estrés organizacional y salud en funcionarios de centros de atención primaria de una comuna de Santiago. *Revista Médica de Chile*; 134: 447-455
- Guic S E., Bilbao M. A., Bertin C. (2002) Estrés laboral y salud en una muestra de ejecutivos chilenos. *Revista Médica de Chile*; 130: 1101-1112
- Leyton-Pavez, Carolina E.; Valdés-Rubilar, Soledad A.; Huerta-Riveros, Patricia C. (2017) Metodología para la prevención e intervención de riesgos psicosociales en el trabajo del sector público de salud *Revista de Salud Pública*, vol. 19, núm. 1, enero-febrero, p. 1 Universidad Nacional de Colombia Bogotá, Colombia
- Loaiza B., Edilgardo, and Aura E. Peña. (2017) "Niveles de estres y síndrome de Burnout en contadores públicos colombianos." *Actualidad Contable Faces*, vol. 16, no. 26, 2013, p. 27+. Academic OneFile, Accessed 17 Apr.
- Medialdea Cruz J., Velasco Díaz C. (2016) Incidencia de los trastornos mentales en los profesionales de la aeronáutica civil y militar (1983-2014). Un estudio descriptivo y consideraciones preventivas sobre la seguridad aérea. *Med Segur Trab (Internet)*; 62 (242) 15-24
- Ministerio de la Protección Social (2010) Bateria de instrumentos para la evaluación de factores de riesgo psicosocial. Ed. Ministerio de la Protección Social, Colombia.
- Noriega, M., Laurell, C., Martínez, S., Méndez, I. y Villegas, J. (2000). Interacción de las exigencias de trabajo en la generación de sufrimiento mental. *Cad. Saúde Pública*, Rio de Janeiro, 16(4):1011-1019, out-dez.

- Organización Internacional del Trabajo OIT. (1984). Factores psicosociales en el trabajo: naturaleza, incidencia y prevención. Informe del Comité Mixto OIT / OMS.
- Ortiz M. S., Willey J. F., Chiang J. J. (2014) How stress gets under the skin o cómo el estrés psicológico se introduce bajo la piel. *Rev Med Chile*; 142: 767-774
- Pando M., Aranda C., Parra L., Ruiz D., (2013), *Eugenesia Laboral: Salud Mental Positiva en el Trabajo*. Cali, Colombia: Editorial Universidad Libre Seccional Cali.
- Pando Moreno M., Varillas W., Aranda C., Elizalde F. (2016) Análisis factorial exploratorio del 'Cuestionario de factores psicosociales en el trabajo' en Perú. *An Fac med.*; 77(4):365-71
- Paris, L. & Omar, A. (2008) Predictores de satisfacción laboral en médicos y enfermeros. *Estudios de Psicología*, 13(3), 233-244
- Silva G.N. (2006) Factores psicosociales y desgaste profesional en académicos del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (Tesis de Doctorado en Ciencias de la Salud en el Trabajo) Jalisco-México: Universidad de Guadalajara.
- Silva Henao, D. C.; Gutiérrez Strauss, A. M.; Pando Moreno, M.; Tuesca Molina, R. (2014) Relación entre factores psicosociales negativos y el síndrome de Burnout en el personal sanitario de Florencia (Caquetá, Colombia) *Salud Uninorte*, vol. 30, núm. 1, enero-abril, pp. 52-62 Universidad del Norte Barranquilla, Colombia

Fitoquímica De *Lippia Citriodora* K cultivada en Ecuador y su actividad biológica

Elington, Vélez¹; Haydelba, D'Armas^{2*}; Carmita, Jaramillo-Jaramillo³; Ana, Echavarría-Vélez⁴; Chinwe Christy, Isitua⁵

Resumen

Se realizó un estudio fitoquímico de metabolitos secundarios, actividad antimicrobiana y letal del extracto metanólico de las partes botánicas de *Lippia citriodora* K (cedrón). Se detectó la presencia taninos, polifenoles, triterpenos y esteroides insaturados para las hojas, flores y tallo; fenilpropanoides y catequinas para tallos y flores; alcaloides para hojas y flores; saponinas para hojas y tallos. Además, las flores exhibieron la presencia de cumarinas y metilencetonas. Todos los extractos metanólicos mostraron una acción bactericida alta contra cepas de *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* y *Pseudomonas aeruginosa*, a excepción del extracto de las flores que exhibió una actividad antibacteriana moderada o mediana contra cepas de *S. aureus*. Además, se observó un efecto antifúngico moderado del extracto de las hojas, y una actividad alta de los extractos del tallo y flores, contra la cepa del hongo *Candida albicans*. Todos los extractos mostraron letalidad significativa (<1000 µg/ml) frente a nauplios de *Artemia salina* a las 24 h de exposición (168,77, 82,19 y 172,76 µg/ml para las hojas, tallo y flores, respectivamente); donde el extracto del tallo presentó mayor letalidad con CL₅₀ de 82,19 µg/ml, considerado altamente tóxico según CYTED. Se puede inferir que la especie *L. citriodora* es una fuente promisoría de metabolitos secundarios bioactivos con actividad farmacológica.

Palabras Clave: actividad tóxica, actividad antimicrobiana, Artemia salina, cedrón, metabolito secundario.

Phytochemistry of *Lippia citriodora* K grown in Ecuador and its biological activity

Abstract

This research was based on a phytochemical study of secondary metabolites, lethal and antimicrobial activity of methanolic extract of botanical organs *Lippia citriodora* K (lemon verbena). It was detected the presence of tannins, polyphenols, triterpenes and unsaturated sterols for leaves, flowers and stem; phenylpropanoids and catechins for stems and flowers; alkaloids for leaves and flowers; saponins for leaves and stems. In addition, the flowers exhibited the presence of coumarins and methylenketones. Methanolic extracts showed high bactericidal action against strains of *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* and *Pseudomonas aeruginosa*, in the antimicrobial bioassay, except for the flowers which exhibited moderate activity against *S. aureus* strains. Furthermore, moderate antifungal effect was observed for leaves extract and high activity for stem and flowers extracts against the strain of *Candida albicans* fungus. All extracts showed significant lethality (<1000 µg/ml) against *A. salina* nauplii at 24 h of exposure (168.77, 82.19 and 172.76 µg/mL for leaves, stems and flowers, respectively); where the methanolic extract of the stem showed the highest lethality with LC₅₀ value of 82.19 µg/ml, considered highly toxic according to CYTED. It can be inferred that *L. citriodora* is a promising source of bioactive secondary metabolites with pharmacological activity.

Keywords: Arima models; delinquency rate; early warning; risk of default; time series.

Recibido: 21 de Agosto de 2018
Aceptado: 03 de Diciembre de 2018

¹ BQF en Bioquímica y Farmacia; Universidad Técnica de Machala; Provincia del Oro, Ecuador; elingtonvelezparraga@gmail.com

² PhD en Química; Universidad Estatal de Milagro (UNEMI); Docente Ocasional; Milagro, Provincia de Guayas, Ecuador; Investigador, Universidad de Oriente (UDO); Cumaná 6101, Sucre, Venezuela; hdarmasr@unemi.edu.ec; <http://orcid.org/0000-0001-9301-3801>.

³ MSc en Fitofármacos; Universidad Técnica de Machala (UTMACH); Docente Titular; Provincia del Oro, Ecuador; cjaramillo@utmachala.edu.ec

⁴ PhD en Ing. De Alimentos; Universidad Estatal de Milagro (UNEMI); Docente Ocasional; Milagro, Provincia de Guayas, Ecuador; aechavarriav@unemi.edu.ec

⁵ PhD en Microbiología; Afe Babalola University; Docente e Investigador; Ado-Ekiti, Ekiti State, Nigeria; christyking@yahoo.com

*Autor para correspondencia: hdarmasr@unemi.edu.ec

I. INTRODUCCIÓN

Lippia es un género de plantas con flores perteneciente a la familia Verbenaceae. Contiene alrededor de 220 especies con diversas aplicaciones etnofarmacológicas. Una miríada de fitoconstituyentes biológicamente activos abunda en *Lippia* (Okhale *et al.*, 2016).

Las plantas pertenecientes a este género han sido ampliamente utilizadas en etnobotánica en América del Sur y Central y en África tropical como alimentos, medicinas, edulcorantes y saborizantes de bebidas (Funari *et al.*, 2012). Las especies de *Lippia* tienen una larga historia de uso en aplicaciones medicinales tradicionales, algunas de las cuales tienen sido científicamente validado. Se usan principalmente en el tratamiento de trastornos respiratorios y gastrointestinales. Además, exhiben actividades antipalúdicas, espasmolíticas, sedantes, hipotensivas y antiinflamatorias (Abena *et al.*, 2001; Jigam *et al.*, 2009).

Las composiciones químicas de los aceites esenciales de las especies *Lippia* varían notablemente dando lugar a quimiotipos. Estos dependen de factores geográficos, factores genéticos, condiciones ambientales, estado nutricional y los efectos del daño mecánico o herbivoría. En términos generales, el limoneno, el p-cimeno y el β -cariofileno desprendieron los aceites esenciales de las especies conocidas de dicho género y podrían considerarse marcadores quimiotaxonómicos (Okhale *et al.*, 2016).

Lippia citriodora Kunth (cedrón) o su sinónimo científico *Aloysia triphylla* es una planta perenne del tipo arbusto que está ampliamente distribuida en zonas tropicales, subtropicales, centrales de Sudamérica y en África. La planta, que florece en suelo arcilloso, se cría a partir de semillas y esquejes. Las hojas se usan para dar sabor a bebidas, postres, ensaladas y jaleas de frutas y para condimentar los alimentos. Una decocción hecha con hojas y flores se da como febrífugo, sedante y antifatulento (Omollo-Ombito *et al.*, 2014).

Herranz-López *et al.* (2015) mencionan que las hojas, flores y las partes aéreas de *L. citriodora*, se usaron en medicina popular para el tratamiento

de enfermedades respiratorias y enfermedades del sistema digestivo. Además, en su investigación observaron que los polifenoles identificados en los extractos disminuyeron la acumulación de los triglicéridos (TG) y la generación de especies reactivas de oxígeno (ROS) que fomentan la formación de radicales libres.

Hace casi dos décadas, Ávila *et al.* (1999) reportaron en la literatura aspectos sobre la bioactividad y fitoquímica de la especie *L. citriodora*, indicando que los verbascósidos (derivados fenilpropanoides) aislados de la misma y de otras especies del género *Lippia* parecían ejercer una actividad antimicrobiana más potente contra bacterias Gram-positivas que contra bacterias Gram-negativas.

En otro estudio más reciente, se aislaron tres compuestos fenólicos a partir del extracto en acetato de etilo de hojas de *L. citriodora*. Los tres compuestos se analizaron para actividades analgésicas, antipiréticas, antioxidantes y antiinflamatorias tanto en ratones como en ratas y mostraron una buena actividad (El-Hawary *et al.*, 2012). Adicionalmente, otros investigadores reportaron que cedrón contiene cantidades considerables de polifenoles, es decir de flavonoides y ácidos fenólicos (Zamorano *et al.*, 2006; Álvarez, 2012).

Recientemente, ha sido publicado un estudio sobre la identificación de cinco nuevos compuestos, junto con 26 conocidos, a partir del extracto de etanol al 95% de partes aéreas de *Lippia triphylla* recolectada en Ruanda (África). Sus estructuras fueron elucidadas por métodos químicos y espectroscópicos. Todos los compuestos fueron probados por sus efectos de inhibición de la acumulación de antioxidantes y triglicéridos en células L6 y células HepG2, respectivamente. Este estudio proporcionó respaldo científico parcial para el desarrollo y la utilización de partes aéreas de *L. triphylla* (Zhang *et al.*, 2015).

El aumento de la confianza en el uso de plantas medicinales y productos derivados se ve reflejado por su empleo mayoritario tanto en países en vías de desarrollo, como en los países desarrollados, y esta realidad es muy notable en Ecuador al poseer una enorme biodiversidad (Oliveira *et al.*, 2005).

En Ecuador se comercializan varias plantas medicinales, a las cuales se les da diversos usos además del terapéutico, pero aún no existen estudios científicos para la gran cantidad de especies vegetales que cuantifiquen cuan valiosas son en cuanto a las alternativas terapéuticas que se les puede dar. El cedrón es una de las especies vegetales más utilizadas en Latinoamérica, debido a sus propiedades farmacológicas, habitualmente para tratar dolores abdominales.

En el país existen también muchas plantas con falta de estudio en cuanto a la actividad antimicrobiana o letal que puedan generar, y que estas podría ser muy útiles en el tratamiento de las infecciones microbianas que en la actualidad están apareciendo y que son cada vez más difíciles de combatir, tal es el caso de la especie en estudio, que al poseer metabolitos secundarios de diversas familias dependiendo del hábitat, depredadores etc., éstos podrían actuar como mecanismo de defensa ante factores patógenos como hongos, bacterias, parásitos, etc. (Kummerer, 2004).

Por otra parte, el aumento de microorganismos resistentes a los agentes antimicrobianos es uno de los principales problemas al que se enfrenta la ciencia médica en el tratamiento de las enfermedades infecciosas. La búsqueda de nuevos agentes antimicrobianos potentes con mecanismos de acción que actúen contra bacterias u hongos resistentes a los antimicrobianos disponibles en la actualidad, es de vital importancia. Por tanto, es necesario realizar investigaciones que permitan evaluar plantas medicinales, de amplio uso etnobotánico en una o varias zonas del Ecuador, como fuentes de nuevos fármacos (Kummerer, 2004).

En el presente trabajo de investigación, se evaluó el potencial farmacognóstico (composición química de *L. citriodora* mediante ensayos cualitativos) de los órganos botánicos de la planta (flores, tallos y hojas), y se determinó su bioactividad a través de bioensayos de actividad antimicrobiana y letalidad o toxicidad con larvas de *Artemia salina*.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Recolección de las muestras

Los ejemplares de la especie vegetal *L. citriodora*

fueron adquiridos en agosto del 2014 en el mercado central de la ciudad de Machala (Provincia del Oro: coordenadas 3°16'00" S 79°58'00" O; 65-85 % de humedad relativa; temperatura y altitud promedio de 26 °C y 12 m respectivamente), Ecuador. Según su calidad organoléptica, se seleccionaron los órganos botánicos sanos (hojas, tallo y flores) para realización de los análisis, siendo procesados en el laboratorio de Farmacia de la Universidad Técnica de Machala, sin almacenamiento previo. La identificación de la especie fue realizada por el Botánico Jesús Inca del Herbario de Quito, Ecuador.

Obtención de los extractos

De cada planta se utilizaron las hojas, tallo y flores, éstas se lavaron con agua destilada y secadas al aire por 24 horas y posteriormente en una estufa (Memmert SNB 400 con flujo de aire) a 37 °C por 24 horas. Luego, se trituraron con un molino (Lab. Mill serial No. 56969, Type AR 400 Erweka®, Alemania) y se pesaron. Los extractos se obtuvieron por maceración de 200 g de las partes trituradas con metanol 100% puro por 72 h. Los extractos fluidos se filtraron y el residuo se re-extrajo con metanol por 48h; los filtrados combinados fueron concentrados a presión reducida (aprox. 11 mbar) y 40 °C en un rotaevaporador marca Heidolph (Modelo Hei-VAP Valor, Alemania) obteniéndose el extracto metanólico crudo por especie. Se determinó la masa de cada uno de los extractos de las plantas estudiadas.

Análisis fitoquímico

Para detectar las familias de compuestos presentes en los extractos estudiados se realizaron pruebas químicas específicas, las cuales permitieron apreciar la posible presencia o ausencia de cumarinas y fenilpropanoides (Murillo y Méndez, 2007); alcaloides, saponinas, glicósidos cardiotónicos, glicósidos cianogénicos, esteroides insaturados y triterpenos pentacíclicos, taninos y polifenoles, antraquinonas y metilencetonas, siguiendo la metodología de Marcano y Hasegawa (2002).

Actividad antimicrobiana

Para determinar la actividad antibacteriana se utilizó la técnica de difusión en agar, según la metodología descrita por Bauer et al. (1966), empleándose cepas de bacterias certificadas: una Gram positiva (*Staphylococcus aureus*) y dos Gram negativas (*Escherichia coli* y *Pseudomonas aeruginosa*), pertenecientes a la Colección Americana de Cultivos Tipo (ATCC). La misma consistió en impregnar

discos estériles de papel de filtro Whatman N° 3 de 5 mm de diámetro con 10 µl de una solución preparada (20 y 40 mg. ml⁻¹) del extracto a analizar. Estos discos se colocaron dentro de cápsulas de Petri que contenían agar Mueller-Hinton, inoculadas con una suspensión bacteriana de concentración conocida (10⁸ bacterias. ml⁻¹), preparada por comparación con un patrón comercial estándar N° 0,5 de McFarland. Posteriormente, las cápsulas se preincubaron a 5°C durante 12 h, para permitir la difusión del extracto, y luego, se incubaron a 37°C durante 48 h, para permitir el crecimiento bacteriano. Las zonas claras que se formaron alrededor de los discos, se consideraron halos de inhibición, los cuales fueron medidos, registrando para cada caso el diámetro en milímetros de los halos de inhibición del crecimiento bacteriano.

Para evaluar la actividad antimicótica se siguió la técnica descrita por Madubunyi (1995), utilizando cepas de un hongo patógeno (*Candida albicans*) de origen clínico. Dicha cepa se incubó por un periodo de 5 a 7 días a temperatura ambiente en un tubo con Agar Papa Dextrosa (PDA). Al cabo de este tiempo, se añadió 10 ml de agua destilada estéril al tubo, se agitó vigorosamente y se filtró a través de un embudo con gasa previamente estéril, para así obtener una suspensión de esporas. La cepa de *C. albicans* se trató siguiendo la metodología de la comparación con un estándar de turbidez 0,5 McFarland. La solución espongiorial obtenida se colocó sobre cápsulas de Petri, previamente preparadas con PDA, empleando hisopos estériles. Posteriormente, se colocaron los discos de papel Whatman N° 3 de 5 mm de diámetro impregnados previamente con el extracto, y luego, se incubaron por dos días a temperatura ambiente. La aparición de halos de inhibición alrededor del disco indicó la actividad fúngica del extracto, los cuales se verificaron tomando en cuenta el diámetro (mm) de los mismos.

Los experimentos de análisis del efecto antimicrobiano de los extractos, se realizaron por triplicado para cada una de las partes botánicas estudiadas. Para establecer los diferentes grados de inhibición del crecimiento bacteriano, se consideraron los rangos de los diámetros de inhibición, como los sugieren Rios *et al* (2009), aplicados a los extractos de las especies empleadas en este estudio, estableciéndose posteriormente rangos de la actividad antimicrobial.

Actividad tóxica o letalidad contra *Artemia salina*:

Este bioensayo es un indicador de la actividad antitumoral de extractos vegetales y/o compuestos químicos presentes en los mismos. Inicialmente, se determinó que existe una correlación positiva entre la mortalidad de las larvas de *Artemia* y la citotoxicidad frente a las células cancerígenas. De este modo, es posible detectar extractos con actividad citotóxica, utilizando el ensayo de mortalidad de larvas, más que otros ensayos antitumorales *in vivo* o *in vitro* que resultan más tediosos y costosos (Pino y Lazo, 2010).

Se preparó una solución de 10 000 µg. ml⁻¹ del extracto, en una mezcla H₂O/DMSO según la solubilidad de éste y, a partir de ésta, se prepararon soluciones de 1 000 - 0,01 µg. ml⁻¹ mediante diluciones sucesivas con agua de mar bifiltrada, en viales que contenían 10 nauplios de *A. salina*, eclosionados con 24 h de anticipación. Por concentración, se realizaron tres réplicas y un control con igual número de réplicas. La cuantificación de la mortalidad de los nauplios se realizó pasadas las 24 y 48 h de haber montado dicho ensayo. Los datos obtenidos se utilizaron para calcular la concentración letal media de los extractos y fracciones ensayadas, mediante la aplicación del software LC50 V2.5 diseñado para tal fin, que considera los análisis estadísticos computarizados (Probit, Binomial, Logit y Moving Average) con límites de confianza de 95 % (Stephan, 1977; Meyer *et al.*, 1982).

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Obtención de los extractos

Obtenidos todos los extractos metanólicos de las hojas, tallo y flores del cedrón, se determinó la masa de los diversos extractos, así como también, su porcentaje de rendimiento. En la Tabla 1 se encuentran reflejados todos estos resultados, tomando como referencia la masa inicial de las partes botánicas de dicha especie vegetal y la masa del extracto crudo de las mismas, los cuales se usaron luego para realizar el tamizaje fitoquímico y analizar el efecto antimicrobiano y letal contra *Artemia salina* de dichos extractos.

En la Tabla 1 se observan los porcentajes de rendimientos de extracción de hojas, tallos y flores secas, pudiéndose notar que el extracto de las flores presentó el rendimiento de extracción más alto con 11,81% y el del tallo mostró el rendimiento más bajo con respecto a todos los extractos obtenidos, porcentaje de extracción

de 3,78%. Tomando en consideración que el disolvente utilizado fue el metanol, se puede considerar que en las flores y hojas se encuentra la mayor cantidad de metabolitos secundarios (taninos, polifenoles, esteroides, triterpenos, fenilpropanoides con polaridades de media

a alta fundamentalmente, siendo las flores las más ricas en metabolitos secundarios polares. Es posible entonces que en el tallo se encuentren metabolitos de baja polaridad o apolares. (Henao *et al.*, 2009)

Tabla 1. Porcentajes de rendimiento de los extractos metanólicos de las partes botánicas de *L. citriodora*.

Parte botánica	Masa (g)		Rendimiento (%)
	INICIAL	EXTRACTO	
Hojas	12,00	0,8611	7,18
Flores	12,00	1,4173	11,81
Tallo	12,00	0,8316	3,78

Análisis Fitoquímico

La Tabla 2 muestra los resultados obtenidos en el tamizaje fitoquímico realizado a los extractos metanólicos de las partes botánicas de *L. citriodora*.

En dicha tabla, se puede observar que todos los extractos metanólicos analizados de las distintas partes botánicas, mostraron la presencia de taninos, polifenoles, esteroides insaturados y triterpenos pentacíclicos. Adicionalmente, los extractos del tallo y flores exhibieron la presencia de fenilpropanoides y catequinas; sin embargo, los metabolitos cumarinas y metilencetonas fueron detectados solamente en el extracto de las flores, y glicósidos cardiotónicos y quinonas en el extracto del tallo. Tanto las hojas como el tallo, mostraron la presencia de saponinas, y las hojas y las flores la presencia de alcaloides. En ningún extracto analizado se detectaron flavonoides, a excepción de las hojas.

Estos resultados están en concordancia con los reportados por Argyropoulou *et al* (2010) quienes mediante estudios histoquímicos determinaron la

composición de los metabolitos secundarios de las hojas de cedrón como fenoles, alcaloides, terpenos, taninos y flavonoides.

Al realizarse una comparación de la riqueza de metabolitos secundarios del extracto metanólico de las partes botánicas de *L. citriodora*, se puede argumentar que tanto el tallo como las flores son portadoras de la mayor cantidad de familias de metabolitos secundarios en la planta, en relación a las demás partes botánicas, debido a que se puede apreciar en la Tabla 2 un %MPE (porcentaje de metabolitos presentes para cada extracto de la especie) igual a 64,29% para ambas; sin embargo, las hojas mostraron un 42,86% de metabolitos secundarios. Además, se puede apreciar que todos los extractos metanólicos (de hojas, tallo y flores) exhibieron la presencia de un 100% de metabolitos pertenecientes a las mismas familias químicas (%MPF): taninos, polifenoles, esteroides insaturados y triterpenos pentacíclicos, siendo estas las familias predominantes en esta especie vegetal.

Tabla 2. Tamizaje fitoquímico de los extractos metanólicos de las partes botánicas de *L. citriodora*.

Familias de metabolitos secundarios	Partes botánicas de la planta			%MPF
	Hojas	Tallos	Flores	
Saponinas	+	+	-	66,67
Taninos	+	+	+	100
Polifenoles	+	+	+	100
Glicósidos cardiotónicos	-	+	-	33,33
Glicósidos cianogénicos	-	-	-	0
Alcaloides	+	-	+	66,67

Continuación Tabla 2.

Cumarinas	-	-	+	33,33
Metilcetonas	-	-	+	33,33
Flavonoides	+	-	-	33,33
Esteroles insaturados	+	+	+	100
Triterpenos pentacíclicos	+	+	+	100
Fenilpropanoides	-	+	+	66,67
Quinonas	-	+	-	33,33
Catequinas	-	+	+	66,67
%MPE	42,86	64,29	64,29	

(+): Detectado; (-): No detectado; %MPF: porcentaje de extractos de las partes botánicas con metabolitos pertenecientes a la misma familia química; %MPE: porcentaje de metabolitos presentes para cada extracto de la especie.

En otro estudio realizado previamente por Argyropoulou *et al.* (2007) sobre la composición química de aceites esenciales de las hojas de cedrón por GC-MS, encontrándose que los principales constituyentes (66.3%) fueron los terpenos geranial, neral y limoneno. El género *Lippia*, tiene un gran valor farmacológico, contiene cantidades apreciables de metabolitos algunos de los cuales han mostrado tener actividades biológicas valorables. Omollo *et al.* (2014) realizaron tamizajes fitoquímicos sobre este género, demostrando la presencia de varios compuestos como triterpenoides, fenoles, flavonoides, fenilpropanoides y esteroides.

Como se mencionó, los polifenoles resultaron positivo en los extractos metanólicos de todas las partes botánicas de la planta *L. citriodora*. Seham *et al.* (2012) realizaron una investigación sobre bioactividades y potencial medicinal de los extractos acuosos y alcohólico de la misma especie cultivada en Egipto, también como composición fenólica del extracto más bioactivo. Ellos reportaron que los compuestos fenólicos (principalmente flavonoides, ácidos fenólicos y fenilpropanoides) detectados eran los responsables de su actividad farmacológica, tales como efectos analgésico, antiinflamatoria y antioxidante.

Actividad antimicrobiana (sensibilidad microbiana)

Los extractos metanólicos fueron probados frente a *E. coli*, *S. aureus* y *P. aeruginosa*, y mostraron inactividad contra estas cepas bacterianas. Sin embargo, esto no implica que

frente a otros microorganismos no puedan presentar cierta actividad inhibitoria (Mora *et al.*, 2008).

En la Tabla 3 se representan los resultados de la sensibilidad microbiana de los extractos metanólicos de las hojas, tallo y flores de *L. citriodora* frente a cepas de las bacterias *Staphylococcus aureus* (Gram-positiva), *Escherichia coli* (Gram negativa) y *Pseudomonas aeruginosa* (Gram negativa) a distintas concentraciones del extracto a ensayar, cuyos halos de inhibición se expresan utilizando la metodología de cruces y criterios expuestos para extractos (Rios *et al.*, 2009).

El extracto metanólico de todas las partes botánicas de *L. citriodora* demostró una alta o muy alta actividad antibacteriana contra *E.coli*, *P. aeruginosa* y *S. aureus*, a excepción de los extractos de las hojas y flores que exhibieron una actividad antibacteriana moderada y baja respectivamente contra *E. coli* y *S. aureus*, a una concentración del 20 mg. ml⁻¹; sin embargo, la sensibilidad bacteriana de ambas cepas se incrementó al ser expuestas a soluciones de 40 mg. ml⁻¹ de ambos extractos.

A una concentración de 20 mg. ml⁻¹, el extracto del tallo fue el que la mayor actividad antibacteriana contra todas las cepas ensayadas, al presentar halos de inhibición superior a los 15 mm, seguido por los extractos de las hojas y las flores. Se observó una mayor efectividad de los extractos contra todas las bacterias al duplicarse la concentración de los mismos a 40 mg. ml⁻¹. En general, se puede inferir que tanto la cepa Gram positiva como las Gram negativas mostraron una alta sensibilidad bacteriana frente a los extractos metanólicos

de todas las partes botánicas estudiadas de *L. citriodora*, y con valores de halos de inhibición muy cercanos a los de los patrones: antibiótico (ciprofloxacino) y antifúngico de referencia (cloranfenicol) ensayados.

Tabla 3. Actividad antimicrobiana mostrada por extractos metanólicos de *L. citriodora* a distintas concentraciones frente a las cepas utilizadas.

Microorganismos	Concentraciones del extracto (mg.ml ⁻¹)							
	20				40			
	EMH	EMT	EMF	Patrón ^b	EMH	EMT	EMF	Patrón ^b
Bacterias								
S. aureus	3+	4+	1+	4+	4+	4+	4+	4+
E. coli	2+	4+	3+	4+	4+	4+	3+	4+
P. aeruginosa	3+	4+	3+	4+	4+	4+	3+	4+
Hongo								
C. albicans	1+	2+	3+	4+	+2	3+	3+	4+

Diámetros de los halos de inhibición: (-) <6 mm ninguna actividad antimicrobiana; (1+) 6-8 mm poca actividad antimicrobiana; (2+) 8-10 mm mediana actividad antimicrobiana; (3+) 10-15 mm alta actividad antimicrobiana; (4+) >15 mm muy alta actividad antimicrobiana. **a:** media de valores de tres réplicas de halos de inhibición, expresados con metodología de cruces; **b:** antibiótico (ciprofloxacino) o antifúngico de referencia (cloranfenicol); EMH: extracto de metanol de hojas; EMT: extracto de metanol de tallos; EMF: extracto de metanol de flores de cedrón.

Los resultados encontrados en esta investigación coinciden con los de Silva *et al.* (2016), donde los investigadores encontraron que los aceites esenciales de las hojas de *L. thymoides* tenían selectividad antimicrobiana contra las bacterias Gram-positivas *Staphylococcus aureus* y *Micrococcus luteus*, y además establecieron la base farmacológica para el uso tradicional de la misma especie (Silva *et al.*, 2015). Otro estudio realizado en Bostwana, indica que la planta mostró propiedades antimicrobianas, y que se usa tradicionalmente para tratar el hongo *Candida* en las comunidades africanas (Omollo *et al.*, 2014).

Diversos estudios realizados sobre la composición química y actividad biológica de las hojas de *L. citriodora* han demostrado la presencia de metabolitos bioactivos como los fenilpropanoides y polifenoles a los cuales se le atribuyen las

propiedades antioxidantes, antitumorales, inmunosupresivas y antimicrobianas que posee esta especie (Venkateswara *et al.*, 2013; Herranz-López *et al.*, 2015).

Estudios reportados en la literatura, demuestran que las bioactividades del extracto de la planta *L. citriodora* se deben no a un solo tipo de compuesto, ya que varias investigaciones han mostrado interacciones entre compuestos fenólicos, principalmente efectos sinérgicos y antagonistas. A su vez, los investigadores aislaron flavonoides y otros compuestos fenólicos de cedrón recolectada en diferentes localidades (Skaltsa, 1988; Ono *et al.*, 2008).

Actividad tóxica o letalidad

La concentración letal media (CL₅₀) es de vital importancia para medir la letalidad, porque proporciona una medida de cuan tóxica resulta ser la especie vegetal *L. citriodora*, y si estas propiedades pueden causar un efecto negativo en el organismo, o por el contrario pueden usarse dichas propiedades tóxicas en contra de patógenos, lo cual se realiza por medio de larvas de experimentación como la *Artemia* (Parra *et al.*, 2001).

En la Tabla 4, se puede observar que el porcentaje de mortalidad que ocasiona los extractos de las hojas y el tallo, en las larvas de *A. salina* es del 100% a la máxima concentración (1000 mg.ml⁻¹); sin embargo, tan solo el extracto del

tallo mata 60% de los nauplios ensayados a menor concentración, lo que da indicio de su buena acción tóxica. Se podría presumir que dicho extracto posee una letalidad muy significativa, mostrando una

toxicidad indicativa de la presencia de compuestos antitumorales de gran valor farmacológico en el extracto (Pino y Lazo, 2010).

Tabla 4. Porcentaje de mortalidad (%) correspondiente al ensayo de *Artemia salina* en los diferentes extractos de *L. citriodora*.

Extractos	Concentraciones de disoluciones del extracto ($\mu\text{g.ml}^{-1}$)				
	1000	100	10	1	control
EMHC	100	23,3	10,0	6,7	3,3
EMTC	100	60,0	3,3	0,0	0,0
EMFC	86,6	42,9	13,3	7,1	3,3

EMH: Extracto metanólico de hojas; EMT: Extracto metanólico de tallo; EMF: Extracto metanólico de flores. Control: solución de dimetilsulfóxido (500 μl) en 3,6ml de agua de mar bifiltrada.

Se puede apreciar en la Tabla 5 una concentración letal media ($CL_{50} < 200 \mu\text{g.ml}^{-1}$) o sea una letalidad o toxicidad significativa, según el método Moving Average para los extractos de las hojas y flores, y método Binomial para el extracto del tallo, con valores más confiables de límites de confianza del 95%, por lo que los extractos podrían poseer compuestos bioactivos (Meyer *et al*, 1982). Además, se observa que el extracto metanólico del tallo mostró una toxicidad de 82,19 $\mu\text{g.ml}^{-1}$ en contra de las larvas ensayadas, a las 24 h, por lo que se puede inferir que todas las partes botánicas de *L. citriodora*, y especialmente el tallo, constituyen una fuente de compuestos bioactivos. De acuerdo a las categorías de toxicidad del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo- CYTED (1995), tanto el extracto de hojas como el de las flores son considerados moderadamente tóxicos, y el del tallo altamente

tóxico, y por ende el más promisorio como fuente de metabolitos con posible actividad antitumoral.

Se puede inferir que probablemente, este efecto letal o tóxico observado en los extractos metanólicos de las distintas partes botánicas de la planta, se deba a la presencia de algunas familias de metabolitos detectados en los ensayos químicos preliminares realizados, o a la acción sinérgica de ellos (taninos, alcaloides, triterpenos, esteroides, polifenoles, flavonoides, metilcetonas, fenilpropanoides y/o cumarinas). Adicionalmente, la actividad tóxica muy significativa o altamente tóxica encontrada para el tallo, se podría atribuir a la presencia de glicósidos cardiotónicos y quinonas, metabolitos ausentes en las hojas y flores de *L. citriodora*, o al efecto sinérgico de éstos con los otros compuestos presentes en el tallo (Sepúlveda *et al*. 2003; Avello y Cisternas, 2010).

Tabla 5. Concentración letal media ($\mu\text{g.ml}^{-1}$) contra *A. salina*, de los extractos de las partes botánicas de *L. citriodora*

Extractos	CL_{50} (24 h)	Método	Intervalo ^a	Categorías CYTED ^b de toxicidad
EMH	168,77	Moving Average	113,42-262,17	moderadamente tóxico
EMT	82,19	Binomial	10,00-100,00	altamente tóxico
EMF	172,76	Moving Average	93,27-355,78	moderadamente tóxico

EMH: Extracto metanólico de hojas; EMT: Extracto metanólico de tallo; EMF: Extracto metanólico de flores. **a:** Límite de confianza del 95%. **b:** Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED).

IV. CONCLUSIONES

Todas la partes botánicas estudiadas de *L. citriodora* exhibieron efecto antibacteriano y antifúngico significativo contra las cepas de bacterias Gram (+) y Gram (-), y hongo ensayado (*C. albicans*).

Cedrón mostró actividad letal o tóxica significativa, siendo el extracto metanólico del tallo el considerado altamente tóxico, debido a que presentó una concentración letal media inferior a 100 $\mu\text{g.ml}^{-1}$.

El análisis fitoquímico reveló la presencia de compuestos químicos comunes para las hojas, flores y tallo (taninos, polifenoles, triterpenos y esteroides insaturados), por lo que dichas familias de metabolitos detectados, podrían ser responsables de la antibiosis observada para la especie estudiada.

A partir de los resultados obtenidos, se puede inferir que la planta *L. citriodora* es una fuente promisoría de metabolitos secundarios bioactivos con actividad farmacológica (antimicrobianos y citotóxicos), lo que sugiere su importancia como agente de uso terapéutico en Ecuador.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento al Proyecto Prometeo de la Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia y Tecnología de la República de Ecuador (SENESCYT) por el financiamiento de esta investigación.

V. REFERENCIAS

Abena, A., Atipo-Ebata, J., Hondi, A., y Diatewa, M. (2001). Psychopharmacological properties of crude extract and essential oil of *Lippia multiflora*. *Encephale*, 27(4), 360-364.

Álvarez, X. (2012). Identificación, historia, características y aplicaciones culinarias de cinco plantas aromáticas endémicas de América (tesis de pregrado). Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador.

Argyropoulou, C., Daferera, D., Petros, A., Fasseas, C., y Polissiou, M. (2007). Chemical composition of the essential oil from leaves of *Lippia citriodora* H.B.K. (Verbenaceae) at two developmental stages. *Biochemical Systematics and Ecology*, 35 (12), 831-837.

Argyropoulou, C., Akoumianaki-Ioannidou, A., Christodoulakis, N., y Costas, A. (2010). Leaf anatomy and histochemistry of *Lippia citriodora* (Verbenaceae). *Australian Journal of Botany*, 58 (5), 398-09.

Argyropoulou, C., Akoumianaki-Ioannidou, A., Nikolaos, S., Christodoulakis, C., y Costas, A. (2010). Leaf anatomy and histochemistry of *Lippia citriodora* (Verbenaceae). *Australian Journal of Botany*, 58 (5), 398-09.

Avello, M., y Cisternas, I. (2010). Fitoterapia, sus orígenes, características y situación en Chile. *Rev Med Chile*, 138, 1288-1293.

Avila, J., De Liverant, J., Martínez, A., Martínez, G., Muñoz, J. y Arciniegas, A. (1999). Mode of action of *Buddleja cordata* verbascoside against *Staphylococcus aureus*. *Journal of Ethnopharmacology*, 66, 75-78.

Bauer, A., Kirby, A., Sherris, J., y Turk, M. (1966). Antibiotic susceptibility testing by standardized single disk method. *American Journal of Clinical Pathology*, 45 (4), 493-496.

CYTED. (1995). Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. *Manual de Técnicas de Investigación*. España: Editorial Pinzón.

El-Hawary, S., Miriam, F., Yousif, M., Abdel, A., y Abd-Hameed, L. (2012). Bioactivities, phenolic compounds and in-vitro propagation of *Lippia citriodora* Kunth cultivated in Egypt. *Bulletin of Faculty of Pharmacy*, 50, 1-6.

Funari, C., Eugster, P., Martel, S., Carrupt, P., Wolfender, J., y Silva, D. (2012). High resolution ultra-high pressure liquid chromatography-time-of-flight mass spectrometry dereplication strategy for the metabolite profiling of Brazilian *Lippia* species. *J Chromatogr A*, 1259, 167-178.

Henaó, J., Muñoz, L., Ríos, E., Padilla, L., y Giraldo, G. (2009). Evaluación de la actividad antimicrobiana de los extractos de la planta *Lippia origanoides* h.b.k. cultivada en el Departamento del Quindío. *Rev. Invest. Univ. Quindío*, 19, 159- 164.

Herranz-López, M., Barrajón-Catalán, E., Segura-Carretero, A., Menéndez, J., Joven, J., y Micol, V. (2015). Lemon verbena (*Lippia citriodora*) polyphenols alleviate obesity-related disturbances in

- hypertrophic adipocytes through AMPK-dependent mechanisms. *Phytomedicine*, 22, 605-614.
- Jigam, A., Akanya, H., Ogbadoyi, E., Dauda, B., y Egwim, C. (2009). In vivo antiplasmodial, analgesic and antiinflammatory activities of the leaf extract of *Lippia multiflora* Mold. *Journal of Medicinal Plants Research*, 3 (3), 148-154.
- Kummerer, K. (2004). Resistance in the environment. *The Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 54, 311-314.
- Madubunyi, I. (1995). Antimicrobial activities of the constituents of *Garcinia kola* seeds. *Intern. J. Pharm.*, 33 (3), 232-237.
- Marcano, D., y Hasegawa, M. (2002). Fitoquímica Orgánica. Venezuela: Universidad Central de Venezuela-Torino.
- Meyer, B., Ferrigni, N., Putnam, J., Jacobsen, L., Nichols, D., y McLaughlin, J. (1982). Brine shrimp: A convenient general bioassay for active plant constituents. *Planta Médica*, 45 (1), 31-34.
- Mora, J., Newmark, F., Santos, M., y Sánchez, J. (2008). Evaluación de extractos de esponjas marinas como nuevas fuentes de sustancias antimicrobianas. *Rev. Esp. Quimioter.*, 21 (3), 174-179.
- Murillo, E., y Méndez, J. (2011). Guía metodológica para la detección rápida de algunos metabolitos secundarios y caracterización de una droga cruda. Colombia: Universidad de Tolima.
- Okhale, E., Michael-Nwanosike, E., Temitope Fatokun, O., y Folashade-Kunle, O. (2016). Phytochemistry and ethnopharmacology of *Lippia* genus with a statement on chemotaxonomy and essential oil chemotypes. *International Journal of Pharmacognosy IJP*, 3 (5), 201-211.
- Oliveira, M., Velázquez, D., y Bermúdez, A. (2005). La investigación etnobotánica sobre plantas medicinales. *Revista de Ciencia y Tecnología de América*, 30 (8), 453-459.
- Omollo-Ombito, J., Nyangweso-Salano, E., Kipkirui-Yegon, P., Kipkirui-Ngetich, W., y Muthoni-Mwangi, E. (2014). A review on the chemistry of some species of genus *Lippia* (Verbenaceae family). *Journal of Scientific and Innovative Research*, 3 (4), 460-466.
- Ono, M., Oda, E., Tanaka, T., Iida, Y., Yamasaki, T., Masuoka, C., et al. (2008). DPPH radical-scavenging effect on some constituents from the aerial parts of *Lippia triphylla*. *J Nat Med.*, 62 (1), 101-106.
- Parra, L., Silva, Y., Iglesias, B., y Guerra, S. (2001). Comparative study of the assay of *Artemia salina* L. and the estimate of the medium lethal dose (LD₅₀ value) in mice, to determine oral acute toxicity of plant extracts. *Phytomedicine*, 8 (5), 395-400.
- Pino, O., y Lazo, J. (2010). Ensayo de Artemia: útil herramienta de trabajo para ecotoxicólogos y químicos de productos naturales. *Revista de Protección Vegetal*, 22 (1), 35-36.
- Ríos, N., Medina, G., Jiménez, J., Yañez, C., García, M., Di Bernardo, M., y Guaitia, M. (2009). Actividad antibacteriana y antifúngica de extractos de algas venezolanas. *Rev. Perú Biol.*, 16 (1), 097-100.
- El-Hawary, S., Yousif, M., Abdel, A., y Abd-Hameed, L. (2012). Bioactivities, phenolic compounds and in-vitro propagation of *Lippia citriodora* Kunth cultivated in Egypt. *Bulletin of Faculty of Pharmacy, Cairo University*, 50, 1-6.
- Sepúlveda, G., Porta, H., y Rocha, M. (2003). La participación de los metabolitos secundarios en la defensa de las plantas. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 21 (3), 355-363.
- Silva, F., Menezes, P., de Sá, P., Oliveira, A., Souza, E., Bamberg, V., de Oliveira, H., de Oliveira, S., Araújo, R., Uetanabaro, A., et al. (2015). Pharmacological basis for traditional use of the *Lippia thymoides*. *Evid. Based Complement. Altern. Med.*, 20 (12), 21946-21959.
- Silva, F., Menezes, P., de Sá, P., Oliveira, A., Souza, E., Almeida, J., Lima, J., Uetanabaro, A., Silva, T., Peralta, E., et al. (2016). Chemical composition

- and pharmacological properties of the essential oils obtained seasonally from *Lippia thymoides*. *Pharm. Biol.*, 54 (1), 25-34.
- Skaltsa, H., y Shamma, G. (1988). Flavonoids from *Lippia citriodora*. *Planta Med.*, 58 (5), 465.
- Stephan, C.E. (1977). Methods for calculating an LC50. In: Mayer FL, Hamelink J. (Editors). *Aquatic Toxicology and Hazard Evaluation: ASTM STP 634*. Philadelphia: American Society for Testing and Material.
- Venkateswara, R., Gopalakrishnan, M., y Mukhopadhyay, T. (2013). Secondary metabolites from the leaves of *Lippia citriodora* H. B. & K. *Der Pharmacia Lettre*, 5 (3), 492-495.
- Zamorano, E., Morales, C., Ramos, D., Sepúlveda, C., Cares, S., Rivera, P., Fernández, J., y Carballo, M. (2006). Anti-genotoxic effect of *Aloysia triphylla* infusion against acrylamide-induced DNA damage as shown by the comet assay technique. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 603 (2), 145-150.
- Zhang, Y., Chen, Y., Wang, S., Dong, Y., Wang, T., Qu, L., Li, N., y Wang, T. (2015). Bioactive constituents from the aerial parts of *Lippia triphylla*. *Molecules*, 20, 21946-21959.

El Cuadro de Mando Integral Aplicado a la Planificación Estratégica de la Banca Privada

Patricio, Abad-Alvarado^{1*}

Resumen

El presente trabajo se planteó como objetivo aplicar el Cuadro de Mando Integral (CMI) a la Planificación Estratégica de la Banca Privada, caso Banco del Austro. Para el desarrollo del trabajo se empleó la técnica de la revisión bibliográfica-documental y el estudio de casos. Se concluye el trabajo constatando que el CMI asegura la alineación entre finanzas, mercado, tecnología e innovación, al tiempo que resulta indispensable como estrategia de comunicación, dispositivo de control de gestión y de la estrategia corporativa. Los resultados en los objetivos estratégicos identificados en las perspectivas de aprendizaje y crecimiento permitirían al Banco del Austro promover sus procesos de trabajo internos, lo que, a su vez, ayudaría a la organización a obtener los resultados deseados en las perspectivas de clientes y finanzas. A su vez, los resultados obtenidos en el proceso de control le posibilitarían adquirir una visión general de las desventajas reales en el proceso de implementación estratégica e iniciarían una línea de actividades correctivas. En resumen, el CMI proporcionará a los administradores del Banco del Austro una visión completa de la entidad, incluidas medidas operativas para satisfacer a los clientes, nivel de innovación y actividad para mejorar la organización, así como medidas financieras.

Palabras Clave: Planificación estratégica, Cuadro de Mando Integral (CMI), Indicadores Claves de Desempeño (KPI), objetivos estratégicos.

The Balanced Scorecard Applied to the Strategic Planning of Private Banking

Abstract

The present research consisted in the application of the Balance ScoreCard (BSC) to the Strategic Planning of Private Banking, specifically Banco del Austro. The bibliographic-documentary review technique and the case study were used for the development of this work. The work concludes stating that the BSC ensures the alignment between finance, market, technology and innovation, while being essential as a communication strategy, management control device and corporate strategy. The results in the strategic objectives identified in the perspectives of learning and growth would allow the Banco del Austro to promote its internal work processes, which, in turn, would help the organization to obtain the desired results in the perspectives of clients and finances. In turn, the results obtained in the control process would enable them to acquire an overview of the real disadvantages in the strategic implementation process and initiate a line of corrective activities. In summary, the BSC will provide Banco del Austro managers with a complete overview of the entity, including operational measures to satisfy customers, level of innovation and activity to improve the organization, as well as financial measures.

Keywords: Strategic Planning, Balance Scorecard (BSC), Key Performance Indicators (KPI), strategic objectives.

Recibido: 24 de agosto de 2018

Aceptado: 30 de noviembre de 2018

¹Ingeniero Comercial Docente; Gerente financiero en Karnataka S.A. Cuenca-Ecuador; ingpatricioabad@hotmail.com

*Autor para correspondencia: ingpatricioabad@hotmail.com

I. INTRODUCCIÓN

Las barreras institucionales que caracterizaban al sector bancario han caído frente a la competencia y a los cambios de los clientes. Esto ha iniciado una serie de acontecimientos que han configurado un nuevo entorno competitivo. Ante esto, las entidades bancarias se han planteado crear nuevas estructuras que respondan a las situaciones creadas por el entorno (Wu, Tzeng, & Chen, 2009). La planificación estratégica, respaldada por el CMI, se constituye en una herramienta de gran utilidad para responder a las nuevas coyunturas.

La planificación consiste en un proceso para establecer metas y objetivos y elegir los mecanismos apropiados para alcanzarlos (Francés, 2006; Sharma, 2009). Existen tres tipos de planificación: estratégica, operativa y táctica (Mintzberg, 1994; Abascal, 2004).

La planificación estratégica, puntualmente, determina la finalidad de la organización y describe un conjunto de metas y objetivos, proporcionando una base para la toma de decisiones que permita aprovechar o crear las oportunidades y transformar los peligros en oportunidades (Abascal, 2004). Se divide en tres fases básicas: la formulación de la estrategia, la ejecución y la evaluación (Saavedra, Castro, Restrepo, & Rojas, 2001), cada una de las cuales exige un tipo determinado de control. Para la Planificación Estratégica deben evitarse la generación de instrumentos nada fiables (León, Rivera, & Nariño, 2009), la validación inadecuada de los criterios, la ausencia de historiales de referencia, ubicar los instrumentos de control al final de los procesos y elaborar instrumentos de control caros (Arroyo, 2016). Sin embargo, estos riesgos se neutralizan por medio de la capacidad analítica, el rigor y el espíritu crítico y constructivo (Franklin, 2007; Schwartz & Vásquez, 2011).

Por su parte, el Cuadro de Mando Integral (CMI) consiste en un enfoque multidimensional (Kaplan & Norton, 2001; McLean, 2006; Amo, 2011), que mide el rendimiento corporativo de una empresa desde cuatro perspectivas: financiera, cliente, procesos internos y aprendizaje – crecimiento (Kaplan & Norton, 1996, 2007). Desarrollado en Harvard por los profesores Robert Kaplan y David Norton en 1992, ha demostrado ser la herramienta más efectiva para enlazar la visión, misión y la estrategia a cinco medidas de desempeño

(Hoque & James, 2000; Ahn, 2001; Bastidas & Ripoll, 2003). El CMI ofrece una visión cabal de la entidad, constituyéndose en el elemento esencial del sistema de información que apoya al sistema de control de gestión en su propósito de mejorar el nivel de competitividad a largo plazo (Butler, Letza, & Neale, 1997; Kaplan R. S., 2009; Vega, 2015). Provee, a su vez, una estructura para centrarse en los indicadores de cada proceso crítico tales como: plan de negocio, distribución de recursos, estrategias y retroalimentación, aprendizaje, comportamiento ante los clientes internos y externos y hacia acciones comunitarias (Figge, Hahn, Schaltegger, & Wagner, 2002; Ramón, 2012). Al combinar indicadores financieros y no financieros efectúa una política estratégica proactiva y ofrece un método estructurado para seleccionar los indicadores guías que implican a la dirección de la empresa (Kaplan & Norton, 1995; Brewer & Speh, 2000).

Para la construcción de un CMI eficaz son necesarios el consenso y el apoyo de la alta dirección, la que identificará y estará de acuerdo en los propósitos principales del proyecto (Banker, Chang, & Pizzini, 2004; Ríos, 2010), los que ayudarán a: guiar la construcción de objetivos e indicadores para el CMI, obtener el compromiso de los participantes en el proyecto, y clarificar la estructura para los procesos de implantación y gestión (Martinsons, Davison, & Tse, 1999; Martínez & Milla, 2012).

El plan de desarrollo sistemático del CMI establece cuatro fases básicas (Kasurinen, 2002; Bhagwat & Sharma, 2007): 1) la determinación de las características de la empresa, tamaños, mercados en el que opera, sus principales clientes, para luego definir los elementos estratégicos, la misión, la visión, los objetivos, las políticas, las estrategias para alcanzar las metas y los indicadores de gestión; 2) los indicadores deben encadenarse verticalmente y ser acordes a los procesos de la entidad; además, deben ser claras las responsabilidades. Definidos los indicadores se precisará su fórmula de cálculo; 3) la fase informática; para la cual existen muchos proveedores y software disponibles; y 4) la integración del CMI al proceso de planificación y presupuestación de la empresa, cada meta disponiendo de un plan, programa y un presupuesto que asegure su cumplimiento.

Las implicaciones de la aplicación del CMI en las organizaciones han sido ampliamente investigadas: Durraui et al. (2000), desarrollaron un estudio de caso al interior de la industria de las calculadoras, evidenciando la efectividad de aplicar el CMI, ya que el mismo asegura la alineación entre finanzas, mercado, tecnología e innovación. Malina y Selto (2001) analizaron la utilidad del CMI como estrategia de comunicación y dispositivo de control de gestión, así como dispositivo efectivo para controlar la estrategia corporativa; sin embargo, también evidenciaron desacuerdos y tensiones entre la gerencia superior y la gerencia media sobre la idoneidad del CMI como mecanismo de comunicación, control y evaluación.

Imelda (2004), en su estudio desarrollado en Filipinas, analizó la creación de un sistema de CMI para las organizaciones públicas. Montoya (2004), en Argentina, reflexionó sobre las ventajas de aplicar el CMI en los procesos de gestión administrativa y en su contribución a que las organizaciones se constituyan en instituciones competitivas. Möller y Schaltegger (2005) estudiaron la relación entre el CMI y el análisis de eficiencia ecológica, el que proporcionaría una fuente de datos para los CMI de sostenibilidad. Hu y Huang (2005), por su parte, desarrollaron un estudio de caso en una empresa china que utilizó el CMI en conjunción con las tecnologías de la información con estrategias comerciales evidenciando éxito financiero para la compañía. Kim et al. (2003), evaluaron la efectividad del CMI en la administración del cliente. Nogueira et al. (2009), desarrollaron una metodología para el uso del CMI en una empresa que ofrece servicios de informática.

Existen investigaciones con resultados poco satisfactorios sobre las ventajas del CMI: Norreklit (2000), en su estudio desarrollado en Dinamarca, examinó la vinculación del CMI con métricas operacionales que pueden ser comprendidas por los gerentes, sugiriendo mejoras al proceso. Lipe y Salterio (2000), examinaron cómo los procesos establecidos por el CMI para un departamento específico afectan las evaluaciones de los superiores del rendimiento de dicha área, obteniéndose que únicamente las medidas comunes afectan las evaluaciones de los superiores. Bastidas y Ripoll (2003), establecieron que el CMI requiere de ajustes para ser implantado en las

organizaciones del sector público.

Por su parte, Ittner, Larcker y Meyer (2003) examinaron cómo se ponderaron los diferentes tipos de medidas de desempeño en un CMI adoptado por una firma de servicios financieros, constatándose que el alto nivel de subjetividad en el CMI llevó a muchos gerentes de sucursales a quejarse sobre el favoritismo en las bonificaciones y la incertidumbre en los criterios que se utilizan para determinar las recompensas. Neely (2008) exploró el impacto del CMI en el rendimiento de una división de una cadena eléctrica mayorista del Reino Unido frente al rendimiento de una división que no implementó el sistema, y aunque se observaron mejoras en las ventas y en el beneficio bruto, se obtuvieron resultados similares en el rendimiento, por lo que el impacto del CMI en el rendimiento no fue demostrado. Es importante destacar que las investigaciones sobre la implementación del CMI en las entidades bancarias han sido, más bien, escasas: David y Albright (2004) determinaron que las sucursales bancarias que implementan el CMI obtienen beneficios frente a las que no. González (2009) desarrolló un estudio de caso en el Banco Social Colombiano S.A., aplicando una propuesta metodológica que combinó el CMI con el Proceso Analítico Jerárquico (PAJ) y obteniendo resultados positivos para la entidad. Un proceso similar fue adoptado en Taiwan por parte de Huang (2009).

II. DESARROLLO

Materiales y métodos

Con el fin de contribuir al conocimiento de las ventajas de aplicar el CMI en las instituciones bancarias, se procedió a desarrollar un informe sobre la experiencia llevada a cabo en el Banco del Austro de Ecuador, durante el periodo enero-diciembre 2017, donde se diseñó un modelo de Plan Estratégico basado en el CMI que permitiese a la entidad bancaria ser una empresa de servicios rentable, competitiva y sustentable

Resultados

Análisis situación actual

En la década de los setenta nace el Banco del Austro S.A. con un capital inicial de 31.500.000,00 sucres y ofreciendo servicios como: depósitos, crédito,

comercio exterior, mandato, inversiones cambios. Para el año 2010 disponía de 71 oficinas en el territorio ecuatoriano, contaba con 17 sucursales, 42 agencias, 7 ventanillas de extensión y 165 cajeros automáticos. En mayo del mismo año ocupaba el séptimo lugar en tamaño en activos y alcanzaba una participación del 3,99%. En lo referente a pasivos, ocupaba el séptimo puesto entre 25 instituciones bancarias, con aproximadamente \$ 677MM, de un total de pasivos del sistema de \$ 16.754MM, lo que representaba el 4.04% de participación del mercado.

Por su parte, el total de captaciones de recursos del público a fines del mes de mayo del 2010 se ubicaron en \$ 639.7MM, la cartera de créditos colocada ascendió a la misma fecha a \$ 459.2MM, con estas cifras la participación en el mercado, tanto de captaciones como de colocaciones a la fecha indicada del Banco del Austro fue del 4.26% y del 4,68%, respectivamente. Su patrimonio a mayo del 2010 es de \$ 68MM de dólares.

Asu vez, la entidad planifica, controla y desarrolla sus actividades basándose, exclusivamente, en indicadores financieros sin considerar aspectos como la tecnología, la atención al cliente y los procesos que inciden en los resultados finales. La dirección del Banco del Austro no dispondría de una herramienta para fijar los macro objetivos y controlar los logros en la consecución de estos, considerando que las acciones que se desarrollen estén vinculadas a la visión estratégica de la empresa y dirigidas hacia todos los niveles y departamentos de la organización. Por lo tanto, se consideró que la inmediata implementación de un CMI contribuiría a mejorar los resultados financieros y la calidad de sus servicios.

Con respecto a la identificación de los segmentos de mercado atractivos para Banco del Austro, se establecieron los siguientes:

Tabla 1. Segmentación de mercado

PERSONAS	NACIONAL	Nivel socioeconómico alto Nivel socioeconómico medio Nivel socioeconómico bajo
	INTERNACIONAL	Migrantes
NEGOCIOS	CORPORATIVO	
	MEDIANOS	
	PEQUEÑOS	

Fuente: Banco del Austro

Estos segmentos de mercado fueron categorizados como atractivos por el Banco del Austro, debido a que se buscó centralizar los esfuerzos para atender las necesidades financieras de dichos segmentos. Se los consideró considerando que abarcasen el mayor porcentaje de dichos mercados a nivel nacional e

internacional y se podrían enfocar de mejor manera la planificación e implementación de los proyectos para conseguir mejores resultados, tanto en participación de mercado como en rentabilidad.

Por su parte, el análisis FODA, tal como se observa en la tabla 2, evidenció lo siguiente:

Tabla 2. Análisis FODA Banco del Austro

ANÁLISIS EXTERNO	
OPORTUNIDADES	AMENAZAS
<ol style="list-style-type: none"> Existen segmentos de negocios que no han sido atendidos. Apalancamiento con otras empresas del Grupo Eljuri Alianzas estratégicas enfocadas en Cooperativas Apoyo gubernamental a la banca mediana y pequeña. 	<ol style="list-style-type: none"> Mayor nivel de controles y regulaciones. Competencia agresiva y especializada en nuevos segmentos (COACS) Competencia de Banca Privada-Estatal (Banco del Pacífico) Regulación política de precios. Recesión global Concentración de la industria en ciertos segmentos. Contracción del mercado de migrantes.

Continuación Tabla 2.

ANÁLISIS INTERNO	
FORTALEZAS	DEBILIDADES
<ol style="list-style-type: none"> 1. Posicionamiento en la zona austral del Ecuador. 2. Productos y servicios para migrantes 3. Presencia internacional (Red AFS – ABO) 4. Infraestructura integral para desarrollo de TC 5. Fortaleza patrimonial del Grupo 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Posicionamiento en Quito y Guayaquil 2. Posicionamiento en el resto del país. 3. Servicio al cliente. 4. Tecnología 5. Calidad de los activos 6. Gestión de Recursos Humanos 7. Gestión de Mercadeo (Canales de distribución) 8. Procesos operativos no eficientes. 9. Comunicación vertical 10. Limitación de autonomía fuera del Austro (falta de empoderamiento) 11. Restricción para segmentos: empresarial y vivienda. 12. Manejo del gobierno corporativo. 13. Concentración de cartera. 14. Gestión de Administración. 15. Comercialización de productos.

Propuesta de CMI para la Planificación Estratégica del Banco del Austro S.A.

La propuesta se inicia con la definición de la estrategia por parte del Banco del Austro S.A., para lo cual el Banco del Austro estableció como estrategia general, constituirse en el banco mediano más rentable del sistema financiero, reconocido por la calidad de su servicio, con un sistema tecnológico de punta y con un grupo humano profesional, comprometido y motivado.

A su vez, la administración de Banco del Austro S.A. determinó tres objetivos estratégicos para el período 2012 – 2016:

1. Recuperar y mantener una calificación AA, que significa que la institución ha sido calificada como muy sólida financieramente, que posee buenos antecedentes de desempeño y que no parece tener aspectos débiles a destacar. El perfil de riesgo de las instituciones que mantienen esta calificación es bajo.
2. Alcanzar una participación de mercado del 5% en captaciones y colocaciones.
3. Estar entre los primeros tres bancos en rentabilidad y entre los cinco primeros en eficiencia dentro del sistema bancario.

Al tiempo que se consideró pertinente proponer 5 objetivos estratégicos nuevos, los mismos que guiaron todo el diseño del CMI propuesto a las autoridades del

Banco del Austro. Estos fueron:

1. Lograr satisfacción de servicio al cliente.
2. Mejorar los sistemas tecnológicos.
3. Consolidar la presencia nacional de oficinas.
4. Desarrollar banca virtual.
5. Aplicar mejoras en los procesos operativos.

Mapa Estratégico.

A partir del establecimiento de los objetivos estratégicos para el Banco del Austro, se procedió a desarrollar el mapa estratégico de relación causa – efecto de los objetivos institucionales. Tal como se observa en la figura 1, los objetivos estratégicos planificados para el Banco del Austro fueron diseñados considerando para ello las 4 perspectivas sugeridas por el CMI (financiera, clientes, procesos internos, desarrollo y aprendizajes). El mapa estratégico quedó conformado de la siguiente manera:

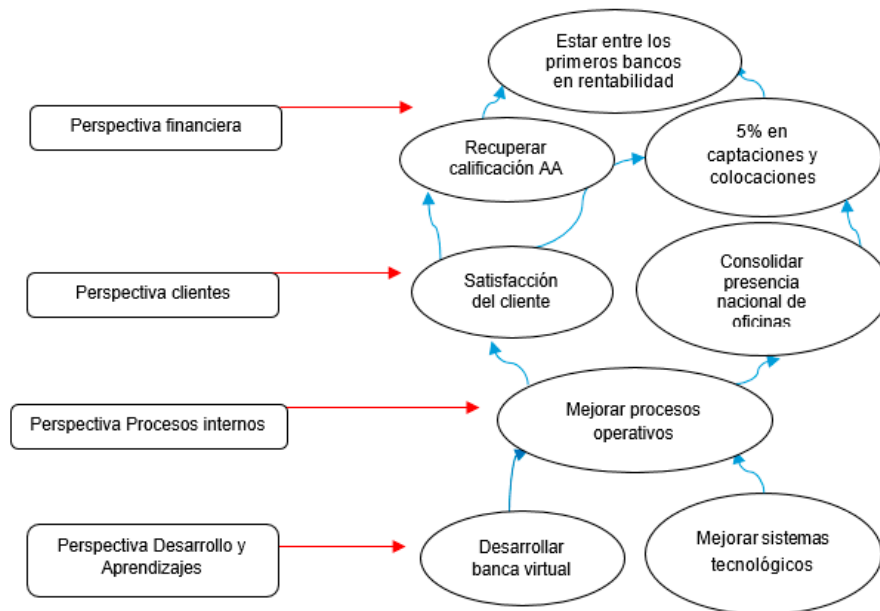


Figura 4. Mapa estratégico para el Banco del Austro S.A.

Indicadores Claves de Desempeño (KPI1). Desarrollo de la Matriz Crítica.

Se procedió a sincronizar y adecuar las actividades de las distintas unidades de negocio, procesos y departamentos que conforman el Banco del Austro, por medio de dos niveles diferenciados y a la vez complementarios entre sí: a nivel horizontal, en términos de sincronización interdepartamental, lo que garantizó que la cadena de procesos y actividades de corte interno (cadena de valor) y externos (cadena de suministro) de la organización transcurriesen a lo largo de una línea de actividad acorde a los objetivos, planes y estrategias esperados. A su vez, se consideró indispensable que todos los departamentos funcionales y empleados sean partícipes de los objetivos, planes y estrategias del Banco del Austro, involucrándolos en el logro de las metas, para lo cual se empleó el alineamiento vertical que promueve que todos los niveles de la organización participen activamente en la misión y se involucren hacia el logro de los objetivos de la compañía de los que son partícipes en términos de creación. Para esto se elaboró una matriz de contribución crítica.

Proyectos.

Establecidos tanto los Cuadros de Mando Integral referentes a los objetivos estratégicos como los KPI,

y desarrollada la matriz de contribución crítica a nivel Gerencial, se procedió a elaborar el CMI donde se definieron los distintos proyectos que requieren ejecutarse para la consecución de los objetivos fijados, incluyéndose, además, el valor en que deberá incurrir el Banco del Austro para su implementación.

CMI de ponderación y logro.

Para la evaluación del cumplimiento de las metas trazadas para el periodo establecido, se recurrió al CMI de ponderación y logro, el cual se elaboró para cada perspectiva incluyendo indicadores, sus metas y el logro alcanzado al final del periodo; dicho logro fue calificado de acuerdo a una escala de valor previamente establecida, para este objetivo fue necesario el apoyo en la matriz de Holmes, la misma que ponderó cada uno de los KPI por cada perspectiva (ver tablas 3, 5, 7 y 9) para al final calificar la gestión general institucional consolidando las calificaciones de las cuatro perspectivas (ver tablas 4, 6 y 8 y 10) y, a continuación, realizar una ponderación (tablas 11 y 12) según el peso que el Banco del Austro determinó para las perspectivas, con base en su importancia.

A continuación, se establecen los CMI de ponderación y logro del Banco del Austro S.A. que fueron propuestos para el periodo 2012-2016:

¹ Key Performance Indicator.

Tabla 3. Matriz de Holmes: Perspectiva financiera

PERSPECTIVA	KPI	Resultados / Patrimonio promedio	Gastos operativos / captaciones totales	Captaciones totales BA / Captaciones totales sistema	Co-locaciones totales BA / Co-locaciones totales sistema	Cartera improductiva / Cartera total	Gastos operativos / activo promedio	TOTAL	PONDERACIÓN	META 2010	REAL 2010	EVALUACIÓN	CALIFICACIÓN
FINANCIERA	Resultados / Patrimonio promedio		2	2	2	2	2	10	32%	15,0%	15,6%	100%	32,26
	Gastos operativos / captaciones totales	0		2	2	2	1	7	23%	6,4%	6,8%	93,75%	21,17
	Captaciones totales BA / Captaciones totales sistema	0	0		1	1	0	2	6%	4,5%	4,2%	93,33%	6,02
	Colocaciones totales BA / Colocaciones totales sistema	0	1	1		1	0	3	10%	4,8%	4,6%	96,04%	9,29
	Cartera improductiva / cartera total	0	0	1	1		0	2	6%	6,0%	6,5%	91,67%	5,91
	Gastos operativos / activo promedio	0	1	2	2	2		7	23%	6,0%	6,1%	99,00%	22,35
TOTAL								31	100%				97,01

2= más importante

0=igual importante

1=menos importante

Los resultados obtenidos luego de la aplicación de la Matriz de Holmes correspondiente a la perspectiva financiera, permiten evidenciar que los KPI's establecidos para medir el desempeño han cumplido con las metas planteadas, a excepción de la cartera improductiva y, en menor medida, las de captaciones y colocaciones.

Tabla 4. CMI de ponderación y logro: Perspectiva financiera

OBJETIVO ESTRATÉGICO	KPI	META 2010			LOGRO 2010
		Límite inferior	Promedio	Límite superior	
Estar entre los primeros tres bancos en rentabilidad y entre los cinco primeros en eficiencia dentro del sistema bancario	Resultados / Patrimonio promedio	14,84%	14,9%	15,0%	15,6%
	Gastos operativos / captaciones totales	6,60%	6,5%	6,4%	6,80%
Alcanzar una participación de mercado del 5% en captaciones y colocaciones	Captaciones totales BA / captaciones totales sistema	4,12%	4,3%	4,5%	4,20%
	Colocaciones totales BA / colocaciones totales sistema	4,60%	4,7%	4,8%	4,61%
Recuperar y mantener una calificación AA	Cartera improductiva / cartera total	6,5%	6,3%	6,0%	6,50%
	Gastos operativos / activo promedio	7,0%	6,5%	6,0%	6,06%
CALIFICACIÓN DE LA PERSPECTIVA					97,01%

2= más importante

0=igual importante

1=menos importante

Al consolidar las calificaciones obtenidas por las distintas perspectivas y sus ponderaciones, se observa que la calificación institucional es de 92,77% sobre los 100 puntos porcentuales posibles, lo que implica que el Banco del Austro deberá efectuar un análisis a mayor detalle de todos los procesos inherentes a las perspectivas con la menor calificación y encontrar e implementar estrategias que permitan mejorar el nivel de calificación institucional.

Seguimiento ruta crítica.

Como parte importante del CMI para efectuar el control y análisis de la evolución mensual de los diferentes KPI, se planteó a los administradores del Banco del Austro una ruta crítica, la misma que permitirá verificar el cumplimiento de la meta de modo quincenal, mensual y bimensual.

A su vez, se recomendó a directivos y administradores del Banco del Austro ampliar los objetivos estratégicos; así como elaborar un tablero de comando dirigido a todos los niveles de la organización; elaborar e implementar un software para la aplicación diaria, considerando el acceso de la información de todos los departamentos y niveles del Banco del Austro; difundir los alcances del tablero de control y los fines a todo nivel jerárquico; implementar un sistema de premios y castigos mediante el sistema de remuneración variable; fijar una escala de puntos para calificar los logros de cada una de los KPI en función de la complejidad de las metas. Finalmente, se hizo hincapié en la necesidad de que el Banco del Austro incorpore el CMI en todos los niveles, incluyendo sucursales, agencias y ventanillas de extensión.

Discusión

Se ha concebido a la planificación estratégica como un elemento de suma importancia que incide en el trabajo de cualquier entidad bancaria, entonces es factible suponer que lo predicho por dicha herramienta determinará en gran medida tanto la planificación operativa, así como las actividades diarias actuales del Banco del Austro. Así mismo, si el proceso de planificación estratégica no es concebido como un elemento simple, sino una fase compleja de la gestión estratégica, que depende sobre todo de la información que está a disposición del equipo de planificación y de las capacidades organizativas y si,

además, durante el proceso pueden cometerse errores cruciales para la planificación estratégica y operativa, entonces resulta decisivo la aplicación del CMI en una entidad financiera de tal importancia para la región y el país como es el Banco del Austro. Es así que en el presente estudio se proporcionó una herramienta que posibilite un equilibrio entre las múltiples perspectivas, lo que permitiría al Banco del Austro desarrollar igualmente todas sus capacidades organizativas.

Sin embargo, en el año 2012 se propuso al Banco del Austro el CMI diseñado y descrito en el presente artículo. Sería de gran interés determinar si la implementación del CMI en la entidad bancaria ha influido en los resultados económicos de la misma. Con la decisión institucional de aplicar el CMI se estaría considerando las ventajas que ciertos autores (Butler, Letza, & Neale, 1997; Kaplan R. S., 2009; Vega, 2015) destacan, como son el ofrecimiento de una visión cabal de la entidad, y el constituirse en una herramienta de apoyo al sistema de control de gestión y a la competitividad a largo plazo.

En tal caso, con la finalidad de tener una visión del desenvolvimiento financiero de la entidad en los últimos años, se procedió a revisar los resultados económicos que se encuentran en la página oficial de la Superintendencia de Bancos (2018) y compararlos con las metas proyectadas en la Matriz de Holmes (Tabla 3). Así, por ejemplo, en el indicador resultados/patrimonio promedio en el año 2017 se alcanzó un porcentaje del 5,12%, cuando en la meta proyectada en el CMI era del 15%; mientras que en los indicadores gastos operativos/captaciones totales y captaciones totales/captaciones totales sistema se obtuvieron resultados similares a los proyectados con anterioridad. Por su parte, en los resultados obtenidos por el indicador cartera improductiva/cartera total se observa una diferencia negativa de 0,31 puntos porcentuales, mientras que en gastos operativos/activo promedio la diferencia negativa alcanza los 1,65 puntos porcentuales.

Con la presentación de tales resultados no se pretende señalar que la postergación de la implementación del CMI tiene correlación o está asociada a los resultados obtenidos en el año 2017 por parte del Banco del Austro, pero sí aprovechar la oportunidad para resaltar sobre la posibilidad de que tales hechos estén relacionados. Las investigaciones que fueron referidas en el apartado

teórico del presente estudio contrastaron la efectividad de la aplicación del CMI en las instituciones, tanto públicas como privadas (Durraui, Forbes, & Carrie, 2000; Montoya, 2004; Möller & Schaltegger, 2005), al tiempo que permitieron evidenciar los beneficios económicos, operativos y comunicacionales que se derivan de su implementación sistemática y profesional (Hu & Huang, 2005; Nogueira, Medina, Hernández, Nogueira, & Hernández, 2009). No obstante, en el caso particular del Banco del Austro, un estudio futuro podrá constatar o rechazar la hipótesis, según la cual la implementación del CMI en la entidad bancaria tendría relación con los resultados económicos.

III. CONCLUSIONES

El presente artículo alcanzó un nivel exploratorio, pues se limitó a realizar una primera aproximación al tema del CMI y su aplicación en la banca privada. La revisión bibliográfica constató, aunque de manera incipiente, las implicaciones positivas de la aplicación del CMI en las organizaciones: en primer lugar, al asegurar la alineación entre finanzas, mercado, tecnología e innovación; y a su vez, al ser indispensable como estrategia de comunicación y dispositivo de control de gestión, así como dispositivo efectivo para controlar la estrategia corporativa; por su parte, su aplicación presentaría ventajas al interior de los procesos de gestión administrativa y contribuiría a que las organizaciones sean competitivas. No obstante, otros estudios evidenciaron aspectos negativos como: desacuerdos y tensiones entre la gerencia superior y la gerencia media sobre la idoneidad del CMI como mecanismo de comunicación, control y evaluación; la necesidad de ajustes al CMI al momento de ser implantado en las instituciones públicas; poseer un alto nivel de subjetividad; y resultados que no evidenciaron el impacto del CMI. Finalmente, se observó una escasez de estudios sobre la implementación del CMI en las entidades bancarias, lo que motivó a desarrollar un estudio de caso en el Banco del Austro.

Finalmente, se puede concluir que el CMI aplicado buscó traducir la estrategia como una suma de medidas que conectarán la misión y la visión del Banco del Austro; por lo tanto, además de que el CMI aplicado incluyó la definición de los objetivos estratégicos y conceptos para medir la estrategia que determinase el grado de

introducción de los cambios deseados o el desarrollo definido con objetivos estratégicos, incluyó la creación de un mapa estratégico para la entidad bancaria, en el que se analizaron los objetivos estratégicos desde cuatro perspectivas para explicar mejor la estrategia, las causas y las consecuencias. Los resultados en los objetivos estratégicos identificados en las perspectivas de aprendizaje y crecimiento permitirían al Banco del Austro promover sus procesos de trabajo internos, lo que, a su vez, ayudaría a la organización a obtener los resultados deseados en las perspectivas de clientes y finanzas. A su vez, los resultados obtenidos en el proceso de control le posibilitarían adquirir una visión general de las desventajas reales en el proceso de implementación estratégica e iniciarían una línea de actividades correctivas. En resumen, el CMI proporcionará a los administradores del Banco del Austro una visión completa de la entidad, incluidas medidas operativas para satisfacer a los clientes, nivel de innovación y actividad para mejorar la organización, así como medidas financieras.

IV. REFERENCIAS

- Abascal, F. (2004). *Cómo se hace un plan estratégico: La teoría del marketing estratégico* (Cuarta ed.). Madrid: ESIC Editorial.
- Ahn, H. (2001). Applying the balanced scorecard concept: an experience report. *Long range planning*, 34(4), 441-461. Recuperado el 13 de Agosto de 2018, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0024630101000577>
- Amo, F. (2011). *El Cuadro de Mando Integral: Balance Scorecard*. Madrid: ESIC Editorial.
- Arroyo, M. (2016). *Los instrumentos de gestión del empleo público*. Madrid: INAP.
- Banker, R., Chang, H., & Pizzini, M. (2004). The balanced scorecard: Judgmental effects of performance measures linked to strategy. *The Accounting Review*, 1-23. Recuperado el 13 de Agosto de 2018, de <http://aaapubs.org/doi/10.2308/accr.2004.79.1.1>

html/880/88061103/

pdf

- Bhagwat, R., & Sharma, M. K. (2007). Performance measurement of supply chain management: A balanced scorecard approach. . *Computers & Industrial Engineering*, 53(1), 43-62. Recuperado el 10 de Agosto de 2018, de http://www.academia.edu/download/6989504/scm_performance_measurement_balanced_score_card_2007_caie.pdf
- Brewer, P., & Speh, T. (2000). Using the balanced scorecard to measure supply chain performance. . *Journal of Business logistics*, 21(1), 75. Recuperado el 6 de Agosto de 2018, de <http://search.proquest.com/openview/3af2091f30dbe4700ba9d53eca1be2e0/1?pq-origsite=gscholar&cbl=36584>
- Butler, A., Letza, S., & Neale, B. (1997). Linking the balanced scorecard to strategy. . *Long range planning*, 30(2), 242-153. Recuperado el 4 de Agosto de 2018, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0024630196001161>
- David, F. (2003). *Conceptos de Administración Estratégica*. México: PEARSON EDUCACIÓN.
- Davis, S., & Albright, T. (2004). An investigation of the effect of balanced scorecard implementation on financial performance. *Management accounting research*, 15(2), 135-153. Recuperado el 9 de Marzo de 2018, de <http://www.managementaccounting.info/wp-content/uploads/2015/11/An-investigation-of-the-effect-of-Balanced-Scorecard.pdf>
- Durraui, T., Forbes, S., & Carrie, A. (2000). Extending the balanced scorecard for technology strategy development. In *Engineering Management Society. Proceedings of the 2000 IEEE*, 120-125. Recuperado el 10 de Marzo de 2018
- Figge, F., Hahn, T., Schaltegger, S., & Wagner, M. (2002). The sustainability balanced scorecard—linking sustainability management to business strategy. *Business strategy and the Environment*, 11(5), 269-284. Recuperado el 6 de Agosto de 2018, de <https://pdfs.semanticscholar.org/f4e6/04a7c9a0b1d91aa8ba50c6025d326b72e.pdf>
- Francés, A. (2006). *Estrategias y planes para la empresa. Con el Cuadro de Mando Integral*. México: PEARSON EDUCACIÓN.
- Franklin, E. (2007). *Auditoría Administrativa: Gestión estratégica del cambio*. México: PEARSON EDUCACIÓN.
- Gan, F., & Triginé, J. (2014). *Cuadro de Mando Integral*. Madrid: Díaz de Santos.
- González, P. (2009). La integración del Balanced Scorecard (BSC) y el Analytic Hierarchy Process (AHP) para efectos de jerarquizar medidas de desempeño y toma de decisión en una institución financiera. *Revista Universo Contábil*, 5(2), 87-105. Recuperado el 3 de Marzo de 2018, de <http://www.redalyc.org/pdf/1170/117015044007.pdf>
- Hoque, Z., & James, W. (2000). Linking balanced scorecard measures to size and market factors: impact on organizational performance. *Journal of management accounting research*, 12(1), 1-17. Recuperado el 4 de Agosto de 2018, de <http://www.ftms.edu.my/images/Document/MODO01182%20-%20IMPROVING%20ORGANISATIONAL%20PERFORMANCE/BSCSizeMarketFactorsImpactOrgPerformance.pdf>
- Hu, Q., & Huang, C. (2005). Aligning IT with firm business strategies using the balance scorecard system. Recuperado el 2 de Marzo de 2018, de *Proceedings of the 38th Annual Hawaii International Conference on* (pp. 230a-230a). IEEE.: https://www.researchgate.net/profile/Qing_Hu3/publication/221177720_Aligning_IT_with_Firm_Business_Strategies_Using_the_Balance_Scorecard_System/links/00b7d52150cco635b000000.pdf
- Huang, H. (2009). Designing a knowledge-based system for strategic planning: A balanced scorecard perspective. . *Expert Systems with Applications*, 36(1), 209-218. Recuperado el 15 de Marzo de 2018, de <https://pdfs.semanticscholar.org/e1d7/45d7ff069e70aa49da16doceb12323f73b6c.pdf>

- Imelda, R. (2004). Implementasi balanced scorecard pada organisasi publik. *Jurnal Akuntansi & Keuangan*, 6(2), 106-122. Recuperado el 6 de Marzo de 2018
- Ittner, C., Larcker, D., & Meyer, M. (2003). Subjectivity and the weighting of performance measures: Evidence from a balanced scorecard. *The accounting review*, 78(3), 725-758. Recuperado el 8 de Marzo de 2018, de <http://aaapubs.org/doi/abs/10.2308/accr.2003.78.3.725>
- Kaplan, R., & Norton, D. (1995). Putting the balanced scorecard to work. *Performance measurement, management, and appraisal sourcebook*, 66(17511), 68. Recuperado el 22 de Marzo de 2018, de <http://www.academia.edu/download/30498214/b04010f2.pdf>
- Kaplan, R., & Norton, D. (2007). Balanced scorecard. In *Das Summa Summarum des Management*, 137-148. Recuperado el 26 de Marzo de 2018, de <http://www.academia.edu/download/38060483/BalanceScorecard.pdf>
- Kaplan, R. S. (2009). Conceptual foundations of the balanced scorecard. *Handbooks of management accounting research*(3), 1253-1269. Recuperado el 12 de Agosto de 2018, de <http://educipta.com/wp-content/uploads/2014/10/Conceptual-Foundations-of-the-Balanced-Scorecard.pdf>
- Kaplan, R., & Norton, D. (1996). Linking the balanced scorecard to strategy. *California management review*, 39(1), 53-79. Recuperado el 2 de Agosto de 2018, de <http://www.strategyinstitute.co.za/PDF/bsc.pdf>
- Kaplan, R., & Norton, D. (1996). *The Balanced Scorecard: Translating Strategy into Action*. Boston: Harvard Business Review Press.
- Kaplan, R., & Norton, D. (2001). Transforming the balanced scorecard from performance measurement to strategic management. Part I. *Accounting horizons*, 15(1), 87-104. Recuperado el 1 de Septiembre de 2018, de <http://aaapubs.org/doi/abs/10.2308/acch.2001.15.1.87>
- Kaplan, R., & Norton, D. (2005). El Balanced Scorecard: Mediciones que impulsan el desempeño. *Harvard Business Review*, 83(7), 102-110. Recuperado el 9 de Agosto de 2018, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1706313>
- Kaplan, R., & Norton, D. (2007). Using the balanced scorecard as a strategic management system. *Harvard business review*, 85(7), 150. Recuperado el 3 de Agosto de 2018, de <http://foresightlearning.com.au/wp-content/uploads/2016/08/Balanced-Scorecard-Article-1.pdf>
- Kasurinen, T. (2002). Exploring management accounting change: the case of balanced scorecard implementation. *Management accounting research*, 13(3), 323-343. Recuperado el 11 de Agosto de 2018, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1044500502901915>
- Kim, J., Suh, E., & Hwang, H. (2003). A model for evaluating the effectiveness of CRM using the balanced scorecard. *Journal of interactive Marketing*, 17(2), 5-19. Recuperado el 14 de Agosto de 2018, de http://projeuni.ir/wp-content/uploads/2013/05/IOP_EvaluatingCRM_scorecard.pdf
- León, A., Rivera, D. N., & Nariño, A. (2009). Relevancia de la gestión por procesos en la planificación estratégica y la mejora continua. *(2)*, 65-72. Recuperado el 15 de Agosto de 2018, de <https://revistas.ute.edu.ec/index.php/eidos/article/view/62>
- Lipe, M., & Salterio, E. (2000). The balanced scorecard: Judgmental effects of common and unique performance measures. *The Accounting Review*, 75(3), 283-298. Recuperado el 13 de Marzo de 2018, de <http://aaapubs.org/doi/10.2308/accr.2000.75.3.283>
- Malina, M., & Selto, F. (2001). Communicating and controlling strategy: an empirical study of the effectiveness of the balanced scorecard. *Journal of management accounting research*, 13(1), 47-90. Recuperado el 11 de Marzo de 2018, de <http://aaapubs.org/doi/abs/10.2308/jmar.2001.13.1.47>
- Martínez, D., & Milla, A. (2012). Elementos básicos del

- Cuadro de Mando Integral. Madrid: Díaz de Santos.
- Martínez, D., & Milla, A. (2012). *Introducción al Cuadro de Mando Integral*. Madrid: Díaz de Santos.
- Martinsons, M., Davison, R., & Tse, D. (1999). The balanced scorecard: a foundation for the strategic management of information systems. *Decision support systems*, 25(1), 71-88. Recuperado el 8 de Agosto de 2018, de <http://www.is.cityu.edu.hk/staff/isrobert/is6600/DSS-25-1.pdf>
- McLean, R. (2006). Alignment: Using the balanced scorecard to create corporate synergies. *Australian Journal of Management*, 31(2), 367-369. Recuperado el 1 de Agosto de 2018, de <http://periodicos.ufpb.br/index.php/claves/article/viewFile/2678/2311>
- Mintzberg, H. (1994). The fall and rise of strategic planning. *Harvard business review*, 72(1), 107-114. Recuperado el 11 de Agosto de 2018, de <https://pdfs.semanticscholar.org/ad41/bde03cdb880d7c81f1a13096a75a12c3b31e.pdf>
- Möller, A., & Schaltegger, S. (2005). The Sustainability Balanced Scorecard as a Framework for Eco-efficiency Analysis. *Journal of Industrial Ecology*, 9(4), 73-83. Recuperado el 12 de Marzo de 2018, de <https://pdfs.semanticscholar.org/c6/42f02bfb84b5b4aed62c544d807aa9027b41.pdf>
- Montoya, C. (2004). El Balanced Scorecard como herramienta de evaluación en la Gestión administrativa. *Visión de futuro*, 15(2), 4-12. Recuperado el 3 de Marzo de 2018, de <http://www.scielo.org.ar/img/revistas/vf/v15n2/html/v15n2a03.htm>
- Neely, A. (Enero de 2008). Does the Balanced Scorecard Work: An Empirical Investigation. Recuperado el 1 de Marzo de 2018, de Cranfield University: https://dspace.lib.cranfield.ac.uk/bitstream/handle/1826/3932/Does_the_balanced_scorecard_work-RP1-08.fjsessionid=11189F835389AF652331A8AF3AB6611E?sequence=1
- Nogueira, D., Medina, A., Hernández, G., Nogueira, C., & Hernández, A. (2009). Control de gestión y Cuadro de Mando Integral: énfasis en la perspectiva financiera - aplicación en una empresa de servicios de informática. *Revista de Administração-RAUSP*, 44(3). Recuperado el 5 de Marzo de 2018, de <http://www.redalyc.org/html/2234/223417462004/>
- Norreklit, H. (2000). The balance on the balanced scorecard a critical analysis of some of its assumptions. *Management accounting research*, 11(1), 65-88. Recuperado el 7 de Marzo de 2018, de <http://members.home.nl/j.s.sterk/AQM/The%20Balance%20on%20the%20Balanced%20ScorecardA%20Critical%20Analysis%20of%20Some%20of%20Its%20Assumptions.pdf>
- Ramón, T. (2012). Implementación de un Cuadro de Mando Integral en una Universidad Pública. Recuperado el 25 de Marzo de 2018, de Universidad Oviedo: http://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/10651/4203/3/TFM_TomasRamonRivas.pdf
- Ríos, R. (2010). Seguimiento, medición, análisis y mejora en los sistemas de gestión: enfoque bajo indicadores de gestión y Balanced Scorecard. Bogotá: Incotec.
- Saavedra, R., Castro, L., Restrepo, O., & Rojas, A. (2001). *Planificación del desarrollo*. Bogotá: Fundación Universidad de Bogotá.
- Schwartz, P., & Vásquez, J. (2011). La planificación estratégica por escenarios. *Cuadernos de Administración*, 14(21), 199-225. Recuperado el 16 de Agosto de 2018, de http://poligramas.univalle.edu.co/index.php/cuadernos_de_administracion/article/download/114/190
- Sharma, A. (2009). Implementing balance scorecard for performance measurement. *ICFAI Journal of Business Strategy*, 6(1), 7-16. Recuperado el 1 de Septiembre de 2018, de <https://brainmass.com/file/319238/Performance+Measurement.pdf>
- Vega, V. (Mayo de 2015). Cuadro de Mando Integral aplicado a un territorio: Caso Amazonía ecuatoriana. Recuperado el 20 de Marzo de 2018, de Pontificia Universidad Católica de Ambato: <https://www.uniandes.edu.ec/web/wp-content/>

uploads/2016/04/Cuadro-de-mando-integral.pdf

Wu, H., Tzeng, G., & Chen, Y. (2009). A fuzzy MCDM approach for evaluating banking performance

based on Balanced Scorecard. *Expert Systems with Applications*, 36(6), 10135-10147. Recuperado el 10 de Agosto de 2018, de <https://ir.nctu.edu.tw/bitstream/11536/6864/1/000266086600065.pdf>

Redes Neuronales Artificiales: factores que determinan la cosecha de caña en la industria azucarera

Italo, Mendoza-Haro^{1*}; Hiram, Marquetti-Nodarse²

Resumen

La investigación muestra lo importante de las redes neuronales artificiales dentro de la industria azucarera, como una herramienta útil para la predicción del cultivo de la caña de azúcar, tomando como entradas la información climatológica: temperaturas máximas y mínimas, oscilación térmica, precipitaciones, heliofanía, humedad relativa, evaporación y hectáreas de los cultivos sembrados, para obtener una salida: toneladas de caña. Se desarrolló una herramienta de trabajo predictiva con resultados confiables, comparados con métodos tradicionales utilizados, como los aforos de expertos para la cosecha de la caña de azúcar. Se analizó la base de datos histórica de la organización, mediante un software MATLAB, herramienta matemática, que ofrece un entorno de desarrollo integrado (IDE) con lenguaje M de programación propio. La investigación se desarrolló en Compañía Azucarera Valdez S.A. Ubicada en la Ciudad de Milagro-Provincia del Guayas-Ecuador.

Palabras Clave: Heliofanía, IDE, industria azucarera, lenguaje M, MATLAB (MATrix LABoratory), Red neuronal artificial.

Artificial Neural Networks: factors that determine the cane harvest in a sugar industry

Abstract

The research shows the importance of artificial neural networks within the sugar industry, as a useful tool for the prediction of the cultivation of sugarcane, taking as input the climatological information: maximum and minimum temperatures, thermal oscillation, rainfall, heliophany, relative humidity, evaporation and hectares of crops planted, to obtain tons of cane as an output. A predictive work tool with reliable results was developed, compared with traditional methods used, such as expert assessment for sugarcane harvesting. The historical database of the organization was analyzed through MATLAB software, a mathematical tool which offers an integrated development environment (IDE) with its own M programming language. The research was developed at Compañía Azucarera Valdez S.A. located in the City of Milagro-Province of Guayas-Ecuador.

Keywords: Artificial neural network, heliophany, IDE, language M, MATLAB (MATrix LABoratory), sugar industry.

Recibido: 17 de noviembre de 2018

Aceptado: 07 de enero de 2019

¹ Director de mantenimiento industrial en Compañía Azucarera Valdez S.A. (CAVSA); Docente de la Facultad Ciencias de la Ingeniería Universidad Estatal de Milagro UNEMI; emendozah@unemi.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0002-6492-6991>

² Doctor en ciencias económicas; profesor titular y consultor en el Centro de Estudios de la Administración Pública Cubana; Universidad de La Habana; email: marquetti@ceap.uh.cu

*Autor para correspondencia: emendozah@unemi.edu.ec

I. INTRODUCCIÓN

La globalización a nivel mundial se va tornando en un ambiente más competitivo y rezagando a muchas industrias que no se ajustan a su ritmo, por lo cual a diario se torna en un campo más hostil para aquellas industrias que no realizan cambios en sus estructuras tecnológicas e innovan permanentemente sus procesos, que requieren herramientas nuevas y eficientes para cumplir dichos objetivos.

La historia de la caña de azúcar en América Latina data de la mitad del siglo XVI, donde su cultivo comenzó a difundirse bajo un sistema de haciendas, con un proceso que abarcaba desde la producción agrícola hasta la elaboración de piloncillo y azúcar mascabada, además de la destilación de aguardiente. Durante los inicios del siglo XX, en el periodo Porfiriato (México) se comenzaron a establecer los sistemas de "ingenios", que consistía en una fábrica y los campos bajo el modelo de "plantación", ambos propiedad de un mismo dueño o empresa. En los años treinta se implementó una reforma agraria para dejar la producción de caña en manos de ejidatarios y pequeños propietarios. (Banko, 2005).

El desarrollo del proceso de industrialización significó un impulso adicional al desarrollo de la industria azucarera, ya que propició la ampliación de la base mecánica y tecnológica de la agroindustria, y la construcción de nuevas instalaciones para la producción de subproductos de la caña, entre otros (Marquetti, 2016).

La evolución de la tendencia a la ampliación de los diferenciales interterritoriales puede considerarse como una resultante de la minoración del carácter estratégico de la industria manufacturera y, sobre todo, del redimensionamiento del sector azucarero, un proceso que contribuyó, de forma directa, a que se produjeran importantes regresiones en los ámbitos tecnológico y productivo. (Marquetti, 2016).

La industria azucarera del Ecuador de acuerdo con la investigación predice sus resultados mediante aforos realizados por sus ingenieros y profesionales con experiencia, base para calcular los presupuestos y programas de cosecha de la caña, estos resultados

por lo general tienen variaciones importantes en la parte cuantitativa y en muchos de los casos conducen a tomar malas decisiones, generando pérdidas de productividad y económicas a las organizaciones industriales. El objetivo de la investigación será aplicar las redes neuronales artificiales utilizando Matlab, permitiendo una alternativa eficiente en la predicción para resultados de cosecha.

Predecir el rendimiento de un cultivo de caña de azúcar obedece a la necesidad de maximizar la relación inversión-ganancia y la disponibilidad de esa información, con anticipación, permite tomar decisiones sobre el manejo de una plantación, de forma específica para definir presupuestos de los productos que se van a elaborar con la materia prima. (Avila, Rodriguez, & Hernandez, 2012)

Los expertos en predicciones sobre el rendimiento mediante aforos y la experiencia del agricultor son importantes y cuando no se cuenta con métodos actualizados para la estimación, esta se convierte en el único recurso; sin embargo, estas aproximaciones pueden ser insuficientes, y lo que se necesita es información sistemáticamente almacenada que contemple, por ejemplo: registros históricos promedio de producción; y, variaciones de rendimiento por manejo agrícola o por factores climáticos entre otros, para disminuir cualquier sesgo o error. (Avila et al. 2012)

En los últimos años, la técnica de red neuronal artificial se ha desarrollado rápidamente. Se puede utilizar como una herramienta de modelado madura para tratar una gran cantidad de datos que contienen una relación matemática no lineal. (Sbarbaro, 2005).

“Los programas informáticos inteligentes capaces de estimar y predecir estados en el futuro serían útiles como "sensores de software" cuando se trata de bioprocesos caracterizados por incertidumbres y complejidad. Se ha demostrado que la lógica difusa es una herramienta valiosa para tratar con información vaga e incompleta, y para incorporar el conocimiento de expertos humanos en modelos de procesos. Los programas de redes neuronales capaces de aprender de la experiencia pasada son útiles cuando no se

dispone de información matemática exacta sobre el proceso que se está investigando". (Eerikäinen, Linko, Linko, Siimes, & Zhu, 1993)

La capacidad de almacenamiento de la información es uno de los mecanismos más importantes en el aprendizaje de redes neuronales recurrentes, recurrent neural networking (RNN). Juegan un rol crucial en aplicaciones prácticas, como el aprendizaje de secuencias. Con un buen mecanismo de memoria, la historia a largo plazo se puede fusionar con la información actual y, por lo tanto, puede mejorar el aprendizaje de RNN. (Wang, Zhang, Guo, & Zhang, 2017)

Una red backpropagation neuronal fue entrenada para predecir las cargas en los ejes inducidos del transporte cañero, utilizando vehículos industriales, con una red que consta de dos, cuatro u ocho unidades de procesamiento en las capas de entrada, ocultas y de salida, respectivamente. Las entradas a la red eran cargas útiles y cargas por eje remolque vacío. Las salidas correspondían a las cargas de eje trasero del remolque y tractor medidos. (Kanali, 1997).

El módulo de evaluación de desempeño de la cosecha de caña de azúcar, se integra con varias tecnologías, como la red neuronal artificial, la cual realiza un análisis integral, para evaluar el rendimiento de corte, el rendimiento de limpieza y otros factores para la cosecha de caña de azúcar. (Ma, 2002).

El uso de redes neuronales artificiales para ayudar a la mezcla de productos y decisiones de inversión en las centrales azucareras brasileñas, evidenciando que la inversión en proyectos para incrementar la recuperación de energía a partir de residuos puede presentar un aumento de la eficiencia en la compensación riesgo-beneficio de las bio-refinerías. (Mutran, 2018)

La red neuronal artificial se puede aplicar para predecir los rendimientos globales de glucosa en diferentes condiciones operativas tanto de pretratamiento como de hidrólisis enzimática. La confiabilidad del modelo fue evaluada a través de una sensibilidad análisis, que mostró las

condiciones operativas necesarias para mejorar el rendimiento de glucosa: concentración de biomasa inicial relativamente baja y concentración de ácido; alta concentración de enzimas; y 72 h de hidrólisis enzimática. Los resultados experimentales mostraron claramente que la celulosa menos reactiva para la hidrólisis enzimática dependió de la concentración de ácido. (Laura Plazas Tovar, 2017)

Las redes neuronales se han convertido en una herramienta eficaz en el campo azucarero, desarrollando proyectos innovadores en distintas áreas de las industrias azucareras, gestionando procesos innovadores para la eficiencia en los mismos.

El enfoque de la investigación desarrollada es cuantitativo; toma como centro de su proceso la información estadística histórica obtenida de los últimos 30 años, referidas a parámetros climatológicos como: Temperaturas máximas y mínimas, oscilación térmica, precipitaciones pluviales, heliofanía, humedad relativa de la caña de azúcar, evaporación anual, y hectáreas cosechadas por zafra de los cultivos agrícolas de Compañía Azucarera Valdez S.A.(CAVSA.) haciendo énfasis en los últimos 11 años, periodo en el cual los parámetros son homogéneos en cantidad e inversiones realizadas en el sector agrícola de la industria.

Según la homogeneidad y las inversiones realizadas, (Valdés, 2004), menciona que la caña de azúcar es un cultivo que requiere de un estudio preciso de los recursos climáticos y de las condiciones meteorológicas. Está demostrado que las limitaciones fundamentales para el crecimiento y desarrollo de esta planta se deben al componente clima, que generalmente se comporta de forma homogénea.

A nivel sudamericano existen pocos estudios que permitan estimar o diagnosticar objetivamente las toneladas de caña en un campo agrícola, mucho menos modelos probados y validados que se puedan replicar en sectores con similares características agronómicas y/o productivas. Los diferentes factores climáticos que actúan sobre un lugar determinado condicionan en gran medida las fases del ciclo

productivo de la caña y los resultados finales de esta. A cada lugar corresponde un rendimiento máximo dependiente de las condiciones climáticas del año. A la media de esas condiciones climáticas corresponde una media de rendimiento máximo, o rendimiento potencial específico. (Fauconnier, 1975).

II. DESARROLLO

1. Metodología

La investigación se realizó en la ciudad de Milagro, que se encuentra en la zona occidental de la Provincia del Guayas. Coordenadas geográficas de Milagro, Ecuador con una latitud: 2°08'02" S, longitud: 79°35'38" O y altitud sobre el nivel del mar: 14 m, como se muestra en la (figura 1).

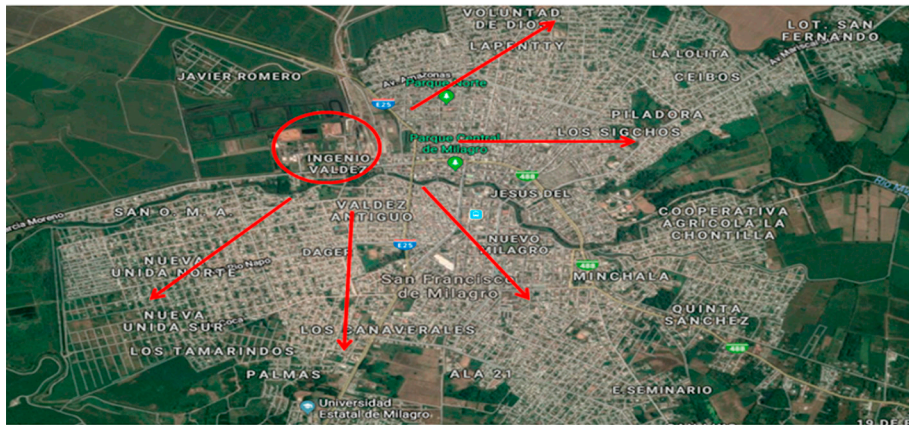


Figura 1: Localización geográfica de Milagro.
Fuente: Instituto Geográfico Militar del Ecuador.

La descripción geográfica de la ciudad está conformada por suelos fértiles, numerosos ríos y esteros, por bosques, plantíos y zonas residenciales; haciendas, fincas y otras propiedades. Al ubicarse en una zona tropical, posee gran biodiversidad y un clima cálido - húmedo todo el año. De acuerdo con los tipos de clima la variedad en los vegetales es

diferentes. Las condiciones de clima y del sustrato varían de un lugar a otro y estas variaciones tienen que reflejarse en la existencia de comunidades vegetales (NOGUEZ, 1993). De acuerdo con la zona donde se realizó el estudio, se tienen los siguientes datos climáticos como se muestra en la Tabla 1 es un clima apto para el cultivo de la caña de azúcar.

Tabla 1. Estadística y parámetros climáticos de la ciudad de Milagro.

Parámetros	Valores
Precipitación Anual	1298,3 mm
Temperatura media	25,2°C
Temperatura máxima	29,8°C
Oscilación térmica	8,9°C
Humedad relativa	80%
Heliofanía anual	1036,5 horas
Evaporación anual	1309,7 mm.
Viento predominante	SW
Velocidad del viento	3,9 km/h
Presión atmosférica	1012,4 mb

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología del Ecuador.

La información estadística para el desarrollo de la investigación fue obtenida del archivo agrícola de CAVSA utilizando el utilitario Excel para clasificarla y promediar datos de 30 años de historia, haciendo énfasis en los últimos 11 de años de producción, periodo homogéneo en la cosecha de caña de azúcar tanto propia (de la organización) como la obtenida a través de cañicultores, lo que permitió realizar un análisis comparativo de los parámetros analizados en la investigación.

Durante la investigación se utilizaron como variables: la historia climatológica (datos de los 30 años de producción), fuente de ayuda bibliográfica, fuentes de consulta documental (páginas web, libros, revistas periódicos); información empírica, proveniente de técnicos vinculados con el problema, a los cuales se les aplicaron los instrumentos de investigación de campo. Todo esto permitió obtener, analizar y describir la información relacionada al proyecto de investigación. Se combina lo documental, en cuanto a citas bibliográficas, revistas y la parte de campo, que son los datos de las variables, ambas se relacionan y complementan. Así como menciona Zorrilla (1993), que la investigación mixta es aquella que participa de la naturaleza de la investigación documental y de la investigación de campo.

La investigación es de campo y exploratoria, porque desarrolla un plan piloto con datos climatológicos en la parte del cultivo y cosecha, correlacionan las variables dependientes (predicción de las toneladas de caña en zafra) con las variables independientes (Temperatura mínimas, máximas, oscilación térmica, precipitaciones, heliofanía, humedad relativa, evaporación anual y hectáreas de caña sembradas). La investigación es explicativa porque busca la razón de los hechos, estableciendo relaciones de causa- efecto. (Sampieri, 2010).

De acuerdo con las variables (independientes y dependiente), tomadas para la investigación concuerdan con lo mencionado. Subiros (1995), menciona que las variables independientes a analizar son temperatura ambiente máxima,

temperatura ambiente mínima, precipitación y radiación solar ya que estos figuran entre los principales agentes climatológicos que afectan y determinan la producción cañera.

2. Método

El procesamiento de la información se realizó mediante una red neuronal artificial. MATICH (2001) y FREEMAN (1993), mencionan que una red neuronal es un modelo computacional que pretende simular el funcionamiento del cerebro a partir del desarrollo de una arquitectura que toma rasgos del funcionamiento de este órgano sin llegar a desarrollar una réplica del mismo. El cerebro puede ser visto como un equipo integrado por aproximadamente 10 billones de elementos de procesamiento (neuronas) cuya velocidad de cálculo es lenta, pero que trabajan en paralelo y con este paralelismo logran alcanzar una alta potencia de procesamiento.

El primer método usado para la investigación es el Método Hipotético-Deductivo, donde el investigador propone una hipótesis como consecuencia de sus inferencias del conjunto de datos empíricos o de principios y leyes más generales. La hipótesis utiliza procedimientos inductivos y procedimientos deductivos. Es la vía primera de inferencias lógico deductivo para arribar a conclusiones particulares a partir de la hipótesis y que después se puedan comprobar experimentalmente. (Chagoya, 2008).

El segundo es el Método Descriptivo siendo un auxiliar del científico, es imprescindible, pues permitió describir los procesos que se aplican para desarrollar cada uno de los objetivos propuestos en la presente investigación. Según Tamayo (1998), en su libro *Proceso de Investigación Científica*, la investigación descriptiva “comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, y la composición o proceso de los fenómenos. El enfoque se hace sobre conclusiones dominantes o sobre grupo de personas, grupo o cosas, se conduce o funciona en presente”.

El tercero es el Método Analítico. Este método fue fundamental ya que permitió realizar una

adecuada recopilación análisis e interpretación de la información que se representa mediante cuadros estadísticos, pudiendo así, tener la información clasificada con sus respectivas variables. Según Sánchez (1990), lo define como aquel “que distingue las partes de un todo y procede a la revisión ordenada de cada uno de los elementos por separado “Este método es útil cuando se llevan a cabo trabajos de investigación documental, que consiste en revisar en forma separada todo el acopio del material necesario para la investigación.

3. Técnica

La técnica que se empleó en la investigación se divide en dos etapas: la primera en la recolección y adecuación de la información histórica obtenida durante los últimos 30 años, y procesamiento de los datos en la hoja de Excel. La segunda procesa la información obtenida de los históricos como entradas para inferir una salida a través de una red neuronal artificial utilizando un software Matlab.

En la primera etapa se validaron los resultados asegurando que la información obtenida, correspondía a los últimos 30 años de las variables independientes, apreciándose los cambios y variaciones climatológicas, durante las épocas

de cosecha de la caña, estos datos se clasificaron de acuerdo con el impacto de crecimiento y afectación del cultivo en los campos de siembra. En este sentido, la caña de azúcar posee un período vegetativo muy variable, cuya duración depende básicamente de las características del material genético utilizado y de la influencia de factores limitantes agroclimáticos que ejercen en su proceso biológico (Miceli, 2002).

Para obtener respuestas de una red neuronal que sea coherente con los valores de entrada, es necesario una adecuada selección de la arquitectura de la red a utilizar, así como del algoritmo de aprendizaje que se ejecutará.

Para la segunda etapa se construyó una tabla con sus respectivas variables dependientes e independientes, que contienen valores de temperaturas máximas y mínimas del terreno, oscilación térmica, precipitaciones, heliofanía, humedad, evaporación y hectáreas de caña sembradas, quedando la matriz conformada por doce filas (años de cosecha) y por nueve columnas que registran los parámetros que influyen en la calidad de la caña de azúcar, como se muestran en la Tabla 2 generando un archivo con formato de Excel (xlsx).

Tabla 2. Información Estadística de Cosecha CAVSA

AÑO	TEM MAX [°C]	TEM MIN [°C]	OSC [°C]	PRECIP [mm]	HELOFANIA [Horas]	HUMEDAD [%]	EVAPORA [mm]	HECTAREAS [Ha]	TONELADAS [Tn]
2018	29,80	22,20	7,90	969,10	643,90	79,00	1.115,30	24.023,00	0,00
2017	30,42	22,84	7,60	2.232,00	733,20	81,00	1.184,40	22.518,02	1.796.591,86
2016	30,63	22,93	7,70	1.318,80	861,60	81,00	1.212,00	23.434,65	2.020.471,99
2015	30,60	23,40	7,20	1.244,40	807,60	80,00	1.177,20	16.862,25	1.786.515,35
2014	30,14	22,60	7,50	1.161,60	722,40	80,00	1.171,20	19.247,16	1.845.955,33
2013	26,36	21,89	8,00	1.030,80	703,20	80,00	1.186,80	20.804,62	1.720.344,91
2012	25,75	22,08	8,20	2.078,40	876,00	79,00	1.118,40	18.692,12	1.629.832,97
2011	26,90	21,99	8,10	912,00	910,80	78,00	1.220,40	19.776,46	1.627.735,15
2010	29,82	22,10	7,70	1.348,80	681,60	82,00	1.117,20	18.198,48	1.423.312,37
2009	30,17	22,04	8,10	1.137,60	976,80	79,00	1.327,20	20.962,94	1.336.962,60
2008	29,68	21,97	7,70	2.086,80	856,80	80,00	1.244,40	20.295,62	1.433.157,11
2007	30,63	21,67	8,10	979,20	856,80	80,00	1.266,00	18.419,51	1.480.263,50
MAX	30,63	23,40	8,20	2.232,00	976,80	82,00	1.327,20	24.023,00	2.020.471,99
MIN	25,75	21,67	7,20	912,00	643,90	78,00	1.115,30	16.862,25	1.336.962,60

Fuente: Elaboración del autor.

Fue necesario normalizar la información obtenida en la Tabla 2, para trabajar con el software Matlab en el proceso de entrenamiento, para dicho procedimiento se utilizó la siguiente formula. Tabla 3:

Tabla 3. Formula de Normalización basada en la unidad.

$X' = \frac{X - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}}$	X'	Valor normalizado
	X	Valor por normalizar
	X _{mín}	Valor mínimo de la muestra
	X _{máx}	Valor máximo de la muestra

Fuente: Elaboración del autor.

Donde se especifican los límites superiores e inferiores del valor de salida y luego se obtienen los valores máximos y mínimos de cada variable (tomando los datos de entradas y salidas de los 11 últimos años). Por último, se normaliza cada elemento de entrada y salida y se lo guarda para uso posterior.

La metodología trae todos los valores al rango

entre [0,1] números binarios. Denominada, normalización basada en la unidad, acorde a los datos de máximos y mínimos. Obtenidos los datos normalizados de acuerdo con la formulación aplicada, se procede a realizar una nueva tabla para la agrupación de las variables dependientes e independientes dentro del software. Como se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4. Datos Normalizados de cosecha CAVSA

AÑO	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007
TEM MAX [°C]	0,9570	1,0000	0,9939	0,8996	0,1250	0,0000	0,2357	0,8340	0,9057	0,8053	0,8156
TEM MIN [°C]	0,6763	0,7283	0,0000	0,5376	0,1272	0,2370	0,1850	0,2486	0,2139	0,1734	0,0000
OSC [°C]	0,4000	0,5000	0,0000	0,3000	0,8000	1,0000	0,9000	0,5000	0,9000	0,5000	0,9000
PRECIP [mm]	0,9542	0,3388	0,2887	0,2329	0,1447	0,8507	0,0647	0,3590	0,2167	0,8563	0,1100
HELOFANIA [Horas]	0,1621	0,5653	0,3957	0,1281	0,0678	0,6106	0,7198	0,0000	0,9271	0,5503	0,5503
HUMEDAD [%]	0,7500	0,7500	0,5000	0,5000	0,5000	0,2500	0,0000	1,0000	0,2500	0,5000	0,5000
EVAPORA [mm]	0,2376	0,3352	0,2122	0,1909	0,2461	0,0042	0,3649	0,0000	0,7426	0,4498	0,5262
HECTAREAS [Ha]	0,6189	0,7193	0,0000	0,2610	0,4314	0,2003	0,3178	0,1462	0,4488	0,3757	0,1704
TONELADAS [Tn]	0,3952	0,5877	0,3865	0,4376	0,3296	0,2518	0,2500	0,0742	0,0000	0,0827	0,1232

Fuente: Elaboración del autor.

Los pasos siguientes son fundamentales para el tratamiento de la información en el software

1. Se ingresa en el módulo de importación del archivo (Excel) en Current Folder, indicando el tipo de archivo (xlsx), en el cual se van a generar los valores de entrada y salida de la neurona que se va a interactuar.
2. Una vez ingresada la información se pasa al módulo de construcción de la RNA, se construyen las matrices en el Workspace,

en la cual se define la entrada y salida a la red, indicando que las entradas fueron las variables independientes (Temperatura mínimas, máximas, oscilación térmica, precipitaciones, heliofania, humedad, evaporación y hectáreas de caña sembradas) y la variable dependiente (toneladas de caña).

Aceptados los datos, se seccionaron en tres matrices que fueron: IN (archivo de entrenamiento),

OUT (archivo de salida) y S2018 (archivo de prueba o simulación), para ser procesados según las fases siguientes.

En la primera fase se crean las matrices de entrada y salida, y generara la neurona con sus parámetros, los cuales incluyen el modo de entrenamiento y el número de capas que se decidió tomar para minimizar los errores. De acuerdo con la tipología que describe SARLE (1994), quien menciona que las RNA son una amplia gama de regresiones no lineales, modelos discriminantes, modelos de reducción de datos y sistemas dinámicos no lineales.

La segunda fase así mismo se compone de la topología o arquitectura de las redes neuronales la cual se basa en la administración y colocación de las neuronas en la red para formar grupos de

neuronas o capas que no se encuentren cercanas de la entrada ni a la salida de la red. En base a esta dirección, los parámetros fundamentales de la red son: el número de capas, el número de neuronas por capa, el grado de conectividad y el tipo de conexiones entre neuronas. (SALAS, 2000). De acuerdo con la (figura 2), pueden apreciarse los parámetros de la neurona.

En la tercera fase se selecciona el algoritmo de aprendizaje que actualmente está más extendido, el algoritmo o regla BackPropagation, es una generalización de la regla LMS (Least Mean Square); por tanto, también se basa en la corrección del error. Básicamente el proceso BackPropagation consiste en dos pasadas a través de las diferentes capas de la red, una pasada hacia adelante y una pasada hacia atrás. (Coello, 2015).

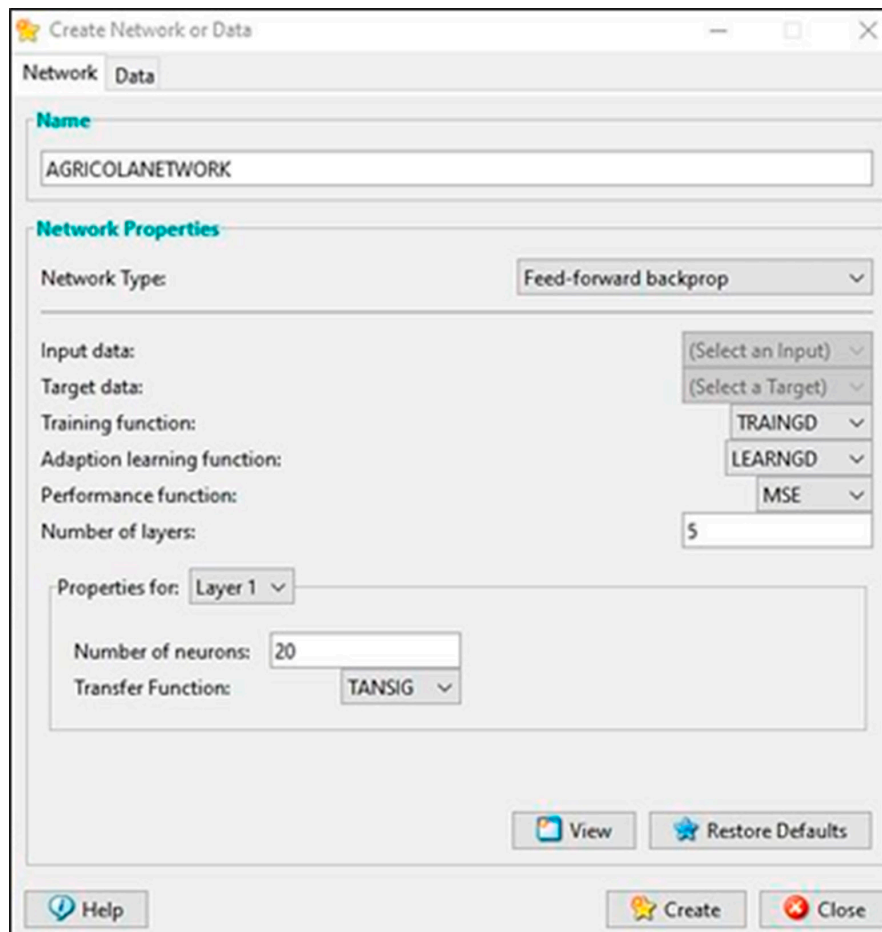


Figura 2: Parámetros de la Red Neuronal.

Fuente: Elaboración del autor.

En la ventana de CREATE NETWORK OF DATA, se adjuntan y caracteriza la red que se desea establecer, para dicha investigación se seleccionó en NETWORK TYPE la opción de FREED-FORWARD BACKPROP que permite, que el margen de error sea propagado hacia atrás desde la capa de salida. Haciendo que el margen sea mínimo y así la red pueda ser más eficaz al momento de la predicción.

En la investigación establecida, la red es de multicapas. Basualdo (2001), menciona que las multicapas son las que colocan una serie de neuronas ordenadas en distintos niveles. La forma en que se puede distinguir la capa en la que se encuentra alguna neurona consiste en fijar punto de partida de las señales que recibe a la entrada y el punto de llegada de la señal de salida. Por lo general, todas las neuronas de una capa reciben señales de entrada por parte de la capa más cercana a la entrada de la red, es decir, de una capa anterior, y envían señales a la capa que se encuentra más cercana a la salida de la red, debido a esto, una capa posterior, a estas conexiones son denominadas conexiones feedforward.

La función de entrenamiento será Tangencial-Sigmoidea, cuyos valores de salida que proporciona esta función están comprendidos dentro de un rango que va de 0 a 1. Al modificar el valor de g se ve afectada la pendiente de la función de activación.

La neurona creada contiene cuatro capas ocultas, de doce neuronas cada una. Así mismo su entrenamiento como se mencionó en el párrafo anterior es Tangente Sigmoidea, como describe Tsoukalas L.H. y Uhrig R.E (1997) quienes acreditan que la potencia de las redes neuronales reside en que los nodos individuales se encuentran en diferentes capas, formando redes altamente interconectadas, con una arquitectura inspirada en la corteza cerebral, que permiten el aprendizaje de patrones no lineales de comportamiento

El software nos permite tener una imagen detallada de las descripciones numéricas y la apreciación grafica de la red como se muestra en la (figura 3). La cual puede reconocer su funcionamiento y la transición de los datos por cada capa oculta que la contiene, hasta un resultado analítico final.

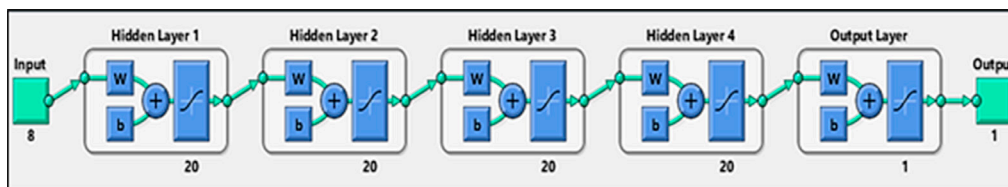


Figura 3: Red Neuronal "RED AGRICOLA."
Fuente: Elaboración del autor.

Para entrenar la red hay que deslizarse en la parte de TRAIN, que contiene parámetros analíticos los cuales se pueden modificar y subscribir el número de interacciones que se desea establecer para entrenar la Red. Existen siete parámetros asociados con este tipo de entrenamiento, son:

- Ephocs: Define el máximo número de épocas de entrenamiento que puede tener nuestro proceso de aprendizaje
- Show: Indica a Matlab la forma de visualización que deseamos tener durante el entrenamiento de la red. Si su valor es Nan quiere decir que no se quiere ningún tipo de visualización.

- Goal: Este variable indica un valor mínimo límite que puede alcanzar la función error de la red. Si esta alcanza dicho valor el entrenamiento se parará automáticamente.
- Time: Este parámetro indica el tiempo máximo en segundos que puede durar el entrenamiento de la red. Una vez que el tiempo del proceso alcance dicho valor el entrenamiento se detendrá.
- Min_grad: Determina el valor mínimo necesario que debe tener el gradiente para detener el algoritmo.
- Max_fail: Es el máximo número de iteraciones que puede incrementarse el error de validación antes de detenerse el

entrenamiento.

- Lr: Es la ratio de aprendizaje α .

Parámetros en que se entrenó la red, en una cantidad de 15,000 Epochs (Define el máximo

número de periodos de entrenamiento que puede tener nuestro proceso de aprendizaje) y con la misma cantidad en `max_fail` (Es el máximo número de iteraciones que puede incrementarse el error de validación antes de detenerse el entrenamiento), como se muestra en la (figura 4).

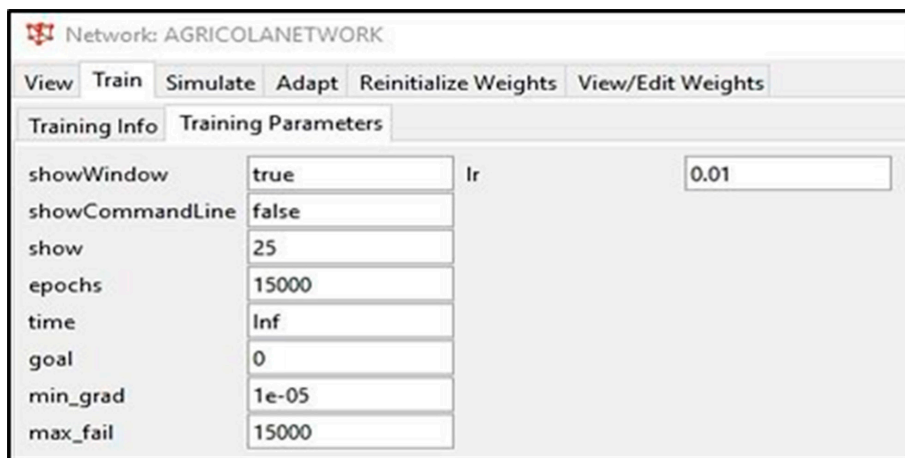


Figura 4: Parámetros de entrenamiento RED AGRICOLA.

Fuente: Elaboración del autor.

De acuerdo con los parámetros establecidos, se entrena la red de manera supervisada, para obtener un patrón de aprendizaje con los datos establecidos. De tal forma que al realizar las interacciones se puedan obtener tendencias en cuanto a los resultados obtenidos. Esta forma de entrenar se la relaciona con la ramificación de las neuronas dentro del cerebro humano, como mencionan Y.Shachmurove (2002) y Tkacz (1999), que las redes neuronales artificiales son sistemas de procesamiento de información, desarrolladas por científicos cognitivos con el propósito de entender el sistema nervioso biológico e imitar los métodos computacionales del cerebro y su impresionante habilidad para reconocer patrones.

III. RESULTADOS

Con base en los objetivos planteados y a la metodología utilizada se obtuvieron los siguientes resultados.

Fase de entrenamiento

La arquitectura final de la red neuronal, que dio mejor resultado, después de probar varios algoritmos de entrenamiento y diferentes números

de capas, quedó conformada por cuatro capas; doce neuronas en la capa de entrada, doce neuronas en la primera capa oculta, doce neuronas en la segunda capa oculta y una neurona en la capa de salida. Cada una de estas capas contiene una función de activación, (Tansig) para las capas ocultas.

Para esta etapa de la red se utilizó el algoritmo de retro propagación (Feed- forward backprop), dicho proceso se corrió sobre los datos de entrenamiento que constan de 99 datos obtenidos de los registros climáticos y de cosecha de la empresa durante treinta años, de los cuales los últimos once años han sido homogéneos en cuanto a las inversiones y reformas tecnológicas desarrolladas dentro de la empresa durante el periodo analizado, al final se realiza la verificación y predicción con un vector de entrada de ocho variables (unidades o neuronas).

La red neuronal encontró los pesos adecuados para la generalización de patrones hacia toda la población, observándose que las variables con mayor relevancia fueron en primer lugar: las variaciones de temperaturas, hectáreas de caña sembradas, seguido de la humedad y

consecuentemente las precipitaciones.

Se desarrolló como presentación de la red una interfaz, utilizando las herramientas de Matlab, con un lenguaje de programación propio del software.

Dicha ayuda permitió interactuar con la red de manera amigable sin necesidad de abrir el programa, para ingresar los datos en las distintivas variables dependientes, como se muestra en la (figura 5).



Figura 5: Interfaz Red Neuronal “AGRICOLANETWORK”.
Fuente: Elaboración del autor.

Se procedió de manera sistemática a subir la información de las variables, a través del sistema de entrenamiento propio de Matlab, se obtuvo el aprendizaje de la red, obteniendo como resultado las toneladas de caña de los últimos once años de forma predictiva, comparándolo con los datos reales de las toneladas de caña del periodo

investigado.

Se observa que los datos reales y de la red neuronal, son similares y su margen de error está dentro de lo permisible. Corroborando de manera analítica que las Redes Neuronales Artificiales, son herramientas eficaces para la industria azucarera. Ver (figura 6).

Mendoza y Marquetti. Redes Neuronales Artificiales: factores que determinan la cosecha de caña en la industria.

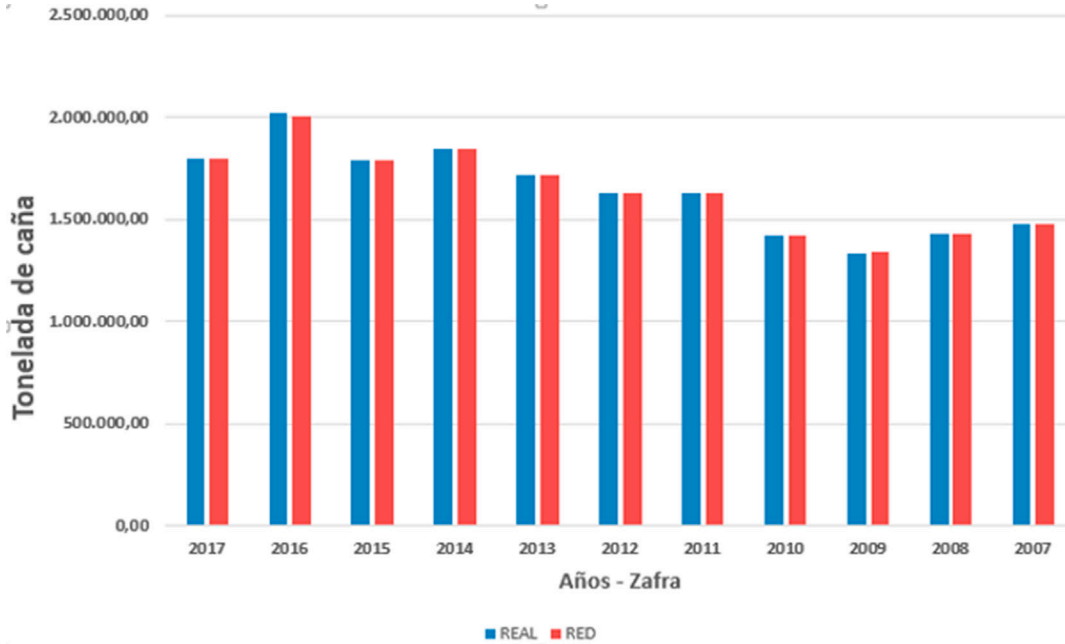


Figura 6: Gráfico comparativo Real Vs Red de la producción de caña en CAVSA, últimos 11 años.
Fuente: Elaboración del autor.



Figura 7: Gráfico Error comparativo Real Vs Red de la producción de caña en CAVSA, últimos 11 años.
Fuente: Elaboración del autor.

De acuerdo con la efectividad de la red neuronal, se lograron predecir para el año 2018 las toneladas de caña que se van a obtener, comparando con

la predicción-Aforo, lo cual se comprueba la magnitud de predicción. Ver la (figura6-7).

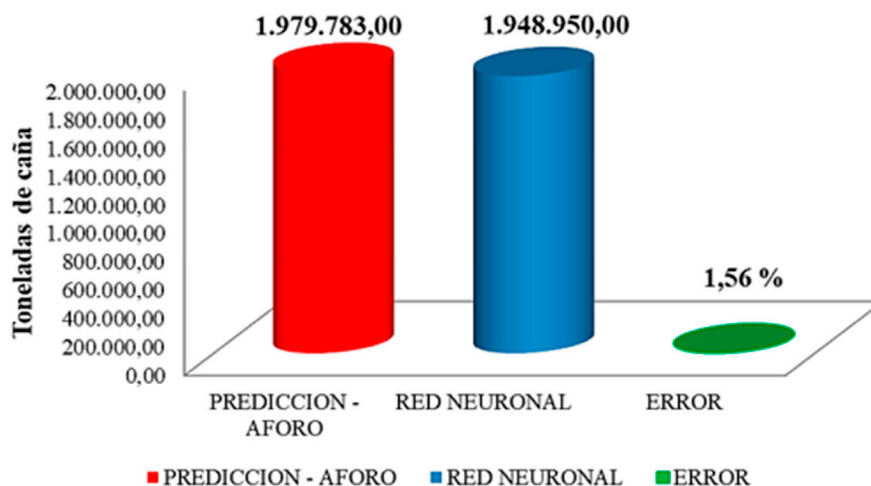


Figura 8: Predicción año 2018.
Fuente: Elaboración del autor.

IV. CONCLUSIONES

La creación de la red neuronal artificial y su entrenamiento para predecir la cosecha de la caña de azúcar en CAVSA, a través de datos climatológicos históricos de los cultivos agrícolas de caña de azúcar, se constató que el valor final predictivo arrojado por la red, es bastante aproximado al resultado obtenido por el método tradicional de aforo, realizados por los técnicos del departamento agrícola de cultivo y cosecha para el año 2018, obteniendo un resultado satisfactorio con un margen de error de 1,56%.

Comprobando la hipótesis con dicho resultado, las redes neuronales son herramientas de predicción eficientes en cuanto a su funcionabilidad ya que garantizan resultados para tomarlos como referentes en temas de planificación de presupuestos y productividad en una organización agroindustrial como CAVSA.

Matlab es un software matemático diseñado como “traje a la medida” para aplicaciones como la investigada y trae en su configuración un Interfaz GUIDE que es amigable y permite interactuar con las variables de entrada de la Red Neuronal

entrenada, obteniéndose resultados eficaces para analizarlos y cuestionarlos.

Durante el trabajo de investigación a través de la interfaz se llegó a determinar que las variables climatológicas como: temperatura máxima, temperatura mínima, y Precipitaciones afectan positivamente al rendimiento de la caña de azúcar aumentando las toneladas de producción, mientras que la Heliofanía por su parte tiene un efecto negativo en el rendimiento cañero, análisis realizado individualmente los parámetros mencionados. Si se analizan las variables de entrada en forma de conjunto, se puede concluir que ellas están relacionadas entre sí y sería motivo de otra investigación profundizar en su estudio.

Alcanzan niveles de eficacia por encima del 90% evidenciándose que se mantienen los resultados del modelo acordes a los de expertos humanos. (López, 2016).

V. RECOMENDACIONES

La investigación puede ser tomada como base para experimentar e involucrar los procesos fabriles, para predecir la producción de azúcar

y sus derivados, misma que servirá como guía para presupuestar la cantidad de caña cosechada y producción final de azúcar por zafras, que se destinarían como materia prima para producir azúcar, sus derivados y alcohol, producto de actualidad con el tema de los biocombustibles.

VI. REFERENCIAS

- ARIAS. (2004). El proyecto de Investigación, Guía para su Elaboración. CARACAS,. VENEZUELA .
- Avila, R., Rodriguez, V., & Hernandez, E. (2012). Predicción de rendimiento de un cultivo de platano mediante redes neuronales de regresión generalizada. *Publicaciones en Ciencias y Tecnología*, VI(1), 31-40.
- Banko, C. (2005). La industria azucarera en México y Venezuela. Un estudio comparativo. *Carta Económica Regional*, 41-54.
- Chagoya, E. R. (2008). Métodos y técnicas de investigación. *Gestiopolis*, 16.
- Coello, L. (4 de FEBRERO de 2015). Redes neuronales artificiales en la producción de tecnología. *Discover scientific knowledge*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/283847824_Rednes_neuronales_artificiales_en_la_produccion_de_tecnologia
- Eerikäinen, T., Linko, P., Linko, S., Siimes, T., & Zhu, Y.-H. (1993). Lógica difusa y aplicaciones de redes neuronales en la ciencia y tecnología de los alimentos. Elsevier Ltd, IV, 237-242.
- Fauconnier, R. (1975). La caña de azúcar. Técnicas agrícolas y producciones tropicales. Editorial Blume., 405.
- FREEMAN, J. A. (1993). Redes neuronales: algoritmos, aplicaciones y técnicas de programación, . New York, USA,: Addison-Wesley Iberoamerican.
- Kanali. (30 de julio de 1997). Predicción de cargas por eje inducidas por la caña de azúcar utilizando vehículos industriales. 2-7.
- Laura Plazas Tovar. (2017). Prediction of overall glucose yield in hydrolysis of pretreated sugarcane bagasse using a single artificial neural network: good insight for process development.
- López, S. T. (2016). Red neuronal multicapa para la evaluación de competencias laborales. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2227-18992016000500016
- Ma, F. L. (2002). Knowledge Acquisition Based on Neural Networks for Performance Evaluation of Sugarcane Harvester. 4-7.
- Marquetti, H. (13 de DICIEMBRE de 2016). El desarrollo económico local en Cuba. La Habana, Cuba. Obtenido de <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Desarrollo-EconomicoLocalCuba.pdf>
- MATICH, D. J. (2001). Redes neuronales, Conceptos básicos y aplicaciones. Mexico: Ed. Universidad Tecnológica Nacional, .
- Miceli, G. (2002). Regulación enzimática de la acumulación de sacarosa en cañas de azúcar (*Saccharum spp.*). *Agrociencia*, 411-419.
- Mutran, V. M. (2018). Bioenergy investments in sugarcane mills: an approach combining portfolio theory with neural networks. 3-7.
- NOGUEZ, H. R. (1993). Comparación entre imágenes Landsat Thematic. Tesis de licenciatura. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo, 115.
- SALAS, M. I. (2000). Redes neuronales artificiales en la medición de temperatura y humedad relativa. Mexico: Universidad Autónoma Chapingo.
- Sampieri, D. R. (2010). Metodología de la investigación. México D.F: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

- Sbarbaro, D. (2005). Supervisión de válvulas de control en circuitos de flotación basados en redes neuronales artificiales. ICANN'05 Proceedings of the 15th international conference on Artificial neural networks: formal models and their applications, Volume Part II, págs. 451- 456. Springer , Berlín, Heidelberg, alemán.
- Subiros, F. (1995). El cultivo de Caña de Azucar. Editorial Universidad Estatal a Distancia., 441.
- Valdés, M. (2004). Determinación del periodo de crecimiento en el cultivo de la caña de azucar. CAI Jose Martí, 1562-3297.
- Wang, J., Zhang, L., Guo, Q., & Zhang, Y. (21 de Marzo de 2017). Redes neuronales recurrentes con unidades de memoria auxiliar. IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems, 1652 - 1661.
- Zhang, Y. (2018). Predicción del grado de concentrado de fosfato basado en el modelado de redes neuronales artificiales., (págs. 625-628).
- Zorrilla, A. (1993). Introducción a la metodología de la investigación. Aguilar Leon y Cal, Editores, 11ª Edición., 43.

Reducción de trazas de materia orgánica en agua potable mediante la adsorción con Zeolita

Richard, Ramírez-Palma¹; Alejandro, Véliz-Aguayo²; Juan, Garcés-Vargas³; Lucrecia, Moreno-Alcivar⁴; Gerardo, Herrera-Brunett⁵; Miguel, Salvatierra-Barzola⁶

Resumen

El objetivo de esta investigación fue la reducción de las trazas de materia orgánica en el agua potable por medio del uso de zeolita natural, zeolita activada y la comparación con la eficiencia de la adsorción del carbón activado. Se utilizó agua suministrada por la compañía AGUAPEN E.P. y materiales adsorbentes zeolita natural, zeolita activada y carbón activado. La zeolita se activó térmicamente a 600°C. Se realizaron pruebas en columnas de adsorción a escala (RSSCT – Rapid Small-Scale Column Test) para carbón activado granular (GAC) de acuerdo a la norma ASTM 6586 para determinar la eficiencia de la adsorción de las trazas de materia orgánica en el agua potable. Se determinó la eficiencia en base al parámetro de carbono orgánico total en muestras simple del afluente y efluente del agua tratada cada 3 horas durante 24 horas. El incremento de la presión de trabajo evidencia el punto de ruptura o colmatación del adsorbente. La concentración del Carbón Orgánico Total (COT) se determinó mediante el análisis de la combustión de la muestra con el detector infrarrojo no dispersivo de dióxido de carbono (CO₂). Los resultados mostraron reducción de materia orgánica con el uso de zeolita natural y zeolita activada, con respecto al carbón activado.

Palabras Clave: zeolita, carbón activado, adsorción, materia orgánica, Carbón Orgánico Total (COT).

Reduction of organic matter traces in drinking water through adsorption with zeolite

Abstract

The objective of this research was the reduction of organic matter traces in drinking water through the use of natural and activated zeolite, and the comparison with the efficiency of activated carbon adsorption. Water supplied by the company AGUAPEN E.P. was used, and adsorbent materials as natural zeolite, activated zeolite and activated carbon were utilized. The zeolite was thermally activated at 600 ° C. Tests were performed on scale adsorption columns (RSSCT - Rapid Small Scale Column Test) for Granular Activated Carbon (GAC) according to ASTM 6586 to determine the efficiency of the adsorption of traces of organic matter in drinking water. Efficiency was determined based on the total organic carbon parameter in simple affluent and effluent samples of treated water every 3 hours during 24 hours. The increase in working pressure shows the point of rupture or clogging of the adsorbent. The concentration of Total Organic Carbon (TOC) was determined by analyzing the sample combustion with a non-dispersive infrared carbon dioxide (CO₂) detector. The results showed the reduction of organic matter in natural zeolite and activated zeolite compared to activated carbon.

Keywords: natural zeolite, activated zeolite, activated carbon, adsorption, organic matter, total organic carbon TOC

Recibido: 11 de noviembre de 2018

Aceptado: 21 de enero de 2019

¹ Magister en Ingeniería Sanitaria; Ing. Civil, Docente de la Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE); rramirez@upse.edu.ec

² P.h.D. Ing. Mec.; Docente de la Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE); aveliz@upse.edu.ec.

³ Magister en Administración de Empresas Ing. Civil, Decano de la Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE); jgarces@upse.edu.ec

⁴ Magister en Geotecnia, Ing. Civil; Docente de la Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE); lmoreno@upse.edu.ec

⁵ Magister en Seguridad e Higiene y Salud Ocupacional; Ing. Ind, Docente de la Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE); gherrera@upse.edu.ec

⁶ Master en Ciencias, Ing. Méc.; Docente de la Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE); msalvatierra@upse.edu.ec

I. INTRODUCCIÓN

Ecuador, por su Constitución, es responsable de garantizar a sus habitantes el acceso al agua potable en la cantidad y calidad necesarias para su buen vivir. (Asamblea Nacional, 2008). Otros países de la región y el mundo también están adoptando las recomendaciones de las Naciones Unidas de garantizar el derecho al agua a sus ciudadanos (Naciones Unidas, 2011).

En el mundo, la contaminación del aire, suelo y agua avanza muy rápidamente, debido principalmente, a la demanda de los bienes y servicios de la sociedad y el consumo.

Entre febrero y junio del 2008, las empresas de agua potable AGUAPEN e HIDROPLAYAS que están ubicadas en la Península de Santa Elena tuvieron problemas en su fuente de captación de agua (embalses) por el incremento de la materia orgánica natural (MON) en el agua del embalse, aumento de las plantas acuáticas, algas y substancias tóxicas que provocaron reclamos por olores, sabores desagradables y diarreas leves. (El Universo, 2018)

Algunos de los problemas que ocasionan estas sustancias son: bioacumulación, competitividad con los contaminantes clave (plaguicidas), efectos carcinogénicos y mutagénicos resultantes de sus reacciones con el cloro (SPD). Debido al riesgo a la salud, que presentan los subproductos de la cloración de la materia orgánica, es necesaria su eliminación en el tratamiento del agua potable producida, a partir de las fuentes contaminadas de abastecimiento con estos compuestos (Oxenford, 1996)

En Ecuador, la gestión de la calidad del agua es realizada por la Secretaria Nacional del Agua (SENAGUA) a través de la Subsecretaria Técnica de los Recursos Hídricos y la Subsecretaria de Agua y Saneamiento, Dirección de Calidad del Agua en coordinación con el Ministerio de Ambiente, Ministerio de salud y los Gobiernos Autónomos Descentralizados. (SENAGUA, 2012)

La presente investigación tiene como objetivo principal evidenciar experimentalmente la reducción de las trazas de materia orgánica en el agua potable mediante la adsorción con zeolita natural y activada.

La materia orgánica en el agua potable que

causa olor y sabor objetables a los habitantes de la Península de Santa Elena. Esto lleva a resolver el problema de calidad del agua potable mediante la reducción de trazas de materia orgánica en la potabilización del agua potable y que es de vital importancia para mejorar la calidad de vida de la población ecuatoriana. (SEMPLADES, 2018)

Se conoce que la mayoría de las grandes ciudades en el mundo tienen actualmente problemas de escasez y calidad del agua debido al crecimiento poblacional y la contaminación de sus fuentes de agua. (BBC, 2018).

II. METODOLOGÍA

La metodología seguida para verificar la hipótesis presentada es la siguiente:

- Revisión de bibliográfica actualizada de no más de 4 años, como por ejemplo: trabajos de investigación, revistas, artículos.
- Se obtuvieron 4 muestra de agua potable de la empresa de agua potable de Aguapen EP cada una de 200 litros para evaluarlas. (INEN 1108, 2014)
- Se construyeron tres (3) columnas a pequeña escala como una prueba rápida para evaluar el rendimiento del material adsorbente. (ASTM D6586, 2000).
- Se evaluó sensorialmente el agua purificada (prueba de calificaciones preferencia) para evaluar la remoción de olor y sabor del agua con personal calificado.
- Se evaluó la fecha de caducidad del agua purificada envasada en botellas plásticos con tapa hermética y almacenada a la intemperie para verificar la eficiencia del proceso de purificación.

2.1. Materiales

El principal material utilizado para el estudio experimental es el agua potable. Los demás materiales que fueron utilizados en la preservación, almacenamiento, filtración, conducción y medición se muestran a continuación:

- Agua potable 1000 lts
- Carbón Activado Granular 100 gr
- Zeolita Natural 100 gr

- Zeolita activada 100 gr
- Filtro de geotextil
- Mangueras de vinil d=1/2", 3/8"
- Tuberías de PVC rígido, accesorios como codos, tee de PP y bronce.
- Válvulas de paso rápido de latón d=1/2", 1/4
- Ácido clorhídrico HCl 100 ml
- Envase esterilizados para muestras de 150 ml y hielera
- Pipeta desechables de 1 ml
- Probeta graduada de vidrio 100 ml
- Botella PET de 500 ml
- Guantes de látex
- Mascarillas con filtro
- Mandil blanco
- Adhesivo para rotular
- Tablero eléctrico 2,4m x 5 m
- Caja de herramientas

porcentaje de remoción de trazas de materia orgánica es la suministrada por la empresa AGUAPEN E.P. a las ciudades de Santa Elena, La Libertad y Salinas. El agua cruda utilizada para su potabilización cumple con los criterios de calidad de agua para el consumo humano teniendo una concentración de COT durante todo el año < 6 mg/l, esta información fue dada por el Jefe de Laboratorio Blgo. Guido Ortiz y verificada con los análisis de 2 muestras sin tratar identificadas como M#0 C.A. y M#0 Z.A. con valores de COT de 5.892 mg/l y 4.972 mg/l respectivamente.

Actualmente AGUAPEN E P produce en la planta de agua potable un caudal de agua potable de 800 l/s durante las 24 horas, con un total diario de 69.120 m³, el cual es el límite de su producción, en la tabla 1 se muestra las características del agua potable producida en la planta convencional de potabilización de agua Atahualpa de diciembre 2013.

AGUA POTABLE

El agua potable utilizada para determinar el

Tabla 1. Caracterización del Agua Potable de Aguapen, diciembre 2013.

PLANTA DE AGUA POTABLE DE ATAHUALPA. AGUAPEN						
CARACTERIZACION DEL AGUA POTABLE						
Parámetro	Unidad	INEN 1168 2011	OMS	RD 14/11/90 España	Aguapen Dic 2013	
Características Físicas						
1	Color	Pt-Co	15	15	20	1
2	Turbiedad	NTU	5	5	6	0.4
3	Olor		no objetable			no objetable
4	Sabor		no objetable			no objetable
5	Sólidos totales disueltos	mg/l				148.6
6	Sólidos totales	mg/l			1500	
7	Concentración de iones de hidrogeno	pH	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	7.51
8	Conductividad eléctrica	mS cm ⁻¹ a 20°C			400	308
Características Químicas						
9	Aluminio	mg/l	0.25	0.2	0.05	0.102
10	Amonio	mg/l	1	1.5	0.5	0.01
11	Arsénico	mg/l	0.01	0.05	0.05	0
12	Bario	mg/l	0.7	0.7	0.1	0
13	Boro	mg/l	0.5		1	0.2
14	Cianuro	mg/l	0.07	0.07	0.05	0
15	Cloro libre residual	mg/l	0.3-1.5			2.5
16	Cloruros	mg/l	250	250		18
17	Cobalto	mg/l	0.2		Ausencia	0.04
18	Cobre	mg/l	1	1	0.1	0.03
19	Cromo Hexavalente	mg/l	0.05	0.05		0.043
20	Cromo total	mg/l	0.05	0.05	0.05	0.04
21	Dureza total	mg/l	300	400		68
22	Fluor	mg/l	1.5	1.5	0.7	0.07
23	Fosforo	mg/l	0.1	0.8	5	0.01
24	Hierro	mg/l	0.3	0.3	0.2	0.05
25	Manganeso	mg/l	0.1	0.1	0.05	0.007
26	Niquel	mg/l	0.02	0.01	0.05	0
27	Nitratos	mg/l	50	50	0.1	1.9
28	Nitritos	mg/l	0.2	1	50	0.009
29	Plata	mg/l	0.05		0.01	0
30	Potasio	mg/l	20		10	4.1
31	Sodio	mg/l	200	200	20	11.7
32	Sulfatos	mg/l	200	400	250	28
33	Tensoactivos	mg/l	0			0
34	Zinc	mg/l	3	3	100	0

Fuente: (AGUAPEN EP, 2013)
Elaborado: Ing. Richard Ramirez Palma

Muestra de agua potable

Mediante muestreo simple se recogieron cuatro muestras de agua potable de 200 lts en la planta de agua potable de Atahualpa administrada por AGUAPEN E.P. en un recipiente de polietileno de alta densidad con tapa hermética de capacidad de 1000 litros (INEN 2176, 1998).

Para la evaluar la remoción de materia orgánica en columnas a escala según el método ASTM D6586 se utilizaon aproximadamente 150 litros de agua potable en 24 horas.

ZEOLITA NATURAL

La zeolita natural es un mineral aluminosilicato que se encuentra en rocas sedimentarias tobáceas extraída de las canteras del rio Ayampe ubicada en la Provincia de Manabí. Geológicamente se encuentra en la formación Cayo de la Cordillera Chongón – Colonche. (Morante, 2004).

El color observado en estas zeolitas es de un verde claro con franjas milimétricas de color café como se muestra en la figura 1.



Figura 1: Arena de Toba (zeolita natural) de granulometría 0.25mm a 0.18mm (tamices 60-80.)

La densidad de zeolita natural es igual a 2.29 g/cm³ y la mineralogía cualitativa de la zeolita natural realizada con un difractor de rayos X indica la presencia de cuarzo (15-20%), Heulandiya (35-40%), Mordenita (20-35%) y Feldespatos (5-15 %).

Muestra de zeolita natural

Mediante muestreo simple se recogió una muestra de zeolita natural con un peso aproximado de 1000 g. Se trituró y molió con molino de bolas hasta que cumplió con los requisitos granulométricos de 0.25mm a 0.18 mm correspondiente a la malla (60-80) exigidos en el método ASTM D6586. La zeolita así preparada se lava con agua destilada tipo 1 hasta que el color verdadero del agua de lavado sea < 1 Pt- Co. La zeolita natural lavada se seca en una estufa aireada a 150 ° C durante 4 horas y almacenados en una botella de color ámbar hasta que esté listo para su uso.

ZEOLITA ACTIVADA

La activación térmica de la zeolita ayuda a que los poros de la zeolita natural tengan una mayor dimensión y así adsorber más eficientemente compuestos orgánicos (Suárez , 2008). En cambio, que la activación química de la zeolita se la realiza con un medio ácido (Evangelista, 2019).

La zeolita natural se activó mediante el sometimiento térmico a presión atmosférica en un horno eléctrico ventilado a una temperatura constante de 500 °C durante 6 horas.. El color observado en estas zeolitas activadas térmicamente es de un marrón con franjas milimétricas de color café.

La densidad de zeolita activada es igual a 2.33 g/cm³ y la mineralogía cualitativa de la zeolita activada es la misma que la zeolita natural.



Figura 2: Zeolita activada de granulometría 0.25mm a 0.18mm (tamices 60-80)

Muestra de zeolita activada

Mediante muestreo simple se recogió una muestra de zeolita activada en un peso aproximado de 1000 g, la zeolita activada utilizada en ensayo de filtración a pequeña escala cumple con los requisitos granulométricos de la malla (60-80) exigidos en el método ASTM D6586. La zeolita activada se lava con agua destilada tipo 1 hasta que el color verdadero del agua de lavado sea < 1 Pt-Co. La zeolita activada lavada es seca en una estufa aireada a 150 ° C durante 4 horas y almacenados en una botella de color ámbar con secador hasta que esté listo para su uso.

CARBÓN ACTIVADO

El carbón activado utilizado para determinar el porcentaje de remoción de trazas de materia orgánica es el de la marca Norit GAC 830W que se adquirió en un distribuidor comercial. Este carbón activado está especificado para la purificación de agua potable removiendo olores, sabores, compuestos orgánicos naturales, pesticidas, detergentes, compuestos y solventes clorinados conforme las normas (ASTM D 3860, 1989) (ASTM D4607, 1987) .

Muestra de carbón activado

Mediante muestreo simple se recogió una muestra de carbón activado en un peso aproximado de 1000 g. El carbón activado utilizado en ensayo de filtración a pequeña escala cumple con los requisitos granulométricos de la malla (8-30) exigidos en

método ASTM D6586. El carbón activado se lava con agua destilada tipo 1 (ASTM D1193, 2011) hasta que el color verdadero del agua de lavado sea < 1 Pt-Co. El carbón activado lavado se seca en una estufa aireada a 150 ° C durante 4 horas y almacenados en una botella de color ámbar hasta que esté listo para su uso.

2.2 MÉTODO ESTÁNDAR DE COLUMNAS A ESCALA PEQUEÑA.

Para determinar si la zeolita natural o zeolita activada son mejores materiales adsorbentes que el carbón activado se ha utilizado el método estándar de columnas rápidas a pequeña escala “rapid small - scale column test” (RSSCT) ASTM D6586, la cual es una práctica rápida desarrollada para predecir la adsorción de contaminantes en flujo ascendente o descendente en reactor discontinuo.

En contraste con los estudios de planta piloto, la prueba de columna de pequeña escala presentada en esta práctica no permite una evaluación de funcionamiento de los factores que pueden afectar al rendimiento GAC con el tiempo. (ASTM, 2008).

EQUIPO

El equipo de prueba RSSCT está de acuerdo con el estándar ASTM 6586 que esquemáticamente se muestra en la Figura 3 Diagrama de flujo del aparato RSSCT de tres columnas.

El equipo mostrado consta de una bomba

dosificadora, un manómetro, dos ventosas manuales, y hasta tres columnas que operan en serie y medios para la recogida de agua de la muestra y el análisis.

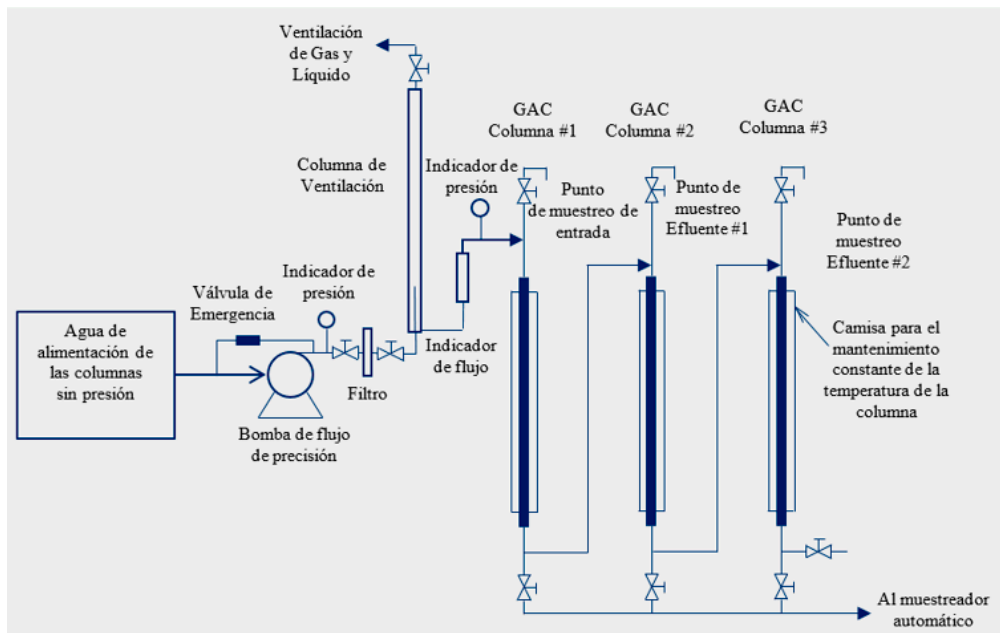


Figura 3: Diagrama de flujo del aparato RSSCT de tres columnas

COLUMNA

Las columnas se realizaron con mangueras de vinil y tienen una altura $h=35$ cm de longitud con un diámetro interior de $d=12,7$ mm y con uniones en ambos extremos para manguera para la admisión y

descarga de agua.

Es necesario determinar el volumen del adsorbente en la columna a escala mediante el cálculo del volumen:

$$V = Axh = 0.25 \pi d^2 h = 19 \text{cm}^3 = 19 \text{m}^3$$

Este volumen servirá para calcular el caudal de funcionamiento.

El equipo opera a temperatura ambiente constante de unos 27°C en promedio. Para apoyar la columna de los materiales de zeolita natural, zeolita activada o carbón activado, se utilizó lana no tejida de polipropileno.

para el buen funcionamiento de las columnas a pequeña escala.

BOMBA DOSIFICADORA

La bomba de dosificación es una bomba peristáltica TEKNA EVO AKS modelo 800 utilizada en el experimento para proveer de agua a los filtros con un caudal de 100 ml/min con una presión de hasta 100 psi.

TIEMPO DE CONTACTO EN LECHO VACÍO

Según lo recomendable por las guías de la OMS el tiempo de contacto en lecho vacío (Empty Bed Contact Time EBCT) para el CAG en columnas de escala real tiene que estar entre 5 a 30 min. En las pruebas de columnas a pequeña escala el tiempo a utilizar se lo calculo asumiendo el tiempo EBCT de 10 min para escala real.

Para determinar el tiempo de contacto en lecho vacío para el material adsorbente sea este carbón activado, zeolita natural o zeolita activada se utilizó la ecuación 4.1 considerando los siguientes parámetros.

II. RESULTADOS

3.1. CÁLCULOS HIDRÁULICOS

Se realizaron los siguientes cálculos hidráulicos

Donde:

EBCT_{sc} = tiempo de contacto vacío-cama para la columna pequeña (RSSCT)

EBCT_{lc} = tiempo de contacto vacío-cama para la columna real = 10 min.

= radio de las partículas de carbono o zeolita natural o activada utilizados en las columnas de escala pequeña (Prueba). = 0,0106 mm.

R_{lc} = radio de las partículas de carbono o zeolita natural o activada utilizados en las columnas de escala real = 0,0792 mm.

t_{sc} = tiempo transcurrido requerido para conducir la columna pequeña (Prueba)

t_{lc} = tiempo transcurrido requerido para conducir la columna real = 240 h = 10 d.

Entonces

EBCT_{sc} = 0,179 min

TIEMPO DE RUPTURA

Es el tiempo que transcurre desde el funcionamiento de la columna (operación del lecho) hasta que el contaminante aparece en la corriente de salida o más concretamente, cuando se alcanza la máxima concentración permisible en el efluente, se denomina tiempo de ruptura.

El carbón activado marca "Norit" indica que con un tiempo de ruptura de 240 horas (10 días), la purificación de agua potable en una columna funcionando continuamente, con flujo descendente, tiene una remoción del 87%.

Entonces, para conducir el tiempo de ensayo se calcula con la misma ecuación 4.1 el tiempo transcurrido en columna de pequeña escala, dando como resultado que el tiempo del ensayo es 24 horas que corresponde a 10 días de funcionamiento de la columna a escala real. Este tiempo será suficiente para evaluar si la zeolita natural o activada es mejor adsorbente que el carbón activado.

De acuerdo con este tiempo de funcionamiento se determina tomar cada 3 horas una muestra simple, para determinar la concentración de COT.

CAUDAL

Para determinar el caudal se tiene el volumen del material adsorbente y su tiempo de contacto de cama vacío, por lo que tenemos que:

$$Q = \frac{V}{EBCT_{sc}} = \frac{19\text{ml}}{0.179 \text{ min}} = 106.08 \text{ ml/min}$$

Este caudal fue calibrado en 100 ml/min.

3.2. FUNCIONAMIENTO

1. Colocar en el tanque de almacenamiento de polietileno 2 litros de agua destilada clase IV, encender la bomba peristáltica dosificadora para que fluya el agua destilada con flujo descendente por las 2 columnas de pequeña a escala colocadas en serie con la correcta operación de las válvulas de control y cierre, esto se realiza con el objeto de lavar todo el equipo.
2. Calibrar el caudal necesario para la prueba mediante el ajuste de la velocidad de la bomba dosificadora y el uso de la válvula de control
3. Purgar el aire de las tuberías por medio de las ventosas instaladas, reparar cualquier fuga.
4. Apagar el equipo luego de que se termina el agua destilada, colocar el agua potable para purificar en tanque de almacenamiento (afluente).
5. Encender nuevamente la bomba dosificadora a un caudal constante +/- 0,05 ml/min a través del lecho de material 1.
6. Durante el funcionamiento se debe de observar y anotar el caudal, presión y el tiempo transcurrido.
7. Para determinar la eficiencia de remoción, se toma muestras para evaluar la concentración de COT de la muestra inicial t=0 (inicio) y las muestras al intervalo de tiempo de 3 horas que corresponde al tiempo t = 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24 horas a escala pequeña que corresponde a 240 horas a escala real (10 días).

AGUA TRATADA O PURIFICADA

El agua tratada o purificada se obtiene del funcionamiento continuo de la columna a pequeña escala con un flujo constante.

Muestras

Cada muestra se recogió en el tiempo establecido de 3 horas, para obtener la muestra se cumplió con la norma INEN 2176 y las buenas prácticas de laboratorio. La muestra se recogió en recipientes con tapa de PTFE de 150 ml ubicando el recipiente en una base nivelada con el objeto de no dejar espacio para acumulación de aire. Después de recogida la muestra, se conserva de acuerdo a la norma (INEN 2169, 1998) con ácido clorhídrico, HCl, hasta llegar a pH < 2 y se refrigera a 4°C.

DETERMINACIÓN DE CARBÓN ORGÁNICO TOTAL

Para determinar la calidad del agua potable y la remoción de la materia orgánica en el agua potable en las columnas con los materiales adsorbentes como la zeolita natural, zeolita activada y carbón activado se ha utilizado el parámetro de control al carbón orgánico total. Actualmente este parámetro está siendo ampliamente utilizado por las empresas de aguas potables, purificadoras de aguas, la industria de alimentos y farmacéutica por la rapidez de sus resultados y su grado de confiabilidad (HACH, 2019). La determinación se realiza de acuerdo a norma (SM 5310, 2000). El carbono total se divide en carbón inorgánico total y carbón orgánico total (COT). Este último se subdivide en carbón orgánico total purgable o volátil y carbón orgánico total no purgable o fijo como se muestra en la figura 4 fracciones del carbón en el agua.

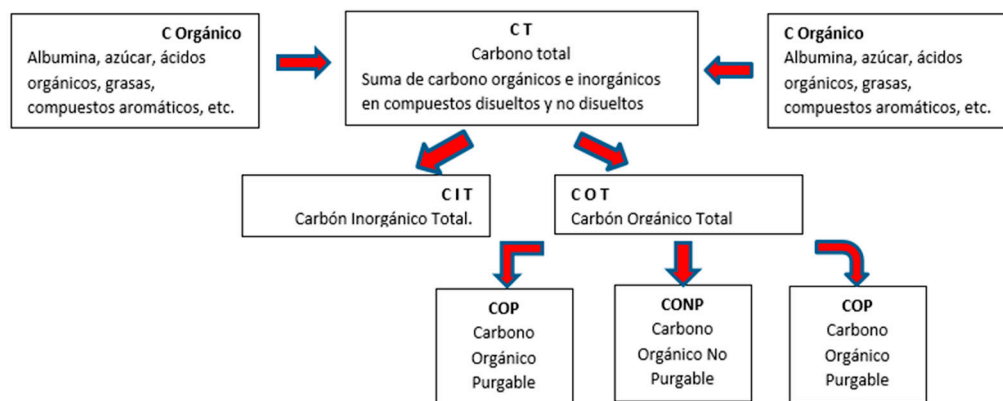


Figura 4: Fracciones del carbón en el agua
Fuente: (Velasco A., 2015)

Equipo

El equipo utilizado fue un analizador de carbono orgánico total Shimadzu TOC-V CSN equipado con detector infrarrojo no dispersivo (IRND). El inyector automático del equipo está dotado con una válvula de 8 puertos. La reacción de combustión se realiza en un tubo de cuarzo a 680 °C y es catalizada con un catalizador regular de platino (recomendado para concentraciones mayores a 0,5 mg/L de C). La presión de trabajo fue de 43 psi y se utilizó oxígeno como gas de arrastre con un flujo de 150 ml/min.

Materiales

- Filtro RC 0,45 µm

- Pipetas aforadas clase A de 2, 5, 10, 25, y 50 ml
- Beakers de 250 ml
- Viales ámbar de 40 ml con tapa PTFE
- Frasco lavador

Para la determinación del carbón orgánico total equipado con detector infrarrojo no dispersivo se utilizan los siguientes reactivos.

Reactivos

- Ftalato ácido de potasio KC8H5O4
- Agua para reactivos (agua tipo I)
- HCl2 M

- H₃PO₄ 25%
- Aire libre de CO₂ (UP)

El lavado del material de vidrio se realizó con una solución diluida de lauril éter sulfato de sodio, CH₃(CH₂)₁₀CH₂(OCH₂CH₂)_nOSO₃Na, TEXAPON, se enjuagó con abundante agua de la llave y posteriormente con agua destilada tipo II. Finalmente, todo el material se purgó con agua para reactivos tipo I y se dejó secar a temperatura ambiente.

EVALUACIÓN SENSORIAL

Para evaluar sensorialmente la remoción de materia orgánica del agua potable se obtuvieron cinco (5) muestras de agua purificadas en las columnas a pequeña escala con un tiempo de ruptura de 24 horas incluida dos (2) muestras de agua, un agua patrón y otra agua de Aguapen E.P. sin tratar. (Sarah E. Kemp, 2009)

Los resultados de la evaluación sensorial indican lo siguiente:

1. Muestra E patrón es la + + preferida
 2. Muestra C Carbón Activado es la + preferida
 3. Muestra B Zeolita activada es la preferida
 4. Muestra D Agua potable es la – preferida
- Muestra A Zeolita natural es la – – preferida

Todas las muestras de aguas tuvieron un volumen de 500 ml, luego de la cual, fue envasada en una botella plástica conforme a las buenas prácticas de producción de agua embotellada para llevar a la sala de captación del laboratorio de control de calidad carrera en licenciatura en nutrición de la ESPOL.

3.3. CADUCIDAD

Se evaluó la caducidad (vencimiento) del agua purificada que está relacionada directamente con la calidad del agua o eficiencia de la remoción de compuestos orgánicos, para ello se obtuvieron cinco (5) muestras de agua purificadas en las columnas a pequeña escala con un tiempo de ruptura de 24 horas incluidas una agua purificada comercial para patrón y otra agua de Aguapen E.P. sin trata. Todas las muestras de aguas tuvieron un volumen de 500 ml, luego de la cual, fueron envasadas en botellas plásticas conforme a las buenas prácticas de producción de agua embotellada para llevar a la sala de caducidad

donde se expuso a la intemperie (medio ambiente).

De las muestras de agua purificada tomadas para determinar la fecha de caducidad luego de 30 días a la intemperie el resultado siguiente:

Calificación: 5 = caducidad > 30 días ;
1 = caducidad < 30 días.

1) Muestra patrón	= 5
2) Muestra de carbón activado	= 5
3) Muestra de zeolita activada	= 3
4) Muestra de zeolita natural	= 2
5) Muestra de Aguapen sin trata	= 1

En la muestra de Aguapen y de zeolita natural se aprecia a simple vista color y microalgas.

En la muestra de carbón activado igual que la muestra patrón no se aprecia ningún cambio de color o microalgas por lo que se infiere que es la de mejor calidad.

4. RESULTADOS

4.1. Características geológicas, físicas y químicas

La caracterización de la zeolita natural utilizada en este estudio para la reducción de las trazas de materia orgánica en el agua potable se la tomo de la tesis Cementos alcalinamente activados a base de zeolitas naturales del Ing. Carlos Parra Moran. En este estudio para identificar los minerales presentes en la zeolita se realizó también un difractograma. En la figura 5 y figura 6 se observa una vista microscópica para apreciar el tamaño de los poros responsable de la adsorción.

ZEOLITA NATURAL

- Roca sedimentaria de la formación Cayo ubicada en la formación Chongón – Colonche.
- Color esmeralda con pliegues milimétricos de color café.
- Densidad de 2,29 g/cm³ (INEN 156:2009 segunda revisión. Cemento Hidráulico.
- Determinación de la densidad.
- Granulometría malla 60-80
- Tamaño efectivo = 0,2 mm
- Tamaño de poro = 2 -12 A°

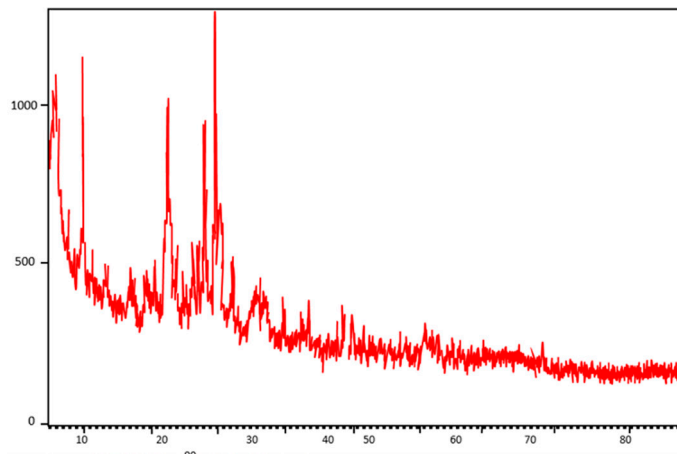


Figura 5: Difractograma de zeolita natural, (Parra Moràn, 2011)

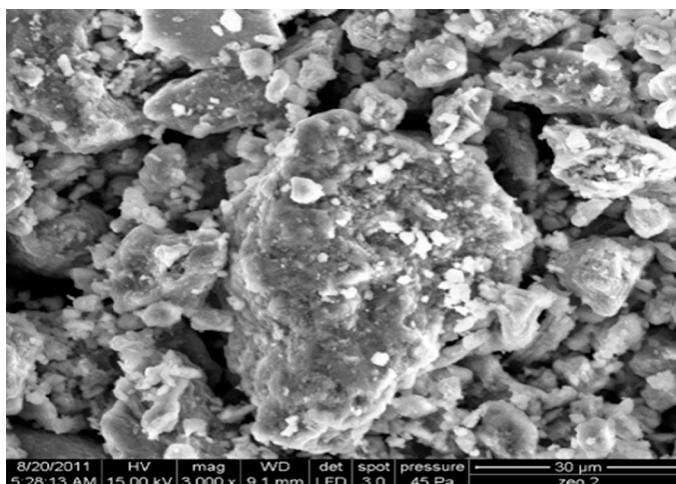


Figura 6: Zeolita natural vista en microscopio electrónico de barrido, (Parra Moràn, 2011)

REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA

En la tabla 2 se muestra los resultados de la remoción de materia orgánica mediante el análisis de la concentración de carbono orgánico total de las muestras de agua purificada tomadas luego del

funcionamiento de las columnas de pequeña escala en los tiempos inicial, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21 y 24 horas. Las columnas fueron de carbón activado, zeolita natural y zeolita activada.

Tabla 2: Concentración de COT del agua purificada en las columnas a escala pequeña

TIEMPO horas	CARBON ACTIVADO		ZEOLITA NATURAL		ZEOLITA ACTIVADA	
	Concentración	Relacion	Concentración	Relacion	Concentración	Relacion
	C mg/l	C/Co	C mg/l	C/Co	C mg/l	C/Co
0	5,892	1,00	4,972	1,00	4,972	1,00
3	3,963	0,67	4,134	0,83	4,750	0,96
6	4,029	0,68	3,270	0,66	4,590	0,92
9	3,994	0,68	3,306	0,66	4,357	0,88
12	3,764	0,64	3,344	0,67	4,234	0,85
15	3,831	0,65	3,412	0,69	4,126	0,83
18	3,642	0,62	3,450	0,69	3,924	0,79
21	3,452	0,59	3,437	0,69	3,900	0,78
24	3,479	0,59	3,457	0,70	3,948	0,79

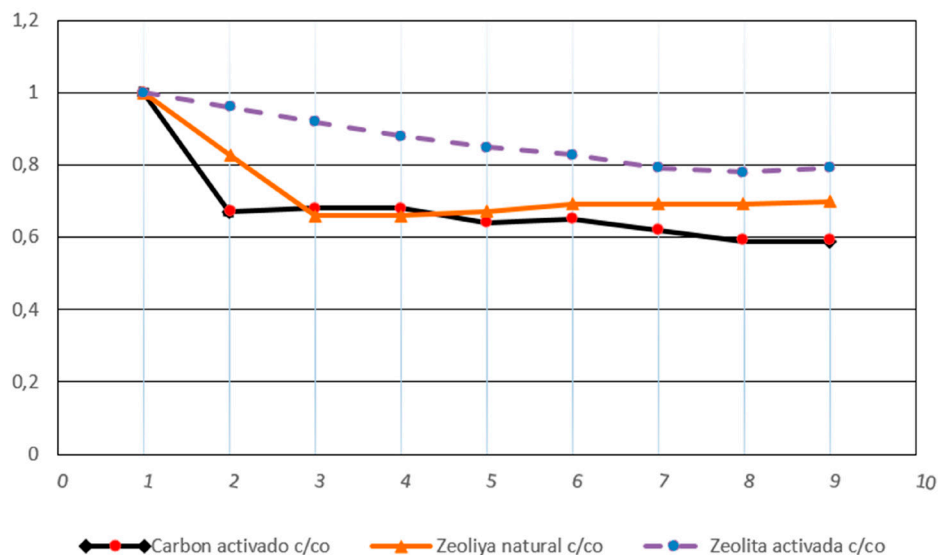


Figura 7: Concentración de Carbón Orgánico Total (COT) en el funcionamiento de las columnas en %, C/Co relación entre concentración de COT en un tiempo dado vs la concentración inicial de COT.

De la tabla 2 y de la figura 7 se infiere lo siguiente después del funcionamiento de 24 horas que corresponden a escala normal 8 días:

- La remoción de la materia orgánica con carbón activado es de alrededor del 37%
- La remoción de la materia orgánica con zeolita natural es de alrededor del 32%
- La remoción de la materia orgánica con zeolita activada es de alrededor del 20%

TIEMPO DE RUPTURA

El tiempo de ruptura en la columna a escala previsto fue de 24 horas ya que se observa un incremento rápido de la presión de trabajo, esto es indicativo de la colmatación de la columna.

CONCLUSIONES

1. El análisis de la concentración de carbón orgánico total en el agua potable en la que se redujo las trazas de materia orgánica mostró que en el tratamiento por medio de la adsorción de zeolita natural y zeolita activada no es significativamente más eficiente que la adsorción del carbón activado.
2. El tiempo de ruptura de las columnas a escala real depende de la calidad del agua potable a purificar y en este caso fue igual o mayor a

240 horas en ambos casos.

V. RECOMENDACIÓN

De acuerdo a otros autores que han trabajado con columnas de adsorción, estas recomiendan para un diseño específico de adsorción de un determinado parámetro en el agua potable y que se realice una planta piloto o modulo que opere y se mantenga durante un año en funcionamiento debido a que la base para realizar este estudio se realiza sobre la hipótesis de Crittenden en que las condiciones de difusividad constante existen dentro de la columna de GAC no se aplica a todas las aguas o todos los compuestos de interés. Por ejemplo, este supuesto no se aplica para la decoloración del agua y la adsorción de grandes moléculas, tales como: ácidos húmicos y fúlvicos que son los que le dan mal sabor al agua potable. Se recomienda que al menos una columna RSSCT piloto o modulo de comparación se realice para ayudar en la selección de las variables de diseño RSSCT para una determinada agua de la matriz.

VI. REFERENCIAS

AGUAPEN EP. (2013). INFORME MENSUAL. Santa Elena: Aguapen EP.

- Asamblea Nacional. (2008). Constitución de la República del Ecuador. Alfaro: Ediciones legales.
- ASTM D 3860. (1989). Determinación de la capacidad adsorptiva del carbón activado por fase acuosa con azul de metileno. West Conshohocken: ASTM INTERNATIONAL.
- ASTM D1193. (2011). Agua de calidad de reactivo. West Conshohocken: ASTM INTERNATIONAL. Obtenido de astm.org
- ASTM D4607. (1987). Área superficial del carbón activado en la adsorción de compuestos en solución. West Conshohocken: ASTM INTERNATIONAL.
- ASTM D6586. (2000). Standard Practice for the Prediction of Contaminant Adsorption On GAC In Aqueous Systems Using Rapid Small-Scale Column Tests. West Conshohocken: ASTM INTERNATIONAL. Obtenido de www.astm.org
- BBC. (7 de 2 de 2018). *bbc*. Obtenido de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-42975307>
- El Universo. (28 de 02 de 2018). Quejas por mal olor y sabor del agua potable peninsular.
- Evangelista, e. a. (2019). TRATAMIENTO QUIMICO DE CLINOPTILOLITA NATURAL PARA LA ADSORCION DE GASES CONTAMINANTES DE BAJO PESO MOLECULAR. Obtenido de ResearchGate: https://www.researchgate.net/publication/228790466_TRATAMIENTO_QUIMICO_DE_CLINOPTILOLITA_NATURAL_PARA_LA_ADSORCION_DE_GASES_CONTAMINANTES_DE_BAJO_PESO_MOLECULAR
- HACH. (9 de 01 de 2019). IMPORTANCIA DE LA MEDICIÓN DE CARBONO ORGÁNICO TOTAL. Obtenido de file:///C:/Users/Priscila/Downloads/Documents/DOC040.61.10062.Jun15_ES.pdf
- INEN 1108. (2014). AGUA POTABLE REQUISITOS. QUITO: INEN.
- INEN 2169. (1998). Agua, calidad del agua, muestreo. Quito: INEN .
- INEN 2176. (1998). INEN 2176 AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. TÉCNICAS DE MUESTREO. Quito-Ecuador: INEN.
- Morante, F. (2004). Las zeolitas de la costa de Ecuador (Guayaquil) : geología, caracterización y aplicaciones. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Naciones Unidas. (Marzo de 2011). Oficina del Alto Comisionado de los Derechos Humanos de las Naciones Unidas. Obtenido de <https://www.ohchr.org/Documents/Publications/FactSheet35sp.pdf>
- Oxenford, J. (1996). Disinfection by-products: current practices and future. *SciELO*, 1(1), 3-16.
- Parra Moràn, C. (2011). Cementos alcalinamente activados a bases de zeolita naturales. Guayaquil: Espol.
- Sarah E. Kemp, T. H. (2009). *Sensory Evaluation: A Practical Handbook*. Wiley-Blackwell.
- SEMPLADES. (2018). PLAN DEL BUEN VIVIR 2017-2021. QUITO: SEMPLADES.
- SENAGUA. (10 de 01 de 2012). SENAGUA. Obtenido de <https://www.agua.gob.ec/organigrama-de-la-secretaria-nacional-del-agua/>
- SM 5310. (2000). Total organic carbon (TOC). Washington D,C,: APHA.
- Suárez, e. (2008). Thermal activation of the mordenite from Los Murcianos deposit (Almería). *Geo-Temas* 10, 1175-1178.
- Velasco A., F. (2015). *Analizadores de proceso en línea: Introducción a sus técnicas analíticas*. España: Ediciones Diaz de Santos.

Aceptación de los estudiantes universitarios en el uso de los sistemas e-learning Moodle desde la perspectiva del modelo TAM

Fernando, Terán-Guerrero^{1*}

Resumen

El propósito de este artículo es presentar un estudio donde se consideraron los incentivos que tienen los estudiantes universitarios en el uso real de sistemas e-learning para promover el aprendizaje auto dirigido y colaborativo en el contexto de sus cursos universitarios. Además, se propone un esquema teórico de investigación en base al modelo TAM. Se construyó un cuestionario en línea, que se distribuyó por correo electrónico a todos los alumnos de la carrera de Finanzas y Auditoría de la Universidad de las Fuerzas Armadas. En total 128 estudiantes universitarios respondieron. Se realizó un análisis exploratorio y confirmatorio utilizando Mínimos Cuadrados Parciales (PLS) para validar el modelo de investigación. Se establecieron las relaciones existentes entre la experiencia, normas subjetivas, entretenimiento percibido, ansiedad por la computadora, auto eficiencia computacional, la utilidad percibida y la facilidad de uso percibida, la actitud de aprendizaje y el uso real de los sistemas e-learning. Como resultado en el modelo propuesto se obtuvo una varianza explicada del 49,7% en el uso de dicho sistema. También se encontró que la mayoría de los estudiantes se interesaron en aprender con la plataforma Moodle y lo consideraron como una herramienta de aprendizaje útil.

Palabras Clave: TAM, e-learning, PLS, estudiantes, Adopción de tecnología, educación.

Acceptance of university students in the use of Moodle e-learning systems from the perspective of the TAM model

Abstract

The purpose of this article is to present a study that considered the factors that university students have in the real use of e-learning systems to promote self-directed and collaborative learning in the context of their university courses. In addition, a theoretical research scheme based on the TAM model was proposed and an online questionnaire was constructed, which was distributed by e-mail to all students of the Finance and Audit career at the University of the Armed Forces. In total, 128 university students responded. An exploratory and confirmatory analysis was carried out using Partial Least Squares (PLS) to validate the research model. The relationships between experience, subjective norms, perceived entertainment, computer anxiety, computational self-efficiency, perceived usefulness and perceived ease of use, the learning attitude and the actual use of e-learning systems were made. As a result of the proposed model, an explained variance of 49.7% was obtained in the use of this system and it was found that most of the students were interested in learning with the Moodle platform and considered it a useful learning tool.

Keywords: TAM, e-learning, PLS, students, Technology adoption, education.

Recibido: 07 de Diciembre de 2018

Aceptado: 24 de Enero de 2019

¹ MSc. en Finanzas Empresariales e Ingeniero en sistemas; Universidad Técnica de Ambato; nandot28@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-6454-482X>

I. INTRODUCCIÓN

Es fundamental la presencia de la tecnología e innovación, que necesariamente deben estar alineadas a nuevos escenarios educativos, exigiendo que las instituciones universitarias concentren esfuerzos y recursos en sus procesos de enseñanza, por los medios didácticos, pedagógicos y de comunicación interactiva que ofrecen a los alumnos (Guerrero, 2015).

La formación a todos los niveles educativos, tomando énfasis la educación universitaria, está constituida por los grandes avances en el campo de la tecnología educativa, comunicaciones móviles, donde estas instituciones deben revisar su estructura administrativa, docente e investigativa (Hanna, 2002).

La educación de calidad debe estar a la par con la innovación, donde es fundamental el uso de principios que transfieren los esfuerzos de un sistema universitario que se privilegiará. Por eso es importante la aplicación de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) considerando los siguientes elementos: a) Entornos colaborativos, b) Sistemas e-learning, c) Enseñanza personalizada, d) Interactividad de las herramientas tecnológicas, e) Comunicación sin distancia, f) Computación móvil, y g) Formación continua (Ahumada, 2012).

Es importante mencionar que dentro de las TICs existen diversas y funcionales herramientas tecnológicas que apoyan, pero que reemplazan a la educación, como las tablets, smartphones, aplicaciones cloud-computing, aulas virtuales con software colaborativo y cooperativo, robótica, sitios web con tecnologías 3d, entre otras.

Analizando el proceso de integración de la tecnología dentro del sistema educativo se pueden revelar tres actores primordiales cuya colaboración coyuntural afiance el éxito de una educación de calidad: la gestión universitaria, los alumnos, y los profesores universitarios (Chen et al., 2009).

El objetivo en este sentido es promover y fomentar la aceptación de las nuevas tecnologías a través de formas dinámicas de aprendizaje que afectan positivamente los procesos de educación

hacia los alumnos (Iglesias et al., 2014; Iglesias y García, 2016).

Los sistemas e-learning permiten dar soporte a las clases sin restricciones asociadas al tiempo y zona demográfica, y que apoyan a una interactividad entre los estudiantes y los instructores (Adam et al., 2013).

Esta investigación se enfoca en evaluar la aceptación de un sistema e-learning Moodle, con la finalidad de contribuir a una mejor educación dentro de las instituciones universitarias rompiendo el paradigma de las brechas digitales.

El e-learning se ha vuelto gradualmente más trascendental para las universidades y posiblemente se haya convertido en uno de los desarrollos más importantes en las TIC (Al-Gahtani, 2016).

El más utilizado en la actualidad es el modelo de aceptación de tecnología (TAM) para medir la adopción de una nueva tecnología propuesto originalmente por Davis (1986, 1989, 1993), existen decenas de estudios empíricos validados con el TAM. La notoriedad del modelo TAM y sus variantes, se puede ver en el número de estudios que aplican, amplían y valoran el entorno para analizar los constructos que afectan la adopción de la tecnología por parte de los involucrados dentro de la literatura sobre tecnología educativa (Abdullah y Ward, 2016).

II. DESARROLLO

1. Modelo teórico TAM

La generación de conocimientos y capacidades, el procesamiento de la información y creencias se enfatizan en las teorías cognitivas (Schunk, 2008). Lo que se entiende que las teorías cognitivas enfatizan diversos elementos como: los ideologías, creencias, cualidades y valores de los estudiantes y que para nuestra investigación son las variables externas de nuestro modelo TAM (Davis, 1993).

Por eso, es importante analizar si los alumnos aceptan una nueva tecnología. Si reúnen y esquematizan esta información esencial en su entorno para mejorar su capacidad de aprendizaje. En el efecto de este proceso se establece una sucesión de afirmaciones sobre el uso de una nueva tecnología,

que determina que los usuarios la acepten o la rechacen; es decir, las afirmaciones son el motor de la decisión de adoptar una nueva tecnología.

Se resaltan los grandes aportes de Davis (1993), en el desarrollo del modelo TAM donde propone la medición de la aceptación de una nueva tecnología. Este modelo se elabora partiendo de los supuestos por Davis (1989), de la Teoría de la Acción Razonada (TRA) de los autores Fishbein y Ajzen (1975) y la Teoría del Comportamiento Planeado (TPB) del investigador Ajzen (1985), dos teorías originarias del ámbito de la psicología cognitiva, que indagan el proceso que lleva a un individuo a adoptar una conducta concluyente (Sánchez-Prieto et al., 2015).

Para la construcción del modelo, se han estudiado y analizado otras soluciones ya existentes,

extrayendo algunos constructos que se consideraron importantes para el contexto en el que el modelo planteado se enfoca. La revisión del modelo TAM, hizo posible verificar la capacidad explicativa del estudio inicial de Davis (1986, 1989, 1993), ya que se hallaron relaciones explicativas entre los constructos PU, PEOU, y BI en el uso de sistemas e-learning (Valencia et al., 2014).

El modelo TAM integra en tres ejes elementales: la Utilidad Percibida (PU) de la tecnología (UP), la Facilidad de Uso Percibida (P) y las Actitudes (ATT) sobre la tecnología (Venkatesh et al., 2003). Las variables externas revisadas de forma sistemática que se adapten a predecir el sistema de e-learning con el software Moodle, dirigido hacia los alumnos, a utilizar en este nuevo modelo son como se muestra en la Figura 1 de manera esquematizada.

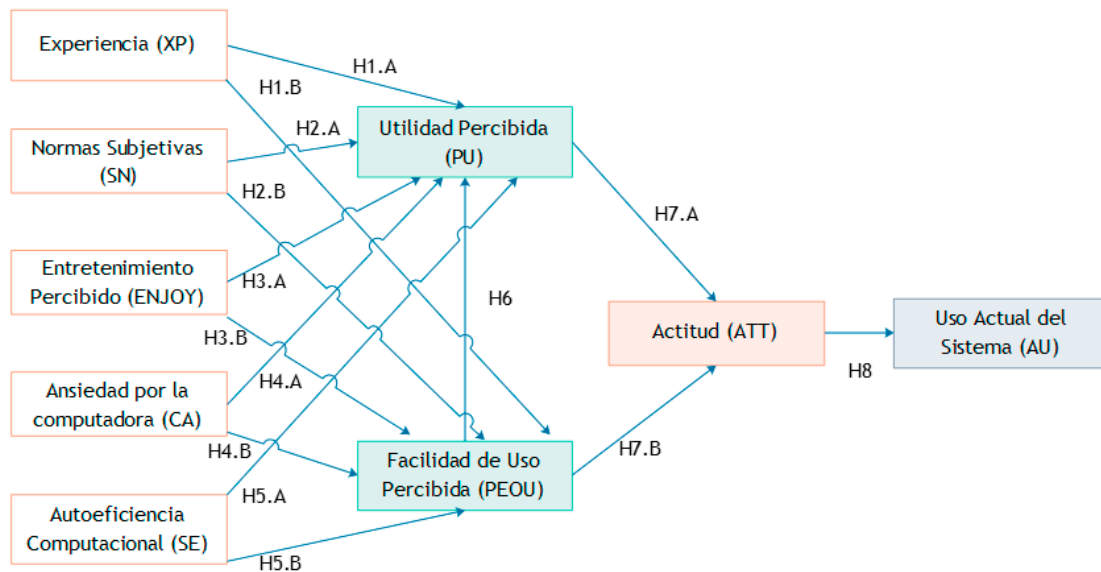


Figura 1: Esquema del modelo de investigación
Fuente: Tomado de Davis (1993)

Comenzando con las hipótesis planteadas por (Davis, 1986, 1989, 1993) y al analizar el avance del modelo TAM en la literatura especializada en la aceptación de los sistemas e-learning con estudios enfocados hacia los estudiantes (Legris et al., 2003; Cheung y Vogel, 2013; Kripanont, 2006; Malapile y Keengwe, 2013; Sriram, 2014; Paluri, 2015; Al-Gahtani, 2016; Dumpit y Fernandez, 2017; Nikou y Economides, 2017; Ramirez Anormaliza et al., 2017),

se eligieron diversos factores adecuados a nuestra investigación, se tienen las siguientes hipótesis:

H1. A: La Experiencia (XP) está directamente relacionada con la Utilidad Percibida (PU) de los sistemas e-learning de los estudiantes de la carrera de Finanzas y Auditoría en la realización de sus actividades de aprendizaje.

H1. B: *La Experiencia (XP)* está directamente relacionada con la *Facilidad de Uso Percibida (PEOU)* de los sistemas e-learning de los estudiantes de la carrera de Finanzas y Auditoria en la realización de sus actividades de aprendizaje.

Las personas con mayor experiencia relacionada con la computación, como las que usan computadoras, internet, correo electrónico guardan y ubican archivos, tienen más probabilidades de tener relaciones positivas hacia la PU y la PEOU (Lee et al., 2013; Purnomo y Lee, 2013).

H2. A: *Las Normas Subjetivas (SN)* están directamente relacionadas con la *Utilidad Percibida (PU)* de los sistemas e-learning de los estudiantes de la carrera de Finanzas y Auditoria en la realización de sus actividades de aprendizaje.

H2. B: *Las Normas Subjetivas (SN)* están directamente relacionadas con la *Facilidad de Uso Percibida (PEOU)* de los sistemas e-learning de los estudiantes de la carrera de Finanzas y Auditoria en la realización de sus actividades de aprendizaje.

Las SN son el grado en que un individuo percibe, que la mayoría de las personas que son importantes para él piensan que debe o no debe usar el sistema (Fishbein y Ajzen, 1975; Venkatesh, 2000).

H3. A: *El Entrenamiento Percibido (ENJOY)* está directamente relacionada con la *Utilidad Percibida (PU)* de los sistemas e-learning de los estudiantes de la carrera de Finanzas y Auditoria en la realización de sus actividades de aprendizaje.

H3. B: *El Entrenamiento Percibido (ENJOY)* está directamente relacionada con la *Facilidad de Uso Percibida (PEOU)* de los sistemas e-learning de los estudiantes de la carrera de Finanzas y Auditoria en la realización de sus actividades de aprendizaje.

El ENJOY sería la diversión que la computadora representa, en una motivación intrínseca asociada con el uso de cualquier nueva tecnología (Webster y Martocchio, 1992; Venkatesh y Bala, 2008).

H4. A: *La Ansiedad por la Computadora (CA)* está directamente relacionada con la *Utilidad*

Percibida (PU) de los sistemas e-learning de los estudiantes de la carrera de Finanzas y Auditoria en la realización de sus actividades de aprendizaje.

H4. B: *La Ansiedad por la Computadora (CA)* está directamente relacionada con la *Facilidad de Uso Percibida (PEOU)* de los sistemas e-learning de los estudiantes de la carrera de Finanzas y Auditoria en la realización de sus actividades de aprendizaje.

La Ansiedad por la Computadora (CA) es el grado tensión de un individuo cuando se enfrenta a la posibilidad de usar las computadoras (Venkatesh, 2000).

H5. A: *La Auto eficiencia Computacional (SE)* está directamente relacionada con la *Utilidad Percibida (PU)* de los sistemas e-learning de los estudiantes de la carrera de Finanzas y Auditoria en la realización de sus actividades de aprendizaje.

H5. B: *La Auto eficiencia Computacional (SE)* está directamente relacionada con la *Facilidad de Uso Percibida (PEOU)* de los sistemas e-learning de los estudiantes de la carrera de Finanzas y Auditoria en la realización de sus actividades de aprendizaje.

Se refiere a la confianza o creencias que una persona tiene sobre su capacidad para realizar con éxito una tarea de forma individual que implica el uso de las TIC (Compeau y Higgins, 1995; Peinado y Olmedo, 2013).

H6: *La Facilidad de Uso Percibida (PEOU)* está directamente relacionada con la *Utilidad Percibida (PU)* de los sistemas e-learning de los estudiantes de la carrera de Finanzas y Auditoria en la realización de sus actividades de aprendizaje.

La PEOU es el grado en que una persona cree que usar una TIC estará libre de esfuerzos (Davis et al., 1989; Mitchell et al., 2005).

H7. A: *La Utilidad Percibida (PU)* está directamente relacionada con la *Actitud (ATT)* de los sistemas e-learning de los estudiantes de la carrera de Finanzas y Auditoria en la realización de sus actividades de aprendizaje.

La PU describe el nivel en que un sujeto cree que, usando un sistema en específico, mejorará su desempeño laboral (Davis, 1989; Davis et al., 1989; Yong Varela, 2004; Yong Varela et al., 2010).

H7. B: *La Facilidad de Uso Percibida (PEOU)* está directamente relacionada con la *Actitud (ATT)* de los sistemas e-learning de los estudiantes de la carrera de Finanzas y Auditoría en la realización de sus actividades de aprendizaje.

La ATT es la evaluación de un individuo para realizar un determinado comportamiento (Ajzen, 2005).

H8: *La Actitud (ATT)* está directamente relacionada con el *Uso Actual del Sistema (AU)* de los sistemas e-learning de los estudiantes de la carrera de Finanzas y Auditoría en la realización de sus actividades de aprendizaje.

El AU es el nivel de uso real de un sistema o nueva tecnología (Davis, 1989). Para la Uso Actual del Sistema (AU) se elaboraron tres ítems basados en los propuestos en el TAM 3 (Venkatesh y Bala, 2008).

2. Metodología

Partiendo de esas premisas, en esta investigación se seleccionó a los estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE) y pertenecientes a la carrera de Finanzas y Auditoría, para validar la aceptación de la plataforma Moodle en sus actividades de aprendizaje, como soporte y/o apoyo en su

educación. En tal razón, es importante comprender el uso correcto de los sistemas e-learning en ambientes TIC dentro de las universidades ecuatorianas.

La población objeto de estudio está compuesta por la totalidad de alumnos matriculados en la carrera de Finanzas y Auditoría en la matriz (Sangolqui) de la Universidad de las Fuerzas Armadas con (N=230) y se les envió a través de sus correos electrónicos, utilizando Google Forms, alcanzando un tamaño de muestra de 128 casos válidos.

Las escalas de medida aplicadas han sido ampliamente validadas en investigaciones anteriores. Se utilizaron las escalas propuestas por Davis (1993), Venkatesh y Bala (2008) fueron acondicionadas para medir los diversos constructos del modelo TAM.

La escala usada para validar el instrumento proviene de Kwon y Wen (2010). Todos los ítems fueron puntuados en una escala Likert de 5 puntos (1 = totalmente en desacuerdo; 5 = totalmente de acuerdo). El instrumento de investigación está conformado por dos elementos; en el primero se recogen los datos de identificación de los estudiantes (género, edad, tiempo de estudio en la universidad y tiempo de horas en Internet diario) y el segundo se utilizó 30 ítems (variables).

3. Resultados

El estudio se llevó a cabo entre julio y agosto de 2018, y el análisis descriptivo puede ser observada en la Tabla 1.

Tabla 1: Datos demográficos de los estudiantes de la universidad

Información de estudiantes		Frecuencia (%)
Género	Masculino	87 (68,2%)
	Femenino	41 (31,8%)
Edad	Menor de 20 años	33 (25,8%)
	Entre 20 – 25 años	80 (62,5%)
	Entre 26 – 30 años	14 (10,9%)
	Mayor a 30 años	1 (0,8%)
Tiempo de estudio en la universidad	Menos de 1 año	3 (2,3%)
	De 1 a 3 años	108 (84,4%)
	De 3 a 5 años	16 (12,5%)
	Más de 5 años	1 (0,8%)

Continuación Tabla 1.

Tiempo de horas en Internet diario	Menos de 1 hora	3 (2,3%)
	De 1 a 3 horas	3 (2,3%)
	De 3 a 5 horas	49 (38,3%)
	Más de 5 horas	36 (28,1%)

Se plantearon las hipótesis de investigación del modelo TAM, que fueron validadas mediante un análisis empírico, utilizando técnicas estadísticas de análisis de Mínimos Cuadrados Parciales (Partial Least Squares, PLS) con el Modelo de Ecuaciones Estructurales (Structural Equation Modeling, SEM) de Garson (2016), con lo que podrá explicar mejor los ítems (preguntas) y constructos como factores clave de éxito, que determinan la aceptación de las aulas virtuales en las universidades.

En esta investigación se aplicó el software Smart PLS creado por Ringle et al. (2016), que sirve para validar las hipótesis con un análisis de fiabilidad y validez de los constructos, así como su modelo estructural.

Primero se realizó la evaluación global del modelo para los alumnos de la carrera de Finanzas y Auditoría, el SRMR (Standardized Root Mean Square). Este criterio representa la raíz de la discrepancia cuadrada entre la

matriz de correlaciones observada y el modelo implícito, es decir, la distancia euclidiana entre dos matrices (Henseler et al., 2016). Suponiendo un valor de corte de 0,08, según lo propuesto por Hu y Bentler (1999), el modelo presentado en este estudio muestra un ajuste aceptable (SRMR = 0,066).

El informe con el software Smart PLS reveló un valor theta RMS de 0,167 lo que indica el ajuste del modelo, mientras que los valores superiores a 0,12 podrían sugerir una falta de ajuste (Henseler et al., 2015). Es recomendable que la medida esté cerca de cero para implicar correlaciones menores.

Con respecto a la medida NFI (The Normed Fit Index) lo recomendado debe ser valores igual o mayor que 0,90 (Carroll et al., 2002), como se describe en la Tabla 2.

Tabla 2. Valores del ajuste global del modelo analizado

Medida de ajuste	Valores	Recomendado
SRMR	0,066	< 0,08
RMS Theta	0,167	< 0,12
NFI	0,723	> 0,90

Luego se aplicó el análisis de fiabilidad y validez de los constructos que todos los coeficientes superan el umbral recomendado por Nunnally (1978), la fiabilidad de las escalas con el indicador Alfa de Cronbach, obteniendo todos los valores superiores al valor de referencia 0,7 excepto la Experiencia (XP).

Con respecto a la fiabilidad compuesta, Nunnally (1978) recomienda un indicador mínimo de 0,7 que cumplen todos los constructos menos la Experiencia (XP) y para las varianzas extraídas de 0,5, como recomiendan Bagozzi y Yi (1988). Todos están encima de lo recomendado excepto la Experiencia (XP), como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Análisis de fiabilidad y validez de los constructos

Constructos	Alfa de Cronbach (α)	Correlaciones de Spearman ρ (rho)	Fiabilidad compuesta (ρ_c)	Varianza extraída (AVE)
Experiencia (XP)	0,612	0,631	0,691	0,429
Normas Subjetivas (SN)	0,706	0,722	0,831	0,621
Entretimiento Percibido (ENJOY)	0,828	0,829	0,898	0,745
Ansiedad por la computadora (CA)	0,734	0,763	0,849	0,654
Auto eficiencia Computacional (SE)	0,743	0,789	0,850	0,656
Utilidad Percibida (PU)	0,886	0,891	0,930	0,816
Facilidad de Uso Percibida (PEOU)	0,896	0,899	0,935	0,828
Actitud (ATT)	0,853	0,856	0,911	0,773
Uso Actual del Sistema (AU)	0,832	0,834	0,899	0,749

En este caso la fiabilidad compuesta (ρ_c), se obtuvieron puntuaciones superiores a 0,70, el valor recomendado, en todos los constructos, salvo en el de la experiencia, que, aunque presenta una puntuación inferior, tiene un valor por encima del 0,65, por lo que no consideramos necesario eliminarla del modelo.

La validez por varianza extraída (AVE) confirma que

se obtienen puntuaciones por encima de 0,50 en cada constructo, como es el caso en esta propuesta, excepto la Experiencia (XP), pero no es necesario eliminarla.

A continuación se aplica el análisis factorial confirmatorio (CFA) de los ítems de cada constructo como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Cargas factoriales individuales

Constructos	Media	Desviación Estándar	Carga Factorial Individual
<i>Experiencia (XP)</i>			
c11	3,77	0,53	0,542
c12	3,82	0,67	0,649
c13	3,91	0,75	0,830
<i>Normas Subjetivas (SN)</i>			
c21	3,84	0,85	0,860
c22	3,77	0,80	0,727
c23	3,86	0,82	0,772
<i>Entretimiento Percibido (ENJOY)</i>			
c31	3,70	1,04	0,825
c32	3,77	0,98	0,879
c33	3,88	0,88	0,884
<i>Ansiedad por la computadora (CA)</i>			
c41	3,90	1,12	0,858
c42	3,66	1,06	0,696
c43	3,84	0,97	0,861

Continuación Tabla 4.

<i>Auto eficiencia Computacional (SE)</i>			
c51	3,91	0,97	0,850
c52	3,38	0,88	0,703
c53	3,88	0,90	0,867
<i>Utilidad Percibida (PU)</i>			
c61	4,01	1,06	0,894
c62	4,09	0,96	0,950
c63	4,18	0,91	0,864
<i>Facilidad de Uso Percibida (PEOU)</i>			
c71	3,88	1,05	0,888
c72	3,90	1,10	0,943
c73	4,02	1,03	0,898
<i>Actitud (ATT)</i>			
c81	3,80	1,10	0,863
c82	4,09	0,99	0,902
c83	3,98	1,03	0,872
<i>Uso Actual del Sistema (AU)</i>			
c91	4,18	1,00	0,878
c92	4,00	0,96	0,888
c93	4,23	0,99	0,829

Para confirmar la validez factorial de cada ítem en los constructos, se recomienda una puntuación absoluta superior a 0,70, siendo aceptable una puntuación absoluta por encima de 0,50 y entendiéndose como una carga factorial las puntuaciones absolutas por encima de 0,30, por debajo de esta cifra se interpreta que no tienen un peso significativo y pueden ser eliminadas.

Como se puede comprobar en la tabla, los ítems planteados presentan las puntuaciones más altas en los constructos para las que fueron planteados, con puntuaciones en la mayoría de los casos por encima del límite de 0,70.

Para evaluar la validez discriminante cuando la varianza entre los constructos del modelo es menor que la varianza que cada constructo comparte con sus indicadores (Fornell et al., 1982).

Se comprobó con éxito que la validez discriminante de las variables latentes analizando si la raíz cuadrada de la varianza media extraída (AVE) de cada constructo es mayor que las correlaciones con el resto de las variables latentes. Todos los resultados obtenidos señalan la idoneidad de las escalas de medida aplicadas, como se describe en la Tabla 5.

Tabla 4. Validez discriminante

	ATT	AU	CA	ENJOY	PEOU	PU	SE	SN	XP
ATT	0,879								
AU	0,705	0,865							
CA	0,516	0,506	0,809						
ENJOY	0,571	0,489	0,457	0,863					
PEOU	0,760	0,735	0,453	0,436	0,910				
PU	0,773	0,745	0,486	0,586	0,707	0,903			
SE	0,642	0,618	0,610	0,579	0,576	0,675	0,811		
SN	0,519	0,342	0,571	0,555	0,365	0,415	0,550	0,788	
XP	0,377	0,167	0,253	0,232	0,341	0,361	0,293	0,205	0,640

Una vez que se examinaron la fiabilidad y la validez del modelo propuesto, constan varios pasos deben tomarse para validar las relaciones hipotéticas dentro del modelo estructural (Hair et al., 2014).

Por lo tanto, se empezará con el nivel de significancia de las relaciones en el modelo estructural fue evaluada mediante SmartPLS (Ringle et al., 2016). Para nuestro modelo se aplicó el método de remuestreo no paramétrico con (1000 sub muestras)

bootstrapp desarrollado por Badley Efron (Gómez Cruz, 2011).

La evaluación del signo algebraico, magnitud y significación estadística de los coeficientes path se puede ver en la Tabla 6. El modelo estructural resultante de los análisis aparece resumido en la Figura 2, en que se recoge las estimativas de cada relación planteada en las hipótesis y la significación estadística de las cargas estructurales del modelo.

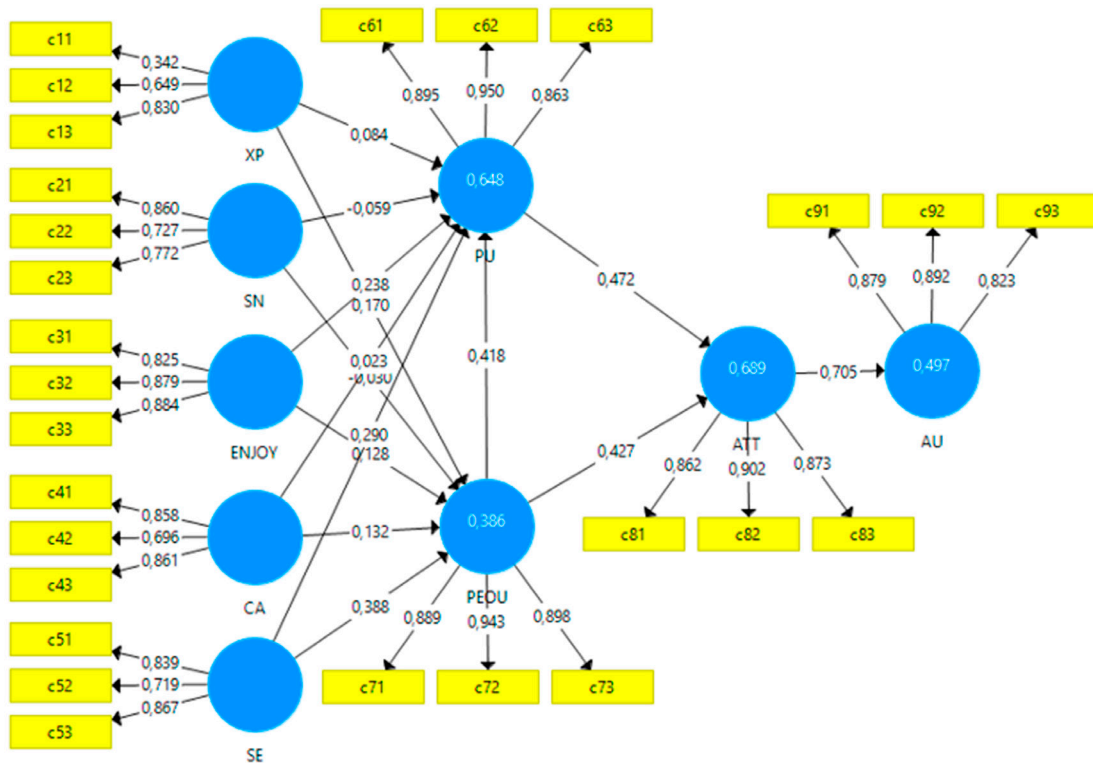


Figura 2. Resultado del modelo propuesto TAM.

Los resultados proporcionan soporte para las relaciones propuestas a lo largo de las rutas especificadas. Los resultados mostrados en la Figura 1 se indica que el modelo de investigación

explica el 49,7 por ciento ($R^2 = 0,497$) explica la varianza entre la ATT y la AU, se explica el 68,9 por ciento ($R^2 = 0,689$) explica la varianza entre la PEOU, PU y la ATT,

Tabla 6. Contraste de hipótesis

Hipótesis	Relación	Coefficientes path estimados (β)	Estadísticos t	P valores	Decisión
H1.A	XP -> PU	0,084	1,322	0,093	Rechazada
H1.B	XP -> PEOU	0,170	2,687	0,004**	Aceptada
H2.A	SN -> PU	-0,059	0,848	0,198	Rechazada
H2.B	SN -> PEOU	-0,030	0,369	0,356	Rechazada
H3.A	ENJOY -> PU	0,238	2,496	0,006**	Aceptada
H3.B	ENJOY -> PEOU	0,128	1,296	0,098	Rechazada
H4.A	CA -> PU	0,023	0,286	0,387	Rechazada
H4.B	CA -> PEOU	0,132	1,631	0,052	Rechazada
H5.A	SE -> PU	0,290	2,427	0,008**	Aceptada
H5.B	SE -> PEOU	0,388	3,468	0,000***	Aceptada
H6	PEOU -> PU	0,418	3,767	0,000***	Aceptada
H7.A	PU -> ATT	0,472	4,905	0,000***	Aceptada
H7.B	PEOU -> ATT	0,427	4,557	0,000***	Aceptada
H8	ATT -> AU	0,705	16,349	0,000***	Aceptada

Nota: * $p < 0,05$. ** $p < 0,01$. *** $p < 0,001$. ns. No significativo, basado en t (999), test de una-cola.

4. Discusión

El análisis empírico realizado en esta investigación, demuestra información relevante para avanzar en la discusión planteada; el objetivo de este artículo es analizar el uso real de los sistemas e-learning por parte de los estudiantes universitarios dentro del marco de los modelos TAM.

Se aceptaron aquellos coeficientes path estimados (β), y por extensión las hipótesis que tengan un nivel de significancia según una distribución t de Student de una cola con n-1 grados de libertad (Roldán y Sánchez-Franco, 2012). Estos valores, según (Chin, 1998) deben estar entre los valores de 0,2 e idealmente superar el valor 0,3, por tanto, si $\beta < 0,2$ no hay causalidad por lo que la hipótesis se rechaza y también coinciden con la prueba de t de Student.

Teniendo en cuenta los ocho constructos elegidos para esta investigación, en referencia a las pruebas de hipótesis, se encontró que las Normas Subjetivas (SN), no era concluyente en el

modelo relacionado con la Utilidad Percibida (PU) y la Facilidad de Uso Percibida (PEOU), también el Entretenimiento Percibido (ENJOY) no estaba relacionada con la Facilidad de Uso Percibida (PEOU), la Experiencia (XP) no influye en el constructo Utilidad Percibida (PU), y la Ansiedad por la computadora (CA) no era determinante con los constructos Utilidad Percibida (PU) y Facilidad de Uso Percibida (PEOU).

Los resultados alcanzados en esta investigación ponen de manifiesto cómo el modelo TAM es una herramienta útil para conocer el uso real de las aulas virtuales que tienen los alumnos universitarios, tal y como se demuestra en la validez y fiabilidad de las escalas, en la significación de las relaciones entre los constructos, en la varianza explicada por parte de las variables endógenas. En definitiva, los resultados obtenidos son sumamente significativos.

Se obtuvo un $R^2 = 0,497$ en el uso real en nuestro modelo lo que es muy aceptable con respecto a otras investigaciones del estudio de la adopción de los sistemas e-learning en los estudiantes, están

alrededor de un coeficiente de determinación de $R^2 = 0,50$ (Sánchez-Franco et al., 2007; Arteaga y Duarte, 2010; Peral et al., 2014; Mohammadi, 2015).

III. CONCLUSIONES

Con esta investigación, desarrollada a partir de los alumnos de la Universidad de las Fuerzas Armadas de la carrera de Finanzas y Auditoría, de la que se buscaba analizar cuál era la Intención de Uso del sistema e-learning entre los estudiantes universitarios, teniendo como base teórica el modelo TAM.

Los efectos alcanzados podrán ser manejados para fortalecer aquellos constructos que beneficien la aceptación de las tecnologías, con el objetivo de reducir los tiempos de adopción y minimizar los riesgos de la implementación de una nueva tecnología, por falta de aplicabilidad de los mismos.

Los resultados que se presentaron pueden servir de base para que las demás universidades determinen cuáles son los constructos (factores) que pueden predecir mejor la aceptación de nuevos sistemas basados en e-learning en su ámbito de aplicación; de esta manera, tendrán la oportunidad de desarrollar estrategias para favorecer el efecto de aquellos factores que mejor predicen el uso de las herramientas para que la adopción exitosa de las mismas se lleve a cabo en el menor tiempo posible

Se puede concluir, por tanto, que los resultados conseguidos aseguran que las universidades no sólo deben estar enfocados en la implementación de las TIC en lo que se refiere a los sistemas e-learning, sino que también deben afrontar visiblemente las discordancias individuales entre los estudiantes universitarios que utilizan dichas herramientas tecnológicas, para así generar valor que ofrezca nuevas oportunidades que ofrece a futuro.

En este sentido, es necesario profundizar en el estudio de nuevos constructos que permitan incrementar los niveles de la varianza explicada (R^2), así como proponer escalas de actitud no

unidimensionales; y además relacionado con el aumento del número de variables a analizar.

IV. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdullah, F., y Ward, R. (2016). Developing a General Extended Technology Acceptance Model for E-Learning (GETAMEL) by analysing commonly used external factors. *Computers in Human Behavior*, 56, 238–256. doi.org/10.1016/j.chb.2015.11.036.
- Adam, M., Vallés, R., y Rodríguez, G. (2013). E-learning: Características y evaluación. *Ensayos de Economía*, 43, 143-159. Recuperado de <http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/27314/42932-198754-1PB.pdf?sequence=1>
- Ahumada, M. (2012). Innovando la docencia y la evaluación: las herramientas 2.0 al aula. *Actual. Pedagog*, 60(2), 15-28.
- Ajzen, I. (1985). From intentions to actions: A theory of planned behavior. En J. Kuhl y J. Beckmann (Eds.), (11-39). Berlin Heidelberg: Springer. doi:10.1007/978-3-642-69746-3_2
- Ajzen, I. (2005). Attitudes, personality, and behavior, 191.
- Al-Gahtani, S. (2016). Empirical investigation of e-learning acceptance and assimilation: A structural equation model. *Applied Computing and Informatics*, 12(1), 27–50. doi.org/10.1016/j.aci.2014.09.001.
- Arteaga, R., y Duarte, A. (2010). Motivational factors that influence the acceptance of Moodle using TAM. *Computers in Human Behavior*, 26(6), 1632–1640. doi.org/10.1016/j.chb.2010.06.011.
- Bagozzi, R. P., y Yi, Y., (1988). On the evaluation of structural equation models. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 16(1), 74–94.
- Carroll, J., Howard, S., Peck, J., y Murphy, J. (2002). A field study of perceptions and use of mobile

- telephones by 16 to 22 year olds. *Journal of Information Technology Theory and Application (JITTA)*, 4(2), 6.
- Chen, F. H., Looi, C. K., y Chen, W. (2009). Integrating technology in the classroom: A visual conceptualization of teachers' knowledge, goals and beliefs. *Journal of Computer Assisted Learning*, 25(5), 470-488. doi.org/10.1111/j.1365-2729.2009.00323.x.
- Cheung, R., y Vogel, D. (2013). Predicting user acceptance of collaborative technologies: An extension of the technology acceptance model for e-learning. *Computers and Education*, 63, 160-175. doi.org/10.1016/j.compedu.2012.12.003.
- Chin, W. W. (1998). The partial least squares approach for structural equation modeling. *Modern methods for business research, Methodology for business and management*. (295-336). Mahwah, NJ, US: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Compeau, D. R., y Higgins, C. A. (1995). Computer self-efficacy: development of a measure and initial test. *MIS Quart.* 19, 189-211.
- Davis, F. D. (1986). A technology acceptance model for empirically testing new end-user information systems: theory and results. PhD Thesis, Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology.
- Davis, F. D. (1989). Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance. *MIS Quarterly*, 13(3), 319- 340.
- Davis, F. D., Bagozzi, R. P., y Warshaw, R.P. (1989). User Acceptance of Computer Technology: A Comparison of Two Theoretical Models. *Management Science*, 35(8), 982-1003. doi.org/10.1287/mnsc.35.8.982.
- Davis, F. D. (1993). User acceptance of information technology: system characteristics, user perceptions and behavioral impacts. *International Journal of Man-Machine Studies*, 38(3), 475- 487. doi.org/10.1006/imms.1993.1022.
- Dumpit, D. Z., y Fernandez, C. J. (2017). Analysis of the use of social media in Higher Education Institutions (HEIs) using the Technology Acceptance Model. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 14(1), 5. doi.org/10.1186/s41239-017-0045-2.
- Fishbein, M., y Ajzen, I. (1975). *Belief, attitude, intention, and behavior: An introduction to theory and research*. Reading, Massachusetts: Addison-Wesley Pub. Co.
- Fornell, C., Tellis, G. J., y Zinkhan, G. M. (1982). Validity assessment: A structural equations approach using partial least squares. En B. J. Walker (Ed.), *An assessment of marketing thought and practice (405-409)*. Chicago: American Marketing Association.
- Garson, G. D. (2016). *Partial Least Squares: Regression & Structural Equation Models (2016th ed.)*. Asheboro- USA: Statistical Associates Publishing.
- Gómez Cruz, M. E. (2011). *Estimación de los modelos de ecuaciones Estructurales, del índice mexicano de la satisfacción del usuario de programas sociales mexicanos, con la metodología de mínimos cuadrados parciales*. Tesis de Maestría. Universidad Iberoamericana.
- Guerrero, C. (2015). UMUMOOC Una propuesta de indicadores de calidad pedagógica para la realización de cursos MOOC. *Campus Virtuales*, 4(2), 70-76. Recuperado de <http://www.revistacampusvirtuales.es>.
- Hanna, D. (2002). La enseñanza universitaria en la era digital: consecuencias globales. In D. Hanna (Ed.), *La enseñanza universitaria en la era digital*. 33-57. Barcelona: Octaedro- EUB.
- Hair, J. F., Sarstedt, M., Hopkins, L., y Kuppelwieser, V. G. (2014). Partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM): An emerging tool in business research. *European Business Review*, 26(2), 106-121.

- Henseler, J., Ringle, C. M., y Sarstedt, M. (2015). A new criterion for assessing discriminant validity in variance based structural equation modelling. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 43(1), 115-135.
- Henseler, J., Hubona, G., y Ray, P. A. (2016). Using PLS Path Modeling in New Technology Research: Updated Guidelines. *Industrial Management & Data Systems*, 116(1), 2-20. doi.org/10.1108/IMDS-09-2015-0382.
- Hu, L.-t., y Bentler, P. M. (1999). Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modeling*, 6(1), 1-55. doi.org/10.1080/10705519909540118.
- Iglesias, A., Sánchez, M., y Pedrero, C. (2014). Case study on collaborative work experiences with web 2.0 in Spanish Primary Schools with the Highest Institutional accreditation level. *Journal of Cases on Information Technology*, 16(3), 33-50. doi.org/10.4018/JCIT.2014070104.
- Iglesias, A., y García, B. (2016). Learning Goes Mobile: Devices and Apps for the Practice of Contents at Tertiary Level. In D. Fonseca and E. Redondo (Eds.), *Handbook of Research on Applied E-Learning in Engineering and Architecture Education* (472-496). Hershey, PA: Engineering Science Reference. doi.org/10.4018/978-1-4666-8803-2.ch021.
- Kwon, O., y Wen, Y. (2010). An empirical study of the factors affecting social network service use. *Computers in Human Behavior*, 26, 254-263.
- Kripanont, N. (2006). Using a Technology Acceptance Model to Investigate Academic Acceptance of the Internet. *Journal of Business Systems, Governance and Ethics*, 1(2), 13-28.
- Lee, Y., Hsieh, Y., y Chen, Y. (2013). An investigation of employees Use of e-learning systems: applying the technology acceptance model. *Behaviour and Information Technology*, 32(2), 173e189.
- Legris, P., Ingham, J., y Colletette, P. (2003). Why do people use information technology? A critical review of the technology acceptance model. *Information & Management*, 40, 191-204. doi.org/10.1016/S0378-7206(01)00143-4.
- Mitchell, T., Chen, S., y Macredie, R. (2005). Hypermedia learning and prior knowledge: domain expertise vs system expertise. *Journal of Computer Assisted Learning*, 21 (1), 53-64.
- Malapile, S., y Keengwe, J. (2013). Information communication technology planning in developing countries. *Education and Information Technologies*, 19(4), 691-701.
- Mohammadi, H. (2015). Investigating users' perspectives on e-learning: An integration of TAM and IS success model. *Computers in Human Behavior*, 45, 359-374. doi.org/10.1016/j.chb.2014.07.044.
- Nunnally, J. C. (1978). *Psychometric theory* (2nd ed.). New York, NY: McGraw-Hill.
- Paluri, R. (2015). Exploring the acceptance for e-learning using technology acceptance model among university students in india. *International Journal of Process Management and Benchmarking*, 5(2), 194-210. doi.org/10.1504/IJPMB.2015.068667.
- Peinado, S., y Olmedo, K. (2013). La Autoeficacia Computacional, el Entrenamiento, la Frecuencia, y el Lugar de Uso de Computadoras en Estudiantes Universitarios Venezolanos. *Revista Electrónica de Investigación Y Docencia (REID)*, 9, 111- 125.
- Peral, B. P., Gaitán, J. A., y Ramón-Jerónimo, M. Á. (2014). Technology Acceptance Model y mayores: ¿la educación y la actividad laboral desarrollada son variables moderadoras? *Revista Española de Investigación de Marketing ESIC*, 18(1), 43-56. doi.org/10.1016/S1138-1442(14)60005-X.
- Purnomo, S. H., y Lee, Y. (2013). E-learning adoption in the banking workplace in indonesia: an empirical study. *Information Development*, 29(2),

- 138-153. doi.org/10.1177/0266666912448258.
- Ramirez Anormaliza, R., Sabaté, F., Llinàs-Audet, X., y Lordan, O. (2017). Aceptación y uso de los sistemas e-learning por estudiantes de grado de ecuador: El caso de una universidad estatal. *Intangible Capital*, 13(3), 548–581. doi.org/10.3926/ic.820.
- Ringle, C. M., Wende, S., y Will, A. (2016). *SmartPLS 3.0*. Hamburg. Recuperado de <http://www.smartpls.de>.
- Roldán, J. L., y Sánchez-Franco, M. J. (2012). Variance-Based Structural Equation Modeling: Guidelines for Using Partial Least Squares. Research methodologies, innovations and philosophies in software systems engineering and information systems, 193-221.
- Sánchez-Franco, M. J., Rondán Cataluña, F. J., y Villarejo Ramos, Á. F. (2007). Un modelo empírico de adaptación y uso de la Web. Utilidad, facilidad de uso y flujo percibidos. *Cuadernos de Economía y Dirección de La Empresa*, 10(30), 153–179. doi.org/10.1016/S1138-5758(07)70077-4.
- Sánchez Prieto, J. C., Olmos Migueláñez, S., y García-Peñalvo, F. J. (2015). Intención de uso de tecnologías móviles entre los profesores en formación. Aplicación de un modelo de adopción tecnológica basado en TAM con los constructos compatibilidad y resistencia al cambio. *Atas do XVII Simpósio Internacional de Informática Educativa (SIIE'15)*, 260-268.
- Schunk, D. H. (2008). Metacognition, self-regulation, and self-regulated learning: Research recommendations. *Educational psychology review*, 20(4), 463-467.
- Sriram, B. (2014). Factors influencing the internet resource user's satisfaction: An analytical study on omani undergraduate learners. *Education and Information Technologies*, 18(1), 1–17
- Valencia, A., Benjumea, M. L., y Rodríguez-Lora, V. (2014). Intención de uso del e-learning en el programa de Administración Tecnológica desde la perspectiva del modelo de aceptación tecnológica. *Revista Electrónica Educare*, 18(2), 247-264. doi.org/10.15359/ree.18-2.13.
- Venkatesh, V. (2000). Determinants of perceived ease of use: Integrating control, intrinsic motivation, and emotion into the technology acceptance model. *Information Systems Research*, 11(4), 342-365.
- Venkatesh, V., Morris, M., Davis, G. B., y Davis, F. (2003). User acceptance of information technology: Toward a unified view. *MIS Quarterly*, 27 (3), 425-478.
- Venkatesh, V., y Bala, H. (2008). Technology acceptance model 3 and a research agenda on interventions. *Decision Sciences*, 39(2), 273-315. doi:10.1111/j.1540- 5915.2008.00192.x.
- Webster, J., y Martocchio, J. J. (1992). Microcomputer playfulness: development of a measure with workplace implications. *MIS Quart.* 16, 201–226.
- Yong Varela, L. A. (2004). Modelo de aceptación tecnológica (tam) para determinar los efectos de las dimensiones de cultura nacional en la aceptación de las tic. *Revista Internacional de Ciencias Sociales y Humanidades, SOCIOTAM*, 14(1), 131-171.
- Yong Varela, L. A., Rivas Tovar, L. A., y Chaparro, J. (2010). Modelo de aceptación tecnológica (TAM): un estudio de la influencia de la cultura nacional y del perfil del usuario en el uso de las TIC. *Innovar*, 20(36), 187-203.

Normas de Publicación

La **Revista Ciencia UNEMI** es una revista científica indizada y arbitrada, de publicación cuatrimestral a partir del año 2016. Dirigida a la población universitaria, que publica principalmente trabajos originales de investigación científica, ensayos y comunicaciones originales preferentemente en las áreas prioritarias de la revista. Su objetivo es divulgar las realizaciones científicas y tecnológicas de la UNEMI, así como las que se realicen en otras universidades y centros de investigación en el país y en el exterior, en las áreas relacionadas con Industrial; Tecnología, Informática y Comunicación; Administración y Gerencia; Salud Pública y Educación y Cultura.

CONDICIONES GENERALES

Las contribuciones que se publiquen en **Ciencia UNEMI** deben estar enmarcadas en los requisitos fijados en la presente Norma y aceptadas por el Comité Editorial. Todos los trabajos deben ser originales e inéditos, en idioma español o inglés, y no estar en proceso de arbitraje por otras revistas. Los derechos de publicación de los trabajos son propiedad de Ciencia UNEMI, se autoriza la reproducción total o parcial de los artículos, siempre y cuando se cumplan las condiciones siguientes: sin fines comerciales, no se realicen alteraciones de sus contenidos y se cite su información completa (nombre y apellido del autor, Ciencia UNEMI, número de volumen, número de ejemplar y URL exacto del documento citado). Los autores deberán indicar nombre y apellido, título académico, lugar de trabajo, cargo que desempeñan y dirección completa, incluyendo teléfono, fax y correo electrónico. Las opiniones de los autores son de su exclusiva responsabilidad y la revista no se solidariza con doctrinas, ideas o pensamientos expresados en ellos.

CONTRIBUCIONES

El Comité Editorial acepta tres (3) tipos de contribuciones para publicación en las distintas áreas de la Revista Ciencia UNEMI: Los Artículos Científicos, los Artículos Técnicos, y los Ensayos. Los Artículos Científicos son el resultado de trabajos de investigación, bien sea bibliográfico o experimental, en el que se han obtenido resultados, se discutieron y se llegaron a conclusiones que signifiquen un aporte innovador en Ciencia y Tecnología. Los Artículos Técnicos son el resultado de trabajos de grado o de investigación en el ámbito universitario e industrial, bien sea experimental y/o no experimental, que signifiquen un aporte tecnológico para la resolución de problemas específicos en el sector industrial. Los Ensayos son aquellas contribuciones producto de investigaciones destinadas a informar novedades y/o adelantos en las especialidades que abarca Ciencia UNEMI. Estos deben ser inéditos y no se aceptarán los que hayan sido ofrecidos a otros órganos de difusión.

PRESENTACIÓN

Todas las contribuciones deben ser enviadas en formato electrónico. La redacción del manuscrito debe realizarse en

español o inglés.

Éste debe ser redactado en tercera persona y tiempo verbal presente. El mismo debe ser escrito utilizando el procesador de texto Microsoft Office Word® tipeadas a una sola columna, a interlineado simple, con un espaciado posterior entre párrafos de 6 puntos, en papel tamaño A4 (21,0 x 29,7 cm), tipo de letra Times New Roman, tamaño 12, justificado, sin sangría y con márgenes de 2,5 cm en todos los lados: inferior, superior, izquierdo y derecho.

Las contribuciones deben tener una extensión mínima de 4 páginas y 16 como máximo. Los ensayos deben tener mínimo 30 referencias bibliográficas. Las ilustraciones, gráficos, dibujos y fotografías serán denominadas Figuras y serán presentadas en formatos jpg. Las figuras deben ser en original, elaboradas por los autores. No se aceptan figuras escaneadas. Las fotografías deben ser de alta resolución, nítidas y bien contrastadas, sin zonas demasiado oscuras o extremadamente claras. Las tablas y las figuras se deben enumerar (cada una) consecutivamente en números arábigos, en letra Times New Roman, tamaño 10. Éstas deben ser incluidas lo más próximo posible a su referencia en el texto, con su respectivo título en la parte superior si es una tabla o inferior si es una figura. En el caso de que la información contenida sea tomada de otro autor, se debe colocar la fuente. Todas las ecuaciones y fórmulas deben ser generadas por editores de ecuaciones actualizados y enumeradas consecutivamente con números arábigos, colocados entre paréntesis en el lado derecho. Los símbolos matemáticos deben ser muy claros y legibles. Las unidades deben ser colocadas en el Sistema Métrico Decimal y Sistema Internacional de Medida. Si se emplean siglas y abreviaturas poco conocidas, se indicará su significado la primera vez que se mencionen en el texto y en las demás menciones bastará con la sigla o la abreviatura.

Citas bibliográficas en el texto: las citas deberán hacerse señalando en el texto el apellido del primer autor seguido por el del segundo autor o por et al si fueran más de dos autores, y el año de publicación. Por ejemplo: (Campos, 2012),... Campos (2012), (Da Silva y González, 2015), (Alvarado et al, 2014). Cuando se incluyen dos o más citas dentro de una misma frase, las citas se arreglan en orden cronológico. Citas que tengan el mismo año de publicación se arreglan en orden alfabético. Cuando se cite a autores que hayan publicado más de una referencia en el mismo año, se diferenciarán con las letras a, b, c, etc., colocadas inmediatamente después del año de publicación (por ejemplo, 2011a). Si el (los) mismo (s) autor (es) tiene (n) varias publicaciones con distintas fechas pueden citarse juntas en el texto (Campos *et al.*, 2014, 2015). Se recomienda que los autores revisen directamente las fuentes originales, en lugar de acudir a referencias de segunda mano; sólo cuando no sea posible localizar la fuente primaria de información se aceptará citar un trabajo mediante otra referencia. Ejemplo: (Ramírez, 2008, citado por Alvarado, 2015). Teniendo en cuenta que en el apartado de referencias sólo se señalarán los autores de los artículos realmente consultados, o sea, Alvarado (2015) en este caso.

COMPOSICIÓN

Cada contribución deberá ordenarse en las siguientes partes: título en español, datos de los autores, resumen y palabras clave en castellano; título, resumen y palabras clave en inglés; introducción, metodología o procedimiento, resultados, conclusiones, referencias bibliográficas y agradecimientos.

1. Título en español. Debe ser breve, preciso y codificable, sin abreviaturas, paréntesis, fórmulas, ni caracteres desconocidos. Debe contener la menor cantidad de palabras (extensión máxima de 15 palabras) que expresen el contenido del manuscrito y pueda ser registrado en índices internacionales.

2. Datos de los autores. Debe indicar el primer nombre y primer apellido. Se recomienda para una correcta indización del artículo en las bases internacionales, la adopción de un nombre y un solo apellido para nombres y apellidos poco comunes, o bien el nombre y los dos apellidos unidos por un guión para los más comunes (Ej. María Pérez-Acosta). En otro archivo se debe indicar la información completa de cada autor: nombre y apellido, título académico, lugar de trabajo, cargo que desempeña y dirección completa, incluyendo número de teléfono, fax e imprescindible correo electrónico.

3. Resumen en español y Palabras clave. Debe señalar el objetivo o finalidad de la investigación y una síntesis de la metodología o procedimiento, de los resultados y conclusiones más relevantes. Tendrá una extensión máxima de 200 palabras en un solo párrafo con interlineado sencillo. No debe contener referencias bibliográficas, tablas, figuras o ecuaciones. Al final del resumen incluir de 3 a 10 palabras clave o descriptores significativos, con la finalidad de su inclusión en los índices internacionales.

4. Título, Resumen y Palabras Clave en inglés (Abstract y Keywords). Son la traducción al inglés del título, resumen y palabras clave presentadas en español.

5. Introducción. Se presenta en forma concisa una descripción del problema, el objetivo del trabajo, una síntesis de su fundamento teórico y la metodología empleada. Se debe hacer mención además del contenido del desarrollo del manuscrito, sin especificar los resultados y las conclusiones del trabajo.

6. Desarrollo:

• **Materiales y Métodos (Metodología):** se describe el diseño de la investigación y se explica cómo se realizó el trabajo, se describen los métodos y materiales desarrollados y/o utilizados.

• **Resultados:** se presenta la información y/o producto pertinente a los objetivos del estudio y los hallazgos en secuencia lógica.

• **Discusión de resultados:** se presentan los argumentos que sustentan los resultados de la investigación. Se examinan e interpretan los resultados y se sacan las conclusiones derivadas de esos resultados con los respectivos argumentos que las sustentan. Se contrastan los resultados con los referentes teóricos, justificando la creación de conocimiento como resultado del trabajo.

7. Conclusiones. Se presenta un resumen, sin argumentos, de los resultados obtenidos.

8. Referencias bibliográficas. Al final del trabajo se incluirá una lista denominada "Referencias"; la veracidad de estas citas, será responsabilidad del autor o autores del artículo. Debe evitarse toda referencia a comunicaciones y documentos privados de difusión limitada, no universalmente accesibles. Las referencias bibliográficas se citan en estricto orden alfabético, iniciando con el apellido del primer autor seguido de la (s) inicial (es) de su(s) nombre (s). Si todos los autores son idénticos en dos o más referencias, la fecha de publicación dictará su ordenamiento en la lista final. Si se da el caso de que existan dos o más artículos, de los mismos autores y publicados en el mismo año, en la lista de referencias se incluirán por orden alfabético de los títulos de los artículos, agregando una letra como sufijo. Al final del trabajo se indicarán las fuentes, como se describe a continuación, según se trate de:

a. Libro: A continuación se describen varias formas de citar un libro.

Libro con autor: Apellido autor, Iniciales nombre autor, (Año), Título en cursiva, Ciudad y país, Editorial. Por ejemplo:

Hacyan, S., (2004), *Física y metafísica en el espacio y el tiempo. La filosofía en el laboratorio*, México DF, México: Fondo nacional de cultura económica.

Libro con editor: En el caso de que el libro sea de múltiples autores es conveniente citar al editor. Apellido editor, Iniciales nombre editor. (Ed.). (Año). Título. Ciudad, País: Editorial. Por ejemplo:

Wilber, K. (Ed.). (1997). *El paradigma holográfico*. Barcelona, España: Editorial Kairós

Libro en versión electrónica: Los libros en versión electrónica pueden venir de dos maneras: Con DOI y Sin DOI. El DOI (Digital Object Identifier), es la identificación de material digital, único para cada libro.

Libros en línea sin DOI: Apellido, Iniciales nombre autor. (Año). Título. Recuperado de <http://www.xxxxxx.xxx>

De Jesús Domínguez, J. (1887). *La autonomía administrativa en Puerto Rico*. Recuperado de <http://memory.loc.gov/>

Libros Con DOI: Apellido, Iniciales nombre autor. (Año). Título. doi: xx.xxxxxxxx

Montero, M. y Sonn, C. C. (Eds.). (2009). *Psychology of Liberation: Theory and applications*. doi: 10.1007/ 978-0-387-85784-8

Capítulo de un libro. Se referencia un capítulo de un libro cuando el libro es con editor, es decir, que el libro consta de capítulos escritos por diferentes autores: Apellido, A. A., y Apellido, B. B. (Año). Título del capítulo o la entrada. En A. A. Apellido. (Ed.), Título del libro (pp. xx-xx). Ciudad, País: Editorial

Molina, V. (2008). "... es que los estudiantes no leen ni escriben": El reto de la lectura y la escritura en la Pontificia Universidad Javeriana de Cali. En H. Mondragón (Ed.), *Leer, comprender, debatir, escribir. Escritura de artículos científicos por profesores universitarios* (pp. 53-62). Cali, Valle del Cauca: Sello Editorial Javeriano.

b. Artículos científicos: Apellido autor, Iniciales nombre autor, (Año), Título, Nombre de la revista en cursiva, Volumen, Número, Páginas. Por ejemplo:

Corominas, M., Roncero, C., Bruguca, E., y Casas, M. (2007). Sistema dopaminérgico y adicciones, *Rev Mukuel*, 44(1), 23-31.

REFERENCIA SEGÚN EL TIPO DE ARTÍCULO:

Artículos con DOI:

Bezuidenhout, A. (2006). Consciousness and Language (review). *Language*, 82(4), 930-934. doi: 10.1353/lan.2006.0184

Artículo sin DOI impreso:

Fields, D. (2007). Más allá de la teoría neuronal. *Mente y Cerebro*, 13(24), 12-17.

Artículo sin DOI digital:

Mota de Cabrera, C. (2006). El rol de la escritura dentro del currículo de la enseñanza y aprendizaje del inglés como segunda lengua (esl/efl): Una perspectiva histórica. *Acción Pedagógica*, 15(1), 56-63. Recuperado de <http://www.saber.ula.ve/accionpe/>

REFERENCIA SEGÚN LA CANTIDAD DE AUTORES:

Un autor:

Tarlaci, S. (2010). A Historical View of the Relation Between Quantum Mechanics and the Brain: A Neuroquantologic Perspective. *NeuroQuantology*, 8(2), 120-136.

Dos a siete autores: Se listan todos los autores separados por coma y en el último se escribe "y".

Tuszynski, J., Sataric, M., Portet, S., y Dixon, J. (2005). Physical interpretation of micro tubule self-organization in gravitational fields. *Physics Letters A*, 340(1-4), 175-180.

Ocho o más autores: Se listan los primeros seis autores, se ponen puntos suspensivos y se lista el último autor.

Wolchik, S. A., West, S. G., Sandler, I. N., Tein, J.-Y., Coatsworth, D., Lengua, L.,...Griffin, W. A. (2000). An experimental evaluation of theory-based mother and mother-child programs for children of divorce. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 68, 843-856.

c. Simposios, Congresos o Conferencias: Autor, A. & Autor, A. (Fecha) del evento. Evento llevado a cabo en el Nombre de la organización, Lugar. Por ejemplo:

Rojas, C., & Vera, N. (Agosto de 2013). ABMS (Automatic BLAST for Massive Sequencing). 2° Congreso Colombiano de Biología Computacional y Bioinformática CCBCOL. Congreso llevado a cabo en Manizales, Colombia.

d. Informes: para citar un informe de alguna organización, institución gubernamental o autor corporativo se debe seguir el siguiente formato: Nombre de la organización. (Año). Título del informe (Número de la publicación). Recuperado de <http://xxx.xxxxxx.xxx/>

Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas. (2012). Tecnologías de la información y las comunicaciones. Recuperado de: <http://www.dane.gov.co>

e. Trabajo de Grado o Tesis: Autor, A., & Autor, A. (Año). Título de la tesis (Tesis de pregrado, maestría o doctoral). Nombre de la institución, Lugar. Por ejemplo:

Aponte, L., & Cardona, C. (2009). Educación ambiental y evaluación de la densidad poblacional para la conservación de los cóndores reintroducidos en el Parque Nacional Natural Los Nevados y su zona amortiguadora (tesis de pregrado). Universidad de Caldas, Manizales, Colombia.

INSTRUCCIONES DE ENVÍO

Para enviar un artículo es necesario que el documento cumpla estrictamente con los lineamientos de formato y de contenido anteriormente especificados. Los trabajos (en el respaldo digital) deben ser entregados en la Secretaría del Departamento de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación de la Universidad Estatal de Milagro, ubicada en la Ciudadela Universitaria, km 1½ vía a la Parroquia Virgen de Fátima; o si lo desea, enviar el artículo al email: ciencia_unemi@unemi.edu.ec, o a través de la página web: ojs.unemi.edu.ec. Para mayor información dirigirse a las oficinas de la Revista Ciencia UNEMI, o comunicarse por los teléfonos +5932715118 – 2715079 – 2715081, ext. 3115-3212. En caso de requerirlo, escribir al correo electrónico antes mencionado.

PROCESO EDITORIAL

1. Recepción de artículos. El Comité Editorial efectuará una primera valoración editorial consistente en comprobar la adecuación del artículo a los objetivos de la revista, así como el cumplimiento de los requisitos establecidos en las normas de publicación. El Comité Editorial hará las correcciones pertinentes, sin alterar el contenido del mismo. Si encontrara fallas que pudieran afectarlo, las correcciones se harán de mutuo acuerdo con su autor. La recepción del artículo no supone su aceptación.

2. Sistema de revisión por pares (peer review). Los artículos preseleccionados serán sometidos a un proceso de arbitraje. Se asignarán dos o más revisores especializados en la materia, que evaluarán el artículo de forma confidencial y anónima (doble ciego), en cuanto a su contenido, aspectos formales, pertinencia y calidad científica. La aceptación definitiva del manuscrito está condicionada a que los autores incorporen en el mismo todas las correcciones y sugerencias de mejora propuestas por los árbitros.

3. Decisión editorial. Los criterios para la aceptación o rechazo de los trabajos son los siguientes: a) Originalidad; b) Precisión en el tema; c) Solidez teórica; d) Fiabilidad y validez científica; e) Justificación de los resultados; f) Impacto; g) Perspectivas/aportes futuros; h) Calidad de la escritura; i) Presentación de las tablas y figuras; y e) Referencias. Finalizado el proceso de evaluación, se notificará al autor principal la aceptación o rechazo del trabajo.

Los autores del artículo recibirán una constancia de su aceptación para publicarlo. Una vez publicado el artículo se les enviarán tres (3) ejemplares de la Revista respectiva y un certificado de haber publicado. Los trabajos no aceptados serán devueltos a sus autores indicándoles los motivos de tal decisión.

Tabla. Parámetros de Evaluación

CARACTERÍSTICA	N°	CRITERIO	ENSAYO	ARTÍCULO
Innovación / Originalidad del artículo	1.	Las ideas planteadas son nuevas	SI	SI
	2.	Las ideas planteadas son interesantes	SI	SI
	3.	Las ideas planteadas pueden aportar un nuevo enfoque para tratar un viejo problema	SI	SI
Precisión en el tema / coherencia con los objetivos	4.	Se especifica de forma clara el tipo de artículo del que se trata	SI	SI
	5.	Se especifica de forma clara el fin u objetivo que persigue el artículo.	SI	SI
Solidez teórica y calidad de los argumentos	6.	La estructura del artículo es la adecuada.	SI	SI
	7.	Existe orden, coherencia y sistematicidad en las ideas expuestas.	SI	SI
	8.	Las ideas planteadas se basan en argumentos sólidos, ya demostrados por otros autores o en estudios anteriores.	SI	SI
	9.	Los argumentos presentados están actualizados (a partir del 2004 en adelante).	SI	SI
Nivel científico, diseño experimental, metodología	10.	La metodología empleada es la adecuada, tiene calidad y garantías científicas	NO	SI
	11.	En el artículo se describe de forma suficiente el método y procedimiento para que un lector interesado pueda reproducirlo	NO	SI
	12.	Las hipótesis o las preguntas de investigación se han planteado adecuadamente.	NO	SI
	13.	Se ha definido claramente el diseño experimental.	NO	SI
	14.	Los instrumentos de medición y experimentación utilizados tienen calidad y garantías científicas	NO	SI
	15.	Se consigue integrar en un marco nuevo y más simple de resultados que antes implicaban un marco más complejo	NO	SI
Presentación y justificación de los resultados / conclusiones	16.	El artículo aporta resultados de importancia teórica o práctica.	SI	SI
	17.	Los datos presentados son válidos	SI	SI
	18.	Los datos y resultados son claramente expuestos mediante fórmulas, tablas y figuras	SI	SI
	19.	El tratamiento de datos va encaminado hacia la comprobación de las hipótesis o las preguntas de investigación.	NO	SI
	20.	La interpretación que se hace de los resultados es inequívoca.	SI	SI
	21.	Las conclusiones se basan en los argumentos planteados o resultados obtenidos.	SI	SI
	22.	Las conclusiones van en concordancia con el objetivo planteado.	SI	SI
Impacto del tema presentado en el artículo	23.	Las conclusiones presentadas son de interés para la comunidad académica	SI	SI
	24.	El contenido del artículo se constituye en un aporte significativo al conocimiento anteriormente desarrollado en su área.	SI	SI
Perspectivas / futuros trabajos	25.	El artículo es relevante para la discusión de problemas en su área.	SI	SI
	26.	El artículo abre posibilidades para realizar investigaciones futuras	SI	SI
Calidad de la escritura	27.	La redacción del artículo es clara y entendible	SI	SI
Legibilidad de figuras y tablas	28.	Las figuras y tablas se encuentran correctamente enumeradas y con su respectivo título	SI	SI
Bibliografía	29.	El artículo contiene al menos 30 citas bibliográficas.	SI	NO
	30.	El artículo contiene citas bibliográficas claramente definidas	SI	SI

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS PARA AUTORES

Ciudad, fecha.....20....

DIRECTOR DE LA REVISTA CIENCIA UNEMI

Universidad Estatal de Milagro

Milagro, Ecuador

Presente.

Por medio del presente documento y fundamentado en lo dispuesto en la Ley de Derecho de Autor el (los) suscrito (s)[Nombres y apellidos de autor (es)] he (hemos) remitido para su publicación en la Revista Ciencia UNEMI, editada por la Universidad Estatal de Milagro, el trabajo intitulado (título completo)..... para que de forma exclusiva reproduzca, publique, edite, fije, comunique y transmita públicamente en cualquier forma o medio impreso o electrónico inclusive internet e incluir en índices nacionales e internacionales o bases de datos en caso de ser aprobado el artículo de mi (nuestra) autoría. Por lo tanto el (los) autor (es) firmante (s) DECLARA (MOS):

- Que el trabajo de investigación entregado es un trabajo original.
- Que no ha sido publicado previamente por ningún medio.
- Que no ha sido remitido simultáneamente a otras publicaciones impresas o digitales, ni está pendiente de valoración, para su publicación, en ningún otro medio, en ningún formato.
- Que en caso de ser publicado el artículo, transfieren todos los derechos de autor a la REVISTA CIENCIA UNEMI de la Universidad Estatal de Milagro, sin cuyo permiso expreso no podrán reproducirse ninguno de los materiales publicado en la misma.
- Que el trabajo presentado no contiene material escandaloso, calumnia, difamación, obscenidad, fraude o cualquier otro material ilegal; y ni el trabajo, ni el título vulnera ningún derecho de autor, derecho literario, marca o derecho de propiedad de terceras personas. Asumo (asumimos) la total responsabilidad de todos los extremos y opiniones contenidos en el trabajo remitido.

En virtud de lo anterior, manifiesto (manifestamos) expresamente que no me (nos) reservo (reservamos) ningún derecho en contra de la REVISTA CIENCIA UNEMI de la Universidad Estatal de Milagro.

Atentamente

.....
Nombres y firma de autor (es)

Enviar por correo electrónico o entregar en las oficinas de la Revista Ciencia UNEMI, de la Universidad Estatal de Milagro.

Correos: ciencia_unemi@unemi.edu.ec

REVISTA CIENCIA UNEMI
Volumen 12 - Número 29, Enero-Abril 2019
ISSN-1390-4272 Impreso
ISSN 2528-7737 Digital
Universidad Estatal de Milagro
Ciudadela Universitaria, km 1.5 vía Milagro km 26
Conmutador: 04 2 715-081, ext. 3210
Milagro, Ecuador

CIENCIA

UNEMI

www.unemi.edu.ec

www.facebook.com/unemionline
[/unemionline](https://www.facebook.com/unemionline)

facebook

[www.twitter.com/UNEMI_ec](https://twitter.com/UNEMI_ec)
[@UNEMI_ec](https://twitter.com/UNEMI_ec)

twitter

www.flickr.com/rpp-unemi
[rpp-unemi](https://www.flickr.com/rpp-unemi)



www.youtube.com/UnemiTube
[UnemiTube](https://www.youtube.com/UnemiTube)



Dirección: Cdla. Universitaria, Km. 1,5 vía Milagro Km. 26
Conmutador: (04) 2 715-081 / 2 715-079

E-mail: rectorado@unemi.edu.ec
Milagro - Guayas - Ecuador