

InGeni



Revista Científica y Tecnológica



UTEQ
UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE
QUEVEDO

eISSN: 2697-3642

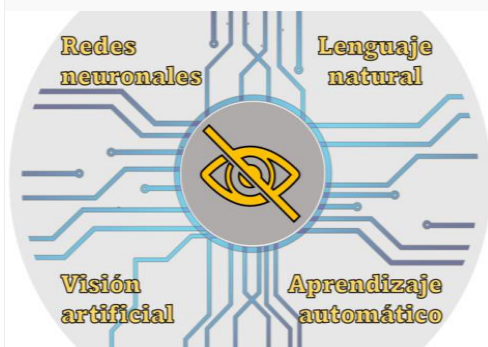
Latindex – folio: 29646



Hymenocallis caribaea (L), una planta con potencial agroindustrial, medicinal y farmacológico
Pág. 56



Confort higrotérmico en proyectos de viviendas unifamiliares
Pág. 43



Inteligencia Artificial enfocada a la atención de la discapacidad visual
Pág. 10

Vol. 5, Núm. 1
Enero 2022



Estrategia de comunicación científica en la Web 2.0 para la universidad contemporánea: divulgación y visibilidad de la comunicación científica y académica

(Scientific communication strategy on Web 2.0 for contemporary universities: dissemination and visibility of scientific and academic communication)

Amalín Mayorga-Albán¹; Silvia Pacheco-Mendoza², Jorge Córdova-Morán³, Jonathan Samaniego-Villarroel⁴

¹Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.

²Universidad Estatal de Bolívar, Guaranda, Ecuador.

³Universidad Estatal de Milagro, Milagro, Ecuador.

⁴Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.

amalin.mayorgaa@ug.edu.ec¹, pacheco@ueb.edu.ec², jcordovam@unemi.edu.ec³, jonathan.samaniegov@ug.edu.ec⁴

Resumen: La actual sociedad de la información y del conocimiento, nos conlleva a ejecutar diversas estrategias para la difusión científica y académica en las universidades, es así como el uso cotidiano de la web 2.0 y la búsqueda de información han revolucionado los procesos de divulgación científica. En los últimos tiempos han emergido nuevas tendencias de modelos de comunicación multiformato a través de las Web 2.0, en los que se llegan a presentar contenidos de diversos tipos, partiendo desde netamente informativos hasta exposición de informes y resultados de investigaciones. El objetivo del presente estudio corresponde a analizar las diversas estrategias de comunicación científica que se ejecutan en la web 2.0, para lo cual se ha realizado un estudio cuantitativo y se desarrolla el análisis estadístico de los resultados obtenidos; los métodos de investigación aplicados corresponden al método empírico de la observación y a los métodos teóricos analítico sintético e inductivo deductivo.

Palabras clave: comunicación científica, Web 2.0, universidad contemporánea

Abstract: The current information and knowledge society leads us to implement various strategies for scientific and academic dissemination in universities, this is how the daily use of the web 2.0 and the search for information have revolutionized the processes of scientific dissemination. In recent times, new trends in multi-format communication models have emerged through Web 2.0, in which content of various types is presented, starting from purely informative to presentation of reports and research results. The objective of the present study corresponds to analyze the diverse strategies of scientific communication that are executed in the web 2.0, for which a quantitative study has been carried out and the statistical analysis of the obtained results is developed; the applied research methods correspond to the empirical method of observation and the theoretical analytical synthetic and inductive deductive methods.

Keywords: scientific communication, Web 2.0, contemporary university

1. INTRODUCCIÓN

La importancia de la comunicación y divulgación científica: la especialización científica

La divulgación científica [1] es la acción de compartir las investigaciones u objetos de estudio ante la sociedad; es decir, no permitir que un proyecto permanezca almacenado sin ser objeto de análisis u optimización. Las investigaciones y hallazgos que se producen en las Instituciones de Educación Superior (IES) deben ser difundidas y dadas a conocer en el contexto a fin de que estos hallazgos proporcionen salidas, soluciones, mejoras en los aspectos relacionados a cada investigación. La Web 2.0, conocida también como Web Social, es un conjunto de páginas web que representan contenido social, transmiten información y generan colaboración entre sus usuarios; por lo tanto, la importancia de utilizar los actuales medios de comunicación e interacción de la Web 2.0 representan una de las principales aristas para una masiva difusión científica. El objetivo del presente estudio corresponde a analizar las diversas estrategias de comunicación que se ejecutan en la web 2.0 para divulgar y visibilizar la comunicación científica y académica de la universidad contemporánea.

Las IES no realizan sus actividades de manera aislada [2]. El crecimiento de publicaciones científica en países latinoamericanos alcanzó índices positivos porque muchos de ellos priorizaron un porcentaje de su Producto Interno Bruto (PIB) al campo educativo. Ante esto, se han creado entidades gestoras de convenios nacionales e internacionales para incentivar el campo de la investigación y de esa manera divulgar y visibilizar la comunicación científica y académica.

Divulgación y visibilidad de la producción científica y académica en la Web 2.0

Entre los recursos de la Web 2.0 se encuentran las redes sociales, que son estructuras formadas en Internet compuestas de nodos y aristas, que representan a las personas u organizaciones y sus conexiones a partir de intereses comunes especialmente de información. Entre las principales redes sociales se encuentran: Facebook, Twitter, Instagram, LinkedIn, Youtube, Tiktok. El modelo tradicional de comunicación científica centra la divulgación de resultados en los medios de difusión: revistas, congresos, reportes, conferencias, etc. Resalta que, con la llegada de la web 2.0, se presentan nuevas posibilidades para mejorar esa visibilidad esperada de los contenidos científicos y académicos a través de la difusión de contenidos por medio de redes sociales [3].

Son muchas las estrategias que se pueden aplicar para generar comunicación y divulgación científica [4], quien manifiesta que la difusión de conocimientos puede generarse a través de diferentes estrategias o medios como con las publicaciones, conferencias, exposiciones, movilidad de investigadores, etc., así como el extensionismo tecnológico y de innovación. Una estrategia de comunicación científica importante es la que se realiza a través de la Web 2.0, al utilizar redes sociales para lograr la divulgación y visibilidad de la comunicación científica y académica.

Según datos del Sistema Nacional de Información [5], se registra que el 38.29% de la población nacional cuenta con cobertura de internet, lo cual es relevante en el presente estudio, en la actualidad [6], el Internet es uno de los principales sistemas de comunicación y los datos del Estudio General de Medios (EGM) constatan el progresivo incremento de las audiencias.

De acuerdo con la información levantada por el Instituto Nacional de Estadística y Censos [7], como se muestra en la Figura 1, se identifica un gran porcentaje de uso de redes sociales, lo cual puede ser tomado como punto de referencia para aplicar estrategias de comunicación científica a través de las redes sociales.

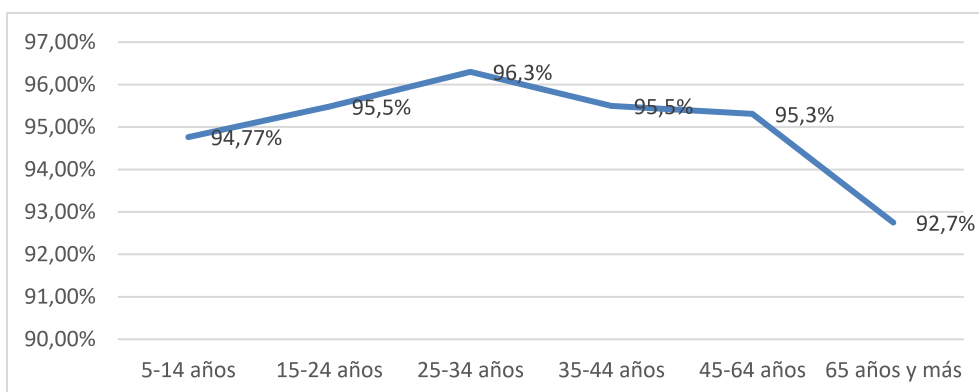


Figura 1. Uso de redes sociales población por edades [7]

Los Repositorios Digitales (RD) [8] son considerados como una base de datos bibliográfica que permiten recopilar los resultados de las iniciativas intelectuales de un determinado grupo de personas, aportando visibilidad y disseminación de los mismos. Actualmente en las IES y organizaciones dedicadas a la academia se utilizan bases de datos y repositorios digitales, subidos en la Web 2.0, como una manera abierta o democrática de difundir los conocimientos científicos de autores nacionales y extranjeros. Sin embargo, los estudiantes y docentes no acceden de manera continua a esta información.

Es así como en la Red de Repositorios de Acceso Abierto del Ecuador (RRAAE), en el año 2019, se evidencia la divulgación de información científica y académica que se generan en las Universidades. Se añade a esta red la información del Banco Central de Ecuador y la Defensoría del Pueblo. Pese a que la información es de acceso libre en la plataforma web de la RRAAE, Figura 2, se determina que existe una escasa participación de las IES. Así, los cinco repositorios con más publicaciones en el Ecuador son: Universidad de Guayaquil, Universidad de Cuenca, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Universidad Técnica de Ambato y Universidad Politécnica Salesiana.

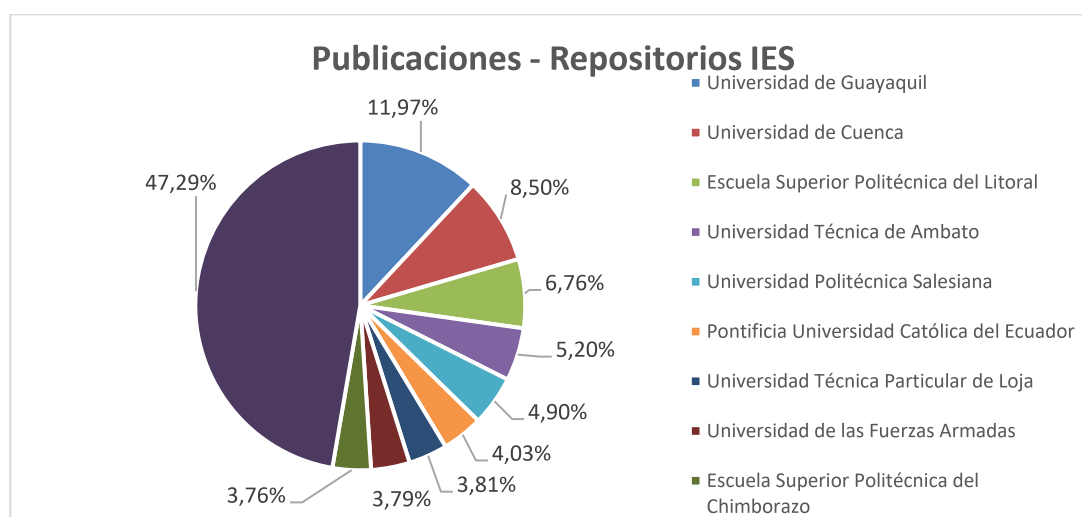


Figura 2. Porcentaje de participación en publicaciones por IES [9].

A nivel internacional se analiza el repositorio en línea a nivel de Latinoamérica y el Caribe [10], en el cual se evidencia un repunte de visualizaciones o consultas, descargas, documentos más consultados y el índice de crecimiento de la colección que se divulga al año 2020, como se muestra en la Figura 3. En este repositorio se puede notar la presencia de los botones seguir y compartir en redes sociales, lo cual ha ayudado a incrementar este índice de crecimiento.

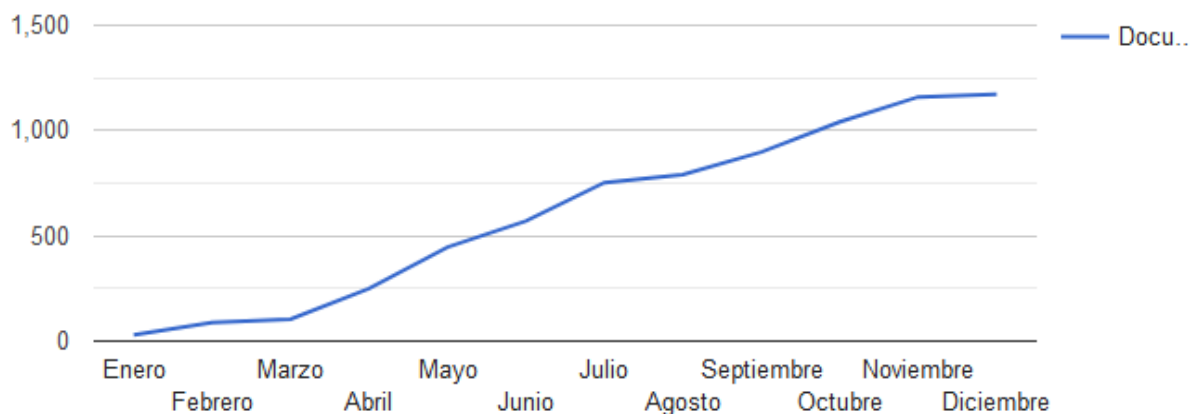


Figura 3. Crecimiento de la colección [10]

Cabe destacar que en los repositorios mencionados se ha incluido en la respectiva página web los botones para Seguir (*Follow*) y botones para compartir “contenidos o enlaces sociales” (*Share*) [11]. Los Botones Follow sirven para promover una presencia en las redes sociales y ayudarán a conseguir fans y seguidores, aportan a crear la visibilidad en las redes sociales y amplían su alcance fácilmente. Por su parte, los Botones Share permiten que los visitantes de la página web compartan algún contenido conectándolo directamente con las redes sociales. Los botones mencionados aportan en la divulgación y visibilidad de la comunicación científica y académica en la universidad contemporánea, se extiende el alcance de un contenido a una audiencia mucho más amplia, la que genera un aumento en el tráfico web de cada sitio.

Comunicación científica especializada para la universidad contemporánea

Sin la ayuda de los medios no es posible conseguir que la población reciba noticias y comunicaciones de ciencia [12]. En el marco académico, las universidades son en esencia las instituciones que mayor conocimiento generan en la sociedad [13]. En este contexto, la universidad contemporánea debe generar un nexo con la sociedad, a fin de mantenerla informada ante los vertiginosos avances en el campo de la ciencia, la tecnología y la innovación. En este proceso se resalta la importancia de potenciar los procesos de divulgación científica, y uno de ellos corresponde al uso de las redes sociales como herramientas de difusión digital de la Web 2.0.

En América Latina los porcentajes de divulgación y uso de plataformas web 2.0 por los autores es bajo [14]. Además, los investigadores no tienen la cultura de compartir el conocimiento que producen. Por esto, se considera que los investigadores deben generar esos espacios de divulgación a la ciudadanía, presentando sus investigaciones, características, alcances, riesgos, beneficios, ante lo cual se requieren investigadores que posean habilidades comunicativas en su contexto social, aplicando estrategias de comunicación científica aprovechando las potencialidades de la Web 2.0

2. METODOLOGÍA

La presente investigación es de tipo cuantitativa; se ha seleccionado la investigación descriptiva, identificando y relacionando hallazgos y transformaciones relacionadas a la divulgación y visibilidad de la producción científica y académica en la Web 2.0, con la red social Facebook y sus métricas. La comparación de los distintos modelos de comunicación en la web 2.0 ha sido relevante para determinar el alcance de la divulgación científica.

Los métodos de investigación corresponden al método empírico de la observación, para lo cual se aplicó observación a las métricas de la presencia institucional en la red social Facebook, como métodos teóricos el analítico sintético, que se aplicó descomponiendo en elementos básicos de análisis los hallazgos obtenidos para posteriormente recomponerlos e integrarlos. Así, también se aplica el método inductivo deductivo a través del acceso a las cuentas de redes sociales en las que se divulga información científica y académica. Se diseñó una ficha de observación estructurada en torno a presencia, visibilidad e interacción, determinando así el uso de las herramientas web 2.0 para difusión científica y académica y la intensidad de interacción que se puede lograr como indicadores de efectividad de la difusión y visibilidad. Se aplicaron encuestas en línea a estudiantes y profesores universitarios respecto al nivel de uso de las redes sociales como estrategia de comunicación digital y difusión de contenido científico y académico. El proceso del análisis de los datos se esquematizó mediante el análisis estadístico.

Con base en lo expuesto, se propone un análisis desde los argumentos [15], en que se plantea el reto de perfeccionar los servicios de información ofreciendo incrementar el acceso y disponibilidad de fuentes de difusión a estudiantes, profesores e investigadores; aspectos relevantes a fin de que se logre la divulgación científica en los procesos de formación en las universidades en busca de la visibilidad científica y académica en la web 2.0.

3. RESULTADOS

En el análisis de las estrategias de comunicación científica en la Web 2.0 para la universidad contemporánea, se ha llegado a los siguientes resultados en cuanto a la divulgación y visibilidad de la comunicación científica y académica:

Al indagar a los estudiantes universitarios si utilizan frecuentemente las redes sociales como estrategias de comunicación digital, se obtuvo como respuesta que el 90.49% de ellos sí las utilizan, y se puede destacar que entre las ventajas que brindan las redes sociales están: compartir links de videos, formularios o encuestas, enlaces de archivos almacenados en la nube, etc.; lo que genera interacción comunicativa constante.

Respecto a si están de acuerdo con que las redes sociales pueden ser utilizadas como una estrategia y recurso de búsqueda de información, los estudiantes universitarios responden estar de acuerdo en un 90.49%, se evidencia una conformidad estudiantil referente a la búsqueda de información en las redes sociales.

El 100 % de los estudiantes encuestados responden estar de acuerdo con que las redes sociales tendrán el impacto necesario para ser consideradas como difusoras de contenido científico. Además, se destaca la funcionalidad de que las redes sociales brindan facilidades interactivas como añadir un video que describa el resumen de cada artículo, imágenes como el cuadro de variables para conocer el contenido sin ingresar al documento, etc.

Los estudiantes universitarios consideran en un 90,5% que en las universidades no se realiza una constante y eficiente difusión de contenido científico y académico, ya que los estudiantes no perciben por otros medios digitales temas clasificados por líneas de investigación en las diferentes carreras, pese a ello también el 85.97% de los estudiantes encuestados manifiesta que no visitan los repositorios digitales de la universidad en la que cursan sus estudios.

Respecto al uso de las redes sociales para la difusión de contenido científico, el 100% de los estudiantes encuestados consideran que la función *tag* de las redes sociales podría optimizar la acción de búsqueda de contenido científico. Así como el 81.45% de ellos menciona que los docentes no difunden enlaces acerca de sus artículos científicos por medio de redes sociales.

En este contexto, el 41.66% de los profesores universitarios encuestados aseveran que les resulta complicado utilizar la plataforma de enseñanza online como estrategia en línea para difundir contenidos científicos. Sin embargo, el 100% de los docentes afirman que los repositorios digitales de las universidades presentan una eficaz estrategia para la búsqueda de contenido científico, aunque el 41.67% de los docentes afirman que si visitan y difunden frecuentemente contenido científico del repositorio digital de la universidad en la que laboran.

El 66,67% de los docentes manifiestan disconformidad referente a que los estudiantes universitarios no difunden contenido científico a una comunidad diferente a la universitaria; los contenidos académicos que socializan se efectúan entre sus pares de clases y no siempre se procesan como documentos investigativos.

Al hacer seguimiento durante 21 días a las reacciones en redes sociales con relación a la divulgación de contenido científico y académico se obtuvieron las siguientes métricas, plasmadas en la Figura 4.

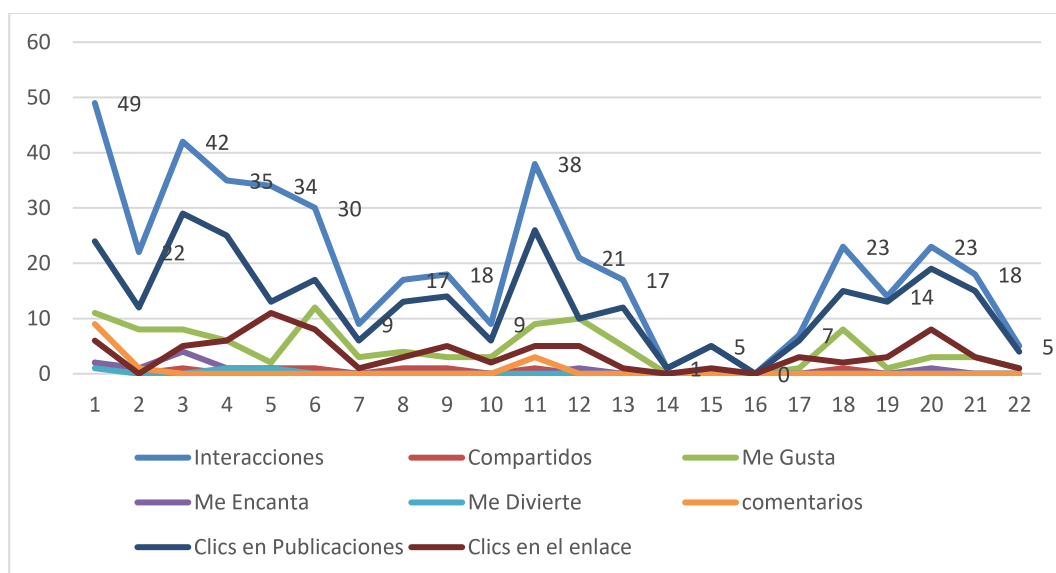


Figura 4. Métricas de divulgación científica y académica usando redes sociales

En la Figura 4 se destaca que desde el día uno de publicación se registran gran cantidad de interacciones con el contenido. El día 3 fue el que más generó clics en publicaciones, en el día 6 se generó mayor cantidad de clics en el enlace, todos los días se generaron comentarios y reacciones, así como se realizó difusión al compartir el contenido y los estudiantes realizaban interacción directa con los autores de los contenidos publicados.

4. DISCUSIÓN

En la universidad contemporánea se evidencia ya la tendencia de futuro dirigida al incremento de la conectividad [16], identificando y administrando el número de seguidores en las diferentes cuentas de redes sociales y herramientas de la web 2.0, así como, la proporción de comentarios sobre los resultados de las investigaciones publicadas a fin de difundir sus resultados.

Se identifican estrategias para la difusión de información, ya sea mediante el uso de archivos digitales (documentos, imágenes, audios o videos), canales o plataformas como son las redes sociales, blogs, correos electrónicos, plataformas educativas, etc. Sin embargo, la divulgación de información científica y académica no es acogida totalmente por estudiantes y docentes. Entre los factores que inciden en esta características se puede destacar escasas competencias de manejo de la información, baja cultura lectora e investigativa, excesivo flujo de contenido en las redes sociales, distractores que se presentan en la navegación web.

Es relevante mencionar que los estudiantes responden con aceptación ante la divulgación de contenido científico y académico a través de la web 2.0, pero a la vez manifiestan que los docentes no difunden continuamente enlaces acerca de sus artículos científicos por medio de redes sociales y que los docentes utilizan las redes sociales de la misma manera que la mayoría de los usuarios, para compartir contenido variado.

Algunos docentes manifiestan que les resulta complicado utilizar la plataforma de enseñanza online y las redes sociales como estrategia online para difundir contenidos científicos, ante lo cual las universidades deberían crear programaciones y actividades institucionales que faciliten esta tarea al docente, pues los estudiantes utilizan frecuentemente las redes sociales como fuentes de información, en sus diversas categorías: entretenimiento, música, noticias, pasatiempos, etc., por lo que la difusión científica y académica a través de redes sociales es factible.

Se identifica que los estudiantes demuestran aceptación ante la difusión de contenido científico mediante las redes sociales, siempre y cuando estén dirigidas por un organismo o entidad oficial; en el caso de la presente investigación por los sitios o plataformas que designe la Institución de Educación Superior en los cuales se comparta y difunda contenido académico y científico dirigido a todos los semestres en curso, no solo a los semestres superiores, a fin de crear desde los inicios una cultura investigativa.

5. CONCLUSIONES

Actualmente es tendencia el uso de redes sociales para divulgar información. La universidad contemporánea no se excluye de esta tendencia, pues es una necesidad generar visibilidad científica a través de las redes sociales y herramientas de la web 2.0.

Es menester que la difusión de información científica y académica en la universidad contemporánea se plantee con base en estrategias precisas en canales, redes sociales, blogs, correos electrónicos, plataformas educativas, etc., a fin de que la divulgación de la información sea acogida por la población estudiantil y por los docentes para fortalecer la cultura lectora e investigativa.

Es favorable la aceptación demostrada por los estudiantes ante la difusión de contenido científico publicado en redes sociales; por lo que se requiere orientar el contenido para todos los niveles o semestres para crear desde los inicios una cultura investigativa, tomando como referente la ventaja de que los estudiantes utilizan frecuentemente las redes sociales como fuentes de información, en sus diversas categorías: entretenimiento, música, noticias, pasatiempos, etc.

Es relevante mencionar la necesidad de desarrollar programaciones y actividades institucionales para que los docentes sean capacitados en el uso de herramientas de la Web 2.0 como estrategia online para difundir contenidos científicos y académico y lograr visibilidad de las investigaciones realizadas en la universidad contemporánea.

AGRADECIMIENTOS: Esta investigación fue financiada en el marco de la Convocatoria a Proyectos de Fondo Competitivo de Investigación FCI 2019 de la Universidad de Guayaquil. FCI 044-2019 Estrategia de comunicación científica y cultural en la web 2.0 para la universidad contemporánea.

REFERENCIAS

- [1] A. González , «Repositorio Digital de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil,» 2015. [En línea]. Available: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/3440/1/T-UCSG-PRE-FIL-CCS-61.pdf>.
- [2] UNESCO, «Informe de la UNESCO sobre la ciencia,» 2018. [En línea]. Available: https://en.unesco.org/sites/default/files/usr15_latin_america_es.pdf.
- [3] C. Corchuelo, «Visibilidad científica y académica en la Web 2.0,» *Información, cultura y sociedad*, pp. 77-88, 2018.
- [4] I. Bortagaray, «UNESCO,» 2016. [En línea]. Available: <http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Montevideo/pdf/PolicyPapersCILAC-InnovacionEmpresarial.pdf>.
- [5] Sistema Nacional de Información, «Indicadores de Conectividad,» 2016. [En línea]. Available: <http://indestadistica.sni.gob.ec/QvAJAXZfc/opendoc.htm?document=SNI.qvw&host=QVS@kukuri&anonymous=true&bookmark=Document/BM79>.
- [6] A. Rodríguez y J. García, «Aplicación y uso de la web 2.0 y de las redes sociales en la comunicación científica especializada: del marketing viral al usuario activo,» *ANAGRAMAS - UNIVERSIDAD DE MEDELLIN*, pp. 61-70, 2011.
- [7] Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), «Ecuador en cifras,» Diciembre 2019. [En línea]. Available: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/tecnologias-de-la-informacion-y-comunicacion-tic/>.
- [8] E. Boderó, M. De Giusti, C. Radicelli y E. Villacrés, «Análisis de los repositorios digitales institucionales de acceso abierto en el Ecuador,» *Revista Espacios*, vol. 40, n° 32, pp. 1-9, 2019.
- [9] Red de Repositorios de Acceso Abierto del Ecuador, «RRAAE,» 2020. [En línea]. Available: <http://www.rraae.org.ec/Content/stats>.
- [10] Red de Bibliotecas Virtuales de Ciencias Sociales de América Latina y el Caribe, «CLACSO,» 2020. [En línea]. Available: <http://biblioteca.clacso.edu.ar/estadisticas/consultas/>.
- [11] Tus Clicks, «Redes sociales,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.tusclicks.com/blog/la-guia-definitiva-para-la-implementacion-de-los-botones-sociales/>.
- [12] A. Castillo, T. Blanco y E. Montenegro, «Revista de Ciencias Sociales,» 2015. [En línea]. Available: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=15343488005>.

- [13] L. Codina, «Difusión de la investigación: Open Access, repositorios y redes,» 2016. [En línea]. Available: <http://repositori.upf.edu/handle/10230/27515>.
- [14] J. Alperin, «Geographic variation in social media metrics: an analysis,» 2015. [En línea]. Available: <https://doi.org/10.1108/AJIM-12-2014-0176>.
- [15] M. Barceló y N. Acosta, «LA VISIBILIDAD DE LA CIENCIA, UN RETO NECESARIO PARA LA UNIVERSIDAD DE CIENFUEGOS,» *Revista Universidad y Sociedad*, vol. 11, nº 3, pp. 166-171, 2019.
- [16] L. López-Pérez y M. Olvera-Lobo, «comunicación pública de la ciencia a través de la web 2.0. El caso de los centros de investigación y universidades públicas de España,» *El profesional de la información*, vol. 5, nº 3, pp. 441-449, 2016.

Revisión de la literatura sobre el uso de Inteligencia Artificial enfocada a la atención de la discapacidad visual

(Literature review on the use of Artificial Intelligence focused on visual impairment care)

Ruth Alvarado-Salazar^{1,2}, Joe Llerena-Izquierdo^{1,2}

¹Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, Ecuador

²GIEACI Research Group and GieTICEA Educational Innovation Group
ralvarados@est.ups.edu.ec, jllerena@ups.edu.ec

Resumen: Este trabajo realiza una revisión sistemática de literatura centrada en la atención a la discapacidad visual apoyada por la inteligencia artificial categorizando la relevancia de aportaciones sobre *machine learning*. El objetivo principal es determinar técnicas que se aplican para la atención a la discapacidad visual mediante inteligencia artificial durante los años 2017 al 2021 de diferentes estudios relevantes hallados en bases indexadas como Scopus, Web of Science, IEEEExplore y Springer. De un total de 545 publicaciones se determinaron 33 artículos categorizados en cuatro ámbitos, aprendizaje automático, redes neuronales artificiales, procesamiento de lenguaje natural y visión artificial relacionadas al ámbito de la discapacidad visual. Se evidencian tendencias de aplicación con técnicas que involucran a la inteligencia artificial y que permiten abrir campos donde la tecnología tiene un desafío que en cierta medida es un apoyo a las personas que presentan baja visión y plantean mecanismos para mejorar la calidad de vida.

Palabras clave: Inteligencia artificial, ceguera, discapacidad visual, deficiencia visual.

Abstract: This paper performs a systematic literature review focused on the attention to visual impairment supported by artificial intelligence categorizing the relevance of contributions on machine learning. The main objective is to determine techniques that are applied for the attention to visual impairment using artificial intelligence during the years 2017 to 2021 from different relevant studies found in indexed bases such as Scopus, Web of Science, IEEEExplore and Springer. From a total of 545 publications, 33 articles categorized in four areas, machine learning, artificial neural networks, natural language processing and artificial vision related to the field of visual impairment were determined. There is evidence of application trends with techniques that involve artificial intelligence and that allow opening fields where technology has a challenge that to some extent is a support to people with low vision and propose mechanisms to improve the quality of life.

Keywords: Artificial intelligence, blindness, visual impairment, visually impaired.

1. INTRODUCCIÓN

La inteligencia artificial (IA) es una disciplina en auge y presente en cada rincón donde haya tecnología orientada, en mayor o menor grado, al uso de técnicas de aprendizaje de las máquinas, desde robots en videojuegos hasta asistentes virtuales puntuales. Con el pasar de los años, el desarrollo de esta disciplina se ha visto evidenciado a nivel mundial, en aspectos como la medicina, la industria automotriz, la astronomía, entre otros [1], [2], [3]. Es evidente que para la sociedad en general ha sido indispensable el tener que acoplarse y adaptarse a los cambios significativos que se han venido realizando en una tarea que no ha sido fácil [4], [5], [6]. El progreso de esta tecnología ha sido especialmente técnico, utilizando metodologías de aprendizaje automático [7], [8]. Actualmente cuando se realizan nuevos estudios enfocados en

los aspectos humanos de la IA, estos son centrados en propiedades que permitan una interacción más cercana a la experiencia similar a la del ser humano [9].

Según estudios de la OMS, se considera que en todo el mundo al menos 2200 millones de individuos poseen discapacidad visual, de los cuales 88,4 millones presentan errores refractivos no tratados y 94 millones padecen de cataratas, razones primordiales del deterioro del estado de la visión [10]. Se identifican trabajos donde evidencian que el 90% de individuos con deficiencia visual viven en condiciones de bajos recursos, mientras que 82% de los individuos que son ciegos alcanzan los más de 50 años [11], lo cual provoca que sea determinante desarrollar aplicaciones e incluso dispositivos que sean simples de manejar sin desconocer que lo realizado deba funcionar a la perfección [12].

Las personas con baja visión en su mayoría suelen depender de un compañero para movilizarse, ya sea para acudir al trabajo, permanecer en casa o desplazarse en cualquier ambiente en el cual se sitúen. En muchos casos no es posible depender de otros métodos que posibiliten una correcta movilidad debido a la falta de tiempo o de recursos. Por lo tanto, estos individuos tratan de ser lo más independientes posibles para incorporarse en la sociedad y ser parte de esta [13].

La inteligencia artificial, el aprendizaje profundo y los macrodatos están aumentando en el campo de la industria 4.0 [14]. Mecanismos como estos, brindan soluciones económicas y eficientes para respaldar un diagnóstico anticipado y preciso, facilitando el trabajo de especialistas y permitiendo la selección de tratamientos específicos [15]. Es imprescindible desarrollar un estudio sobre el estado del arte del campo que se desea investigar, al inicio de una reciente investigación científica. Se realizan estudios de revisión y mapeo sistemáticos para la evidencia empírica sobre un tema específico, determinar brechas en el área de investigación y proponer puntos de investigación futuros [16].

En el presente documento se evidencian artículos que se centran en inteligencia artificial y su impacto para las personas con discapacidad visual en el periodo de años, 2017 al 2021, mediante un estudio de mapeo sistemático, obteniendo información sobre las tendencias de publicación en esta área de investigación.

2. METODOLOGÍA

Se realiza una investigación analítica descriptiva con enfoque cuantitativo utilizando la técnica del mapeo sistemático. La metodología de trabajo adopta una revisión de la literatura, la misma que apunta a una revisión exploratoria en fuentes de información secundaria como las bases indexadas de artículos de relevancia. Se define una descripción general del área disciplinaria de investigación, relacionando los trabajos que permiten acortar las brechas que necesitan ser exploradas. Este procedimiento genera análisis secundarios, estudios que tienen como objetivo producir comparaciones sistémicas y resúmenes a partir de un conjunto de análisis elementales seleccionados científicamente [16].

Varios autores [17], realizaron su investigación en torno a un enfoque de los dispositivos de autoayuda para las personas con discapacidad visual en los últimos años, además de sugerir un nuevo planteamiento con base en el reconocimiento de objetos con aprendizaje profundo, cuyo objetivo es realizar búsquedas en trabajos originales que se encuentren involucrados con los procedimientos de relación de dispositivos usados como sustitución sensorial de la visión. Otro trabajo [18], corresponde a los autores donde realizan una *Sytematic Literature Review* (SLR) en el cual se verifica la situación actual del estudio en relación al reconocimiento de objetos en dispositivos móviles para discapacitados visuales. Se concluyó que actualmente existe un notable aumento de los métodos y algoritmos de reconocimiento de objetos que resultan favorables para las personas con deficiencia visual [13]. En trabajos de investigación [19][20], se evidencian seis dominios de la “*inteligencia artificial*” y en sus resultados, se observan que el

porcentaje de trabajos en el área de “*machine learning*” es más alto, seguido de la “*percepción automática y el reconocimiento de modelos*” y “*sistemas y aplicaciones inteligentes*”.

El flujo de trabajo de mapeo sistemático se construye identificando los trabajos significativos para la pregunta de investigación, explorar los grupos de artículos reservados en las bases de datos científicas para detectar esos que permanecen involucrados con el área en particular, en este caso la “*inteligencia artificial*”. Cuando se ha recuperado un lugar de consulta, según la metodología del *mapping system*, se filtra, se añade y se clasifica para crear una vista analítica que logre contestar cuestiones de búsqueda objetiva [21]. Para llevar a cabo el mapeo sistemático se dividió el proceso en apartados: (A) Definir objetivo de la investigación, (B) Definir preguntas de investigación, (C) Plantear método de búsqueda y cadenas utilizadas, (D) Identificar herramientas e instrumentación y establecer criterios de selección.

Se categorizan los estudios existentes en torno a la inteligencia artificial en el ámbito de la discapacidad visual. Además, se sistematizan las principales técnicas y herramientas empleadas en los diferentes artículos seleccionados.

Este trabajo plantea como objetivo, categorizar los estudios existentes en torno a la inteligencia artificial y su relevancia en la discapacidad visual, a fin de obtener una visión general de las tendencias y técnicas utilizadas en esta área de investigación, realizando un mapeo sistemático. Con ello, los objetivos específicos se direccionan en: Evaluar los trabajos relevantes enfocados en el tema de estudio, como punto de partida para la propuesta de investigación, sistematizar las principales técnicas y herramientas empleadas en los diferentes trabajos de investigación, e identificar los temas prominentes correspondientes a la inteligencia artificial.

Se procede a definir las preguntas de investigación que corresponden en relación con el tiempo, a las técnicas utilizadas y al tipo de publicaciones que en común se encuentre producción científica sobre inteligencia artificial con enfoque a la discapacidad visual, ver tabla 1.

Tabla 1. Preguntas de investigación.

Componentes de información	Preguntas para responder
Cantidad de publicaciones por años	¿Qué propuestas basadas en inteligencia artificial existen para la discapacidad visual a partir del año 2017?
Tendencias de aplicación por años	¿Cuáles son las técnicas de inteligencia artificial utilizadas en los estudios encontrados?
Características de las publicaciones	¿En qué tipo de publicaciones es común hallar la producción científica en el campo de la inteligencia artificial?

Para efectuar la investigación bibliográfica de los trabajos involucrados con el asunto de análisis, se examinaron bancos de datos de referencias bibliográficas: Web of Science, Scopus, IEEEExplore y Springer, los cuales permiten realizar las búsquedas de los estudios más relevantes por cadenas de palabras claves. Scopus e IEEEExplore son bancos de datos clave que brindan temas destacados en el ámbito de la computación, un aspecto importante en el campo de búsqueda de la visión sensorial [17]. IEEEExplore es la plataforma de investigación de mayor accesibilidad en el ámbito académico que permite el acceso legítimo a la totalidad de institutos universitarios [22] de acuerdo con paquetes y contratos a instituciones educativas. En cuanto a Web of Science, registra referencias científicas de enorme efecto, alcance y relevancia de acuerdo con altos índices de citaciones. Esto además posibilita profundizar el material explorado, procesando una gran cantidad de trabajos tales como tomos, apartados, artículos y presentaciones en congresos de relevancia [23]. Se ha planteado el uso de otros repositorios digitales como ACM, arXiv, OpenAI entre otros, en futuros trabajos de actualización de la literatura.

Con la finalidad de precisar la información que se quiere buscar, se realiza una consulta avanzada en la cual se tiene la posibilidad de acoplar una o algunas palabras usando los operadores booleanos, que posibilitan producir búsquedas más específicas. Se limita la búsqueda con el uso de las palabras clave “*visual disability*”, “*blindness*”, “*artificial intelligence*”. Para anexar cada palabra clave y conceptualizar la consulta, usamos los operadores booleanos: “AND”, “OR”. Se usan los paréntesis para llevar a cabo en primera instancia la alianza (OR), y dicho resultado compaginarlo con otro término por medio del booleano AND. La cadena de consulta usada es (“*All Metadata*”:“*visual disability*”) OR (“*All Metadata*”:“*blindness*”) AND (“*All Metadata*”:“*artificial intelligence*”).

Con el propósito de abarcar en este estudio trabajos pertinentes y determinantes se consideran los siguientes criterios primordiales usados para la obtención de resultados apropiados en cada sesión de consulta para las diversas bases de datos, para los criterios de inclusión se considera, toda información científica es electiva para su integración si se refiere al asunto de consulta que se muestra en este análisis; se integran estudios sobre la relación de los discapacitados visuales con las múltiples tecnologías o herramientas de IA; se integran estudios en inglés. Para los criterios de exclusión, se descartan los estudios que hayan sido publicados previamente del 2015; se excluyen los artículos que no permanecen involucrados con las técnicas y procedimientos de IA para la discapacidad visual. Una vez ejecutada la consulta e implementando los criterios antes mencionados se visualizan los datos conseguidos para tener en cuenta si los estudios arrojados en las distintas bases de datos bibliográficas son los pertinentes para el análisis postulado.

3. RESULTADOS

Se muestra la ejecución y los resultados conseguidos a lo largo de la investigación tras implementar filtros de consultas para obtener resultados más específicos. Se hace la consulta bibliográfica en diversas bases de datos a fin de reducir el riesgo de no recobrar cualquier artículo fundamental. Se realizan dos fases en el proceso de búsqueda, la distinción de trabajos y la extracción de documentos. Para la primera fase, la selección de los artículos fue valorada con los criterios de inclusión y exclusión como se muestra en la figura 1.

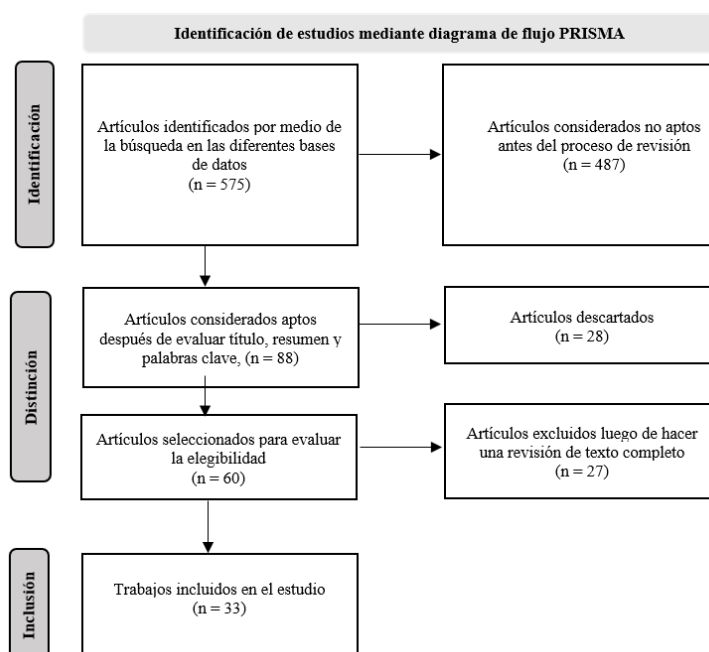


Figura 1. Estudios identificados bajo el modelo PRISMA.

Del total de resultados, se escogen los importantes para el análisis, como se observa en el modelo PRISMA. Para considerar su aprobación o rechazo, se revisan los títulos, los resúmenes y las palabras claves. Para la segunda fase, luego de cada una de las sesiones de consultas, se obtuvo 88 artículos para el estudio, los mismos fueron catalogados según los criterios de inclusión y exclusión. Las cadenas de búsqueda aplicadas a las diferentes bases de datos utilizadas y el número de resultados que arrojaron después de su ejecución se presentan en la tabla 2.

Tabla 2. Cadenas de búsqueda de la segunda fase.

Base de datos	Cadena aplicada	Resultados
WoS	TITLE: (artificial intelligence AND visual disa*)	26
Scopus	(TITLE-ABS-KEY (“artificial intelligence” AND “visual disability”) OR TITLE-ABS-KEY (“artificial intelligence” AND “blindness”))	23
IEEEExplore	((“All Metadata”:“visual disability”) OR (“All Metadata”:“blindless”)) AND (“All Metadata”:“artificial intelligence”)	34
Springer	(Deep learning AND visual disability)	5

Un total de 575 artículos se determinan desde las búsquedas llevadas a cabo en las bases de datos. Justo después de haber excluido los estudios duplicados, se examinan los títulos y resúmenes de 88 artículos en función de los criterios de inclusión. Al final, 33 artículos cumplen los criterios de elegibilidad, los mismos que se incluyen en el presente análisis. Se inspeccionan los datos obtenidos con la intención de responder a las preguntas de investigación determinadas, ¿Qué propuestas basadas en inteligencia artificial existen para la discapacidad visual a partir del año 2017?; luego de aplicar los filtros correspondientes para seleccionar los trabajos relevantes que forman parte del estudio, se obtiene un total de 12 trabajos en IEEEExplore, 12 trabajos en Scopus, 4 trabajos en Springer y 5 trabajos en Web of Science. Las naciones que han utilizado IA (inteligencia artificial) con enfoque a la discapacidad visual son China e India como países que apuestan más investigación en este asunto cada uno con un 15% y 12% respectivamente.

Con base en la exploración de los trabajos integrados en el análisis, la tabla 3 proporciona una recopilación de las iniciativas existentes sobre inteligencia artificial y su aplicación a la discapacidad visual. En la misma se describe la solución propuesta para cada referencia, además de la técnica o campo que fue abordado.

Para la identificación de las principales técnicas o campos abordados en los artículos estudiados es necesario destacar que se ha tomado en cuenta criterios como: si el campo tratado ha sido usado de manera directa en alguna fase del desarrollo de la iniciativa, si la técnica mencionada forma parte de otra rama de estudio más extensa en la IA.

Durante algún tiempo las herramientas del aprendizaje automatizado han sido las más utilizadas en la clasificación de imágenes. De esta forma, con la aparición de la visión artificial y la exigencia de procesar un gran volumen de datos, además de impedir la redundancia de estos, llegaron tecnologías de aprendizaje profundo [40]. Se ha podido identificar estudios donde ponen en evidencia que el aprendizaje profundo es una subdivisión del aprendizaje de máquinas que simula el comportamiento del órgano cerebral humano basado en las redes neuronales artificiales [40], [41]. Adicionalmente, las redes neuronales de convolución son una rama de las redes neuronales artificiales las cuales disminuyen gastos de computación y tiempo de procesado [30], [40].

Tabla 3. Recopilación de las propuestas basadas en IA.

Propuesta según el ámbito de técnicas de IA	Estudio
Técnicas con aprendizaje automático	
Estudio de mecanismos de IA usados en el cribado de afecciones visuales derivadas de la diabetes	[15]
Modelo de software que permite identificar objetos con reconocimiento del habla	[17]
Método automatizado de detección de patologías oftálmicas como la coriorretinopatía	[20]
Sistema de ayuda a la navegación mediante el uso de un smartphone	[24]
Aparato de navegación portable con base en segmentación semántica y percepción auditiva	[25]
Anteojos inteligentes con sensor de ultrasonido y detector de texto en imágenes capturadas	[26]
Sistema de apoyo al desplazamiento con detección de apariencia, colores y objetos	[27]
Arquitectura propuesta para el progreso en la detección del glaucoma aplicando un esquema de redes neuronales combinadas	[28]
Técnicas con redes neuronales artificiales	
Método de análisis para patologías oculares	[29]
Estudio para la búsqueda de soluciones de IA como mecanismo de mejora para trastornos oculares	[30]
Enfoque de red neuronal como solución para el tratamiento de afecciones corneales	[31]
Estudio para el pronóstico del campo de la visión en la valoración del glaucoma	[32]
Método para el análisis de severidad de retinopatía diabética basada en CNN	[33]
Técnicas con visión artificial	
Dispositivo portátil capaz de detectar texto en imágenes y transformarlo a voz	[11]
Mecanismo de ayuda para la movilidad con sensores ultrasónicos	[12]
Sistema de detección de señaléticas con componente de conversión de texto a mensaje auditivo	[13]
Sistema de asistencia con detección de rostros	[34]
Análisis de usabilidad de aplicaciones móviles fundamentadas en IA	[14]
Desarrollo de un sistema de navegación por medio del uso de drones incorporados de IA	[35]
Detección de fármacos en función del texto y la cantidad de colores	[36]
Dispositivo de asistencia dotado de sensores ultrasónicos con detección automatizada de obstáculos y billetes y salida de audio	[37]
Aparato portátil con identificación de objetos, reconocimiento de la cara y módulos de rastreo	[38]
Sistema de desplazamiento autónomo con detección de trayecto virtual preestablecido mediante la ayuda de un teléfono inteligente	[39]

Evaluando dichos criterios se señala que los autores [15], [17], [20], [24]–[26], [28], abordan algoritmos de *Deep Learning* en su investigación. Para el presente análisis, estos trabajos han sido agrupados dentro del campo de aprendizaje automático. En los informes [30], [32], [33] los investigadores se inclinan por el uso de tecnologías de redes neuronales de convolución para la elaboración de sus propuestas, estas referencias se han considerado dentro del área de las redes neuronales artificiales.

Para la pregunta ¿Cuáles son las técnicas de inteligencia artificial utilizadas en los estudios encontrados?; las técnicas de IA (inteligencia artificial) más usadas en los trabajos de estudio seleccionados con enfoque a la discapacidad visual se evidencian con altos índices de trabajos a partir del año 2017.

Se evidencia las técnicas de inteligencia artificial de mayor interés en las referencias científicas incluidas en el presente trabajo de investigación y su impacto porcentual por año, ver figura 2. En el 2018 y 2021 son los años de creciente auge en invenciones e innovaciones en lo que concierne a la IA y sus técnicas, del cual un total del 86% corresponde al año 2018 y el 76% al 2021.

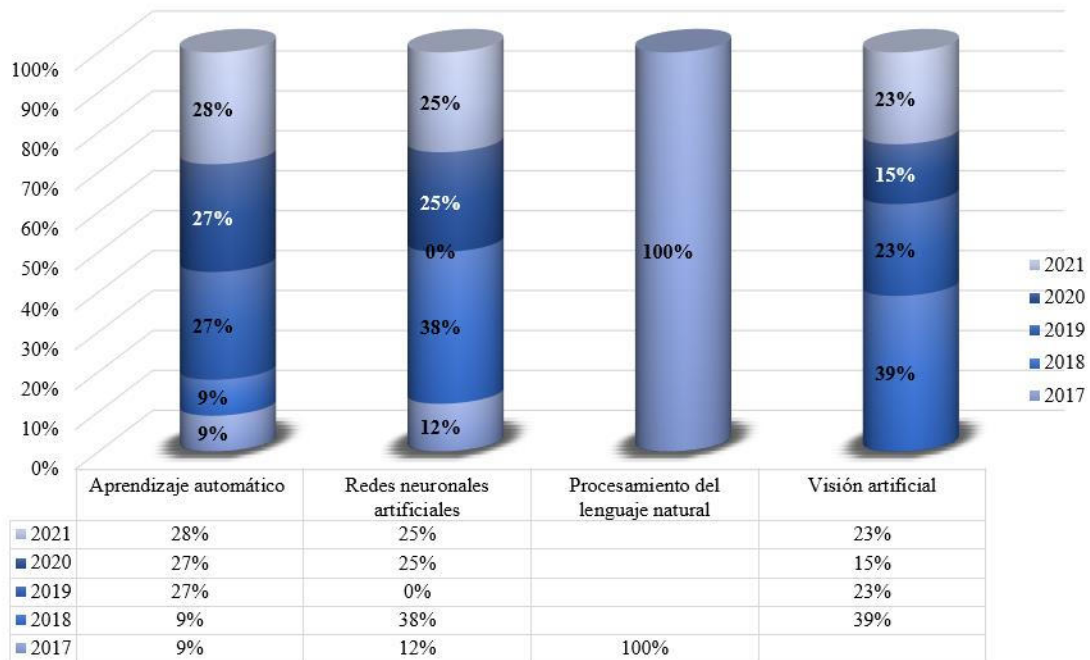


Figura 2. Técnicas de inteligencia artificial identificadas por año.

La visión artificial logra una incidencia del 39% y las redes neuronales artificiales con un total del 38%, campos de más grande aplicación concerniente al 2018, mientras que el aprendizaje automático con un 28% es la técnica de mayor relevancia referente al 2021, ver figura 2.

Se puede evidenciar un importante desarrollo de propuestas que posibiliten la vida de los individuos que presentan discapacidades visuales. En [37] se plantea un sistema de ayuda a la navegación automática que se fundamenta en la inteligencia artificial, en el que se entrenan redes neuronales de aprendizaje profundo utilizando el algoritmo YOLO-v3 para la detección de objetos, como consecuencia se transmite entradas auditivas en tiempo real, lo cual brinda una mejor comprensión al individuo con deficiencia visual sobre su ámbito.

Por otro lado, existen muchas técnicas que fomentan el aumento de sistemas de navegación, además del uso de la visión por computadora. El sistema postulado por [12] se fundamenta en el reconocimiento de imágenes, localización de choques y detección de obstáculos con sensores ultrasónicos que se hayan ubicados en la parte inferior y delantero de un bastón dotado con un microcontrolador Arduino Nano y una aplicación de teléfono inteligente equipada de IA que posibilita capturar imágenes tomadas por el usuario, se detalla el contenido de dichas imágenes por medio de Google TalkBack. Las imágenes se examinan utilizando visión por computadora, aprendizaje automático y redes neuronales de parte de la API Microsoft Cognitive Services. Otra iniciativa es DEEP-SEE FACE [34] un mecanismo de ayuda que utiliza la visión por ordenador y redes neuronales convolucionales profundas entrenadas capaces de determinar en tiempo real diversos sujetos sobre la base de secuencias de video, el sistema se constituye de módulos como la detección de rostros, el rastreo de la cara y el reconocimiento de apariencia. La información detectada en el ámbito del individuo es tratada, analizada y transferida como mensajes auditivos, por medio de audífonos de conducción ósea exponiendo específicamente la detección del usuario o la existencia de un rostro familiar.

En el análisis llevado a cabo por [38] crearon un aparato *wearable* que cuenta con variadas funcionalidades como la identificación de objetos, reconocimiento de la cara, sensores ultrasónicos que alertan al sujeto sobre los obstáculos que se localizan en su panorama haciendo

más fácil la navegación del mismo, comunicación con personas sordas empleando un monitor LCD, adicionalmente módulos GPS y GSM que permiten conocer la localización presente del usuario. Para el reconocimiento de objetos los autores escogieron a *ssdlite_mobilenet v2_coco* como modelo pre entrenado.

En [18] presentaron la situación actual con respecto al reconocimiento de objetos y las técnicas y procedimientos de las creaciones existentes en aplicaciones móviles hasta entonces, el análisis llevado a cabo revela un incremento evidente de técnicas y algoritmos de detección de objetos que se desarrollan en dispositivos móviles para personas con deficiencia visual.

Se observa en la figura 3, el porcentaje de efecto de las propuestas científicas en las distintas bases de datos escogidas en este estudio, en la que cuál se obtuvo que Scopus e IEEEExplore devuelven más publicaciones que abarcan el asunto de investigación con un 36% cada una, Web of Science con un 15% y Springer con un 12%.

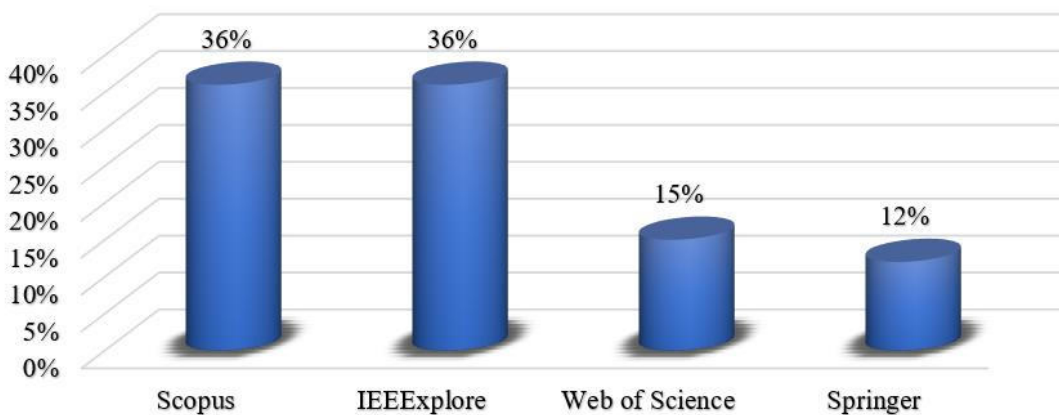


Figura 3. Efecto porcentual de las publicaciones científicas.

Para la pregunta, ¿En qué tipo de publicaciones es común hallar la producción científica en el campo de la inteligencia artificial?; se obtiene que el 52% el porcentaje de documentos son de conferencias [9], [11], [12], [13], [15], [17], [19], [20], [29], [35], [25], [42], [36], [26], [27], [43], [30], el 42% correspondiente a trabajos de investigación o artículos científicos [14], [34], [38], [24], [37], [44], [45], [46], [31], [32], [33], [28], [47], [39], y un 6% son trabajos de revisión de literatura [18], [48].

4. DISCUSIÓN

El desarrollo de esta investigación se llevó a cabo en procesos de un mapeo sistemático, dichos criterios hicieron viable la validación y reproducción de la presente iniciativa. Se presentó la elaboración del protocolo, los resultados conseguidos desde el estudio del asunto y las conclusiones alcanzadas. Para el mapeo sistemático del asunto presentado, se obtuvieron varias visualizaciones importantes: la mayor parte de la producción científica elegida para este trabajo usa técnicas o campos de la IA como *Machine Learning* (ML) (28%), redes neuronales artificiales (38%) y visión artificial (39%) entre los años 2018 y 2021, lo que muestra la gran acogida y efectividad que tiene este campo para los investigadores y su trascendencia hoy en día. El análisis coincide con [17] en los pasos para conceptualizar el protocolo del mapeo sistemático y la realización de las preguntas. Desde el estudio de los resultados, es considerada la inteligencia artificial y el ML como una nueva base tecnológica, como material que logra avanzar a la sociedad [9].

5. CONCLUSIONES

En concreto, esta iniciativa examina el actual estado del arte de la inteligencia artificial y sintetiza además las tendencias de investigación en la discapacidad visual. Al tener la primera proporción de 575 artículos que poseen interacción con IA y después de realizar intensivas consultas, se obtienen 33 trabajos importantes que son parte importante del estudio a partir del año 2017, se evidencia que diferentes estudios han optado por incursionar en este campo tecnológico de las ciencias de la computación, la misma que está siendo investigada y enfocada a la discapacidad visual. Se logra encontrar que las primordiales técnicas de inteligencia artificial empleadas en los estudios desde el 2017 fueron: Redes neuronales artificiales, aprendizaje automático, visión artificial y procesamiento del lenguaje natural. Se localiza además que la más grande proporción de propuestas científicas hacen hincapié en las técnicas de *Machine Learning*, redes neuronales artificiales y visión artificial en sus estudios, cuyos porcentajes de impacto corresponden a un 28%, 38% y 39% para todas ellas. En el mundo actual en el que vivimos, donde la tecnología evoluciona a un ritmo sin antecedentes, la IA junto con las técnicas que se emplean en la misma, proyectan sin duda un papel de mayor relevancia sobre la perspectiva de una sociedad mejor. Más precisamente, la IA en la discapacidad visual optimiza en cierta medida el apoyo a personas que muestran baja visión. Se espera que la IA logre abordar más inconvenientes intratables y hacer que la valoración y el procedimiento de soluciones basadas en esta tecnología sean más eficaces, exactas y logren estar disponibles para los individuos de todo el planeta, dando por sentado una verdadera revolución para la calidad de vida de las personas con discapacidad.

REFERENCIAS

- [1] J. Liu, “Artificial Intelligence and Data Analytics Applications in Healthcare General Review and Case Studies,” *ACM Int. Conf. Proceeding Ser.*, pp. 49–53, 2020, doi: 10.1145/3433996.3434006.
- [2] J. Llerena-Izquierdo, F. Procel-Jupiter, and A. Cunalema-Arana, “Mobile Application with Cloud-Based Computer Vision Capability for University Students’ Library Services,” *Adv. Intell. Syst. Comput.*, vol. 1277, pp. 3–15, Jun. 2021, doi: 10.1007/978-3-030-60467-7_1.
- [3] K. Chakravadhanula, “A smartphone-based test and predictive models for rapid, non-invasive, and point-of-care monitoring of ocular and cardiovascular complications related to diabetes,” *Informatics Med. Unlocked*, vol. 24, Oct. 2021, doi: 10.1016/j.imu.2020.100485.
- [4] A. Russo, “Some Ethical Issues in the Review Process of Machine Learning Conferences,” Jun. 2021, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/2106.00810>.
- [5] D. Hendrycks, N. Carlini, J. Schulman, and J. Steinhardt, “Unsolved Problems in ML Safety,” Sep. 2021, [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2109.13916v1>.
- [6] X. Zhang, Y. Hu, J. Fang, Z. Xiao, R. Higashita, and J. Liu, “Machine Learning for Cataract Classification and Grading on Ophthalmic Imaging Modalities: A Survey,” vol. 14, no. 8, Dec. 2020, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/2012.04830>.
- [7] A. Radford *et al.*, “Learning Transferable Visual Models From Natural Language Supervision,” Feb. 2021, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/2103.00020>.
- [8] D. Müller, I. Soto-rey, and F. Kramer, “Multi-Disease Detection in Retinal Imaging Based on Ensembling Heterogeneous Deep Learning Models,” no. March, pp. 6–11, Mar. 2021, [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2103.14660v1>.
- [9] A. Schmidt, “Interactive Human Centered Artificial Intelligence: A Definition and

- Research Challenges,” *ACM Int. Conf. Proceeding Ser.*, 2020, doi: 10.1145/3399715.3400873.
- [10] Organización Mundial de la Salud, “Ceguera y discapacidad visual,” Feb. 2021. .
- [11] A. G. Sareeka, K. Kirthika, M. R. Gowthame, and V. Sucharitha, “Impaired Using Image Recognition,” *2018 2nd Int. Conf. Inven. Syst. Control*, no. Icisc, pp. 174–178, 2018.
- [12] S. Chinchole and S. Patel, “Artificial intelligence and sensors based assistive system for the visually impaired people,” *Proc. Int. Conf. Intell. Sustain. Syst. ICISS 2017*, no. Iciss, pp. 16–19, 2018, doi: 10.1109/ISS1.2017.8389401.
- [13] C. Mendieta, C. Ramos, and A. Cerón, “Towards the development of a system for the support of people with visual disabilities using computer vision,” *Commun. Comput. Inf. Sci.*, vol. 851, pp. 48–53, 2018, doi: 10.1007/978-3-319-92279-9_6.
- [14] S. Santoki and N. Patvardhan, “To research the advantages and limitations of AI based app in the indian context for the visually challenged,” *Int. J. Innov. Technol. Explor. Eng.*, vol. 8, no. 6 Special Issue 4, pp. 271–278, 2019, doi: 10.35940/ijitee.F1056.0486S419.
- [15] E. Vocaturo and E. Zumpano, “The contribution of AI in the detection of the Diabetic Retinopathy,” *Proc. - 2020 IEEE Int. Conf. Bioinforma. Biomed. BIBM 2020*, pp. 1516–1519, 2020, doi: 10.1109/BIBM49941.2020.9313541.
- [16] G. Silva, P. S. Neto, R. S. Moura, A. C. Araujo, O. C. D. C. Castro, and I. Ibiapina, “An Approach to Support the Selection of Relevant Studies in Systematic Review and Systematic Mappings,” *Proc. - 2019 Brazilian Conf. Intell. Syst. BRACIS 2019*, pp. 824–829, 2019, doi: 10.1109/BRACIS.2019.00147.
- [17] E. Pinheiro Lima Neto, R. Martins Da Costa, D. Silva Alves Fernandes, and F. Alphonsus Alves De Melo Nunes Soares, “Sensory substitution of vision: A systematic mapping and a deep learning object detection proposition,” *Proc. - Int. Conf. Tools with Artif. Intell. ICTAI*, vol. 2019-Novem, pp. 1815–1819, 2019, doi: 10.1109/ICTAI.2019.00274.
- [18] Z. A. Nor Hisham, M. A. Faudzi, A. A. Ghapar, and F. A. Rahim, “A Systematic Literature Review of the Mobile Application for Object Recognition for Visually Impaired People,” *2020 8th Int. Conf. Inf. Technol. Multimedia, ICIMU 2020*, pp. 316–322, 2020, doi: 10.1109/ICIMU49871.2020.9243523.
- [19] L. Wen, Y. Lu, H. Li, S. Long, and J. Li, “Detecting of research front topic in artificial intelligence based on SciVal,” *ACM Int. Conf. Proceeding Ser.*, pp. 145–149, 2020, doi: 10.1145/3421766.3421799.
- [20] Y. Wen *et al.*, “On Automatic Detection of Central Serous Chorioretinopathy and Central Exudative Chorioretinopathy in Fundus Images,” *Proc. - 2020 IEEE Int. Conf. Bioinforma. Biomed. BIBM 2020*, pp. 1161–1165, 2020, doi: 10.1109/BIBM49941.2020.9313274.
- [21] R. Motz *et al.*, “Automating systematic mappings, adding quality to quantity,” *Proc. - 2017 IEEE/ACM 39th Int. Conf. Softw. Eng. Companion, ICSE-C 2017*, vol. 2, pp. 167–168, 2017, doi: 10.1109/ICSE-C.2017.111.
- [22] C. Noosrikong, S. Ngamsuriyaroj, and S. P. N. Ayudhya, “Identifying focus research areas of computer science researchers from publications,” *IEEE Reg. 10 Annu. Int. Conf. Proceedings/TENCON*, vol. 2017-December, pp. 811–816, 2017, doi: 10.1109/TENCON.2017.8227970.

- [23] A. Fombona Cadavieco, M. Pascual Sevillano, and M. González Videgaray, “M-learning y realidad aumentada : revisión de literatura científica en el repositorio WoS,” *Comun. Rev. científica Iberoam. Comun. y Educ.*, pp. 63–72, 2017.
- [24] B. S. Lin, C. C. Lee, and P. Y. Chiang, “Simple smartphone-based guiding system for visually impaired people,” *Sensors (Switzerland)*, vol. 17, no. 6, 2017, doi: 10.3390/s17061371.
- [25] J. Wang, K. Yang, W. Hu, and K. Wang, “An Environmental Perception and Navigational Assistance System for Visually Impaired Persons Based on Semantic Stixels and Sound Interaction,” *Proc. - 2018 IEEE Int. Conf. Syst. Man, Cybern. SMC 2018*, pp. 1921–1926, 2019, doi: 10.1109/SMC.2018.00332.
- [26] H. Alsaid, L. Alkhatib, A. Aloraidh, S. Alhaidar, and A. Bashar, “Deep Learning Assisted Smart Glasses as Educational Aid for Visually Challenged Students,” *2019 2nd Int. Conf. New Trends Comput. Sci. ICTCS 2019 - Proc.*, 2019, doi: 10.1109/ICTCS.2019.8923044.
- [27] F. Al-Muqbali, N. Al-Tourshi, K. Al-Kiyumi, and F. Hajmohideen, “Smart Technologies for Visually Impaired: Assisting and conquering infirmity of blind people using AI Technologies,” *Proc. - 2020 12th Annu. Undergrad. Res. Conf. Appl. Comput. URC 2020*, pp. 1–4, 2020, doi: 10.1109/URC49805.2020.9099184.
- [28] S. Gheisari *et al.*, “A combined convolutional and recurrent neural network for enhanced glaucoma detection,” *Sci. Rep.*, vol. 11, no. 1, pp. 1–11, 2021, doi: 10.1038/s41598-021-81554-4.
- [29] J. Ran, K. Niu, Z. He, H. Zhang, and H. Song, “Cataract Detection and Grading Based on Combination of Deep Convolutional Neural Network and Random Forests,” *Proc. 2018 6th IEEE Int. Conf. Netw. Infrastruct. Digit. Content, IC-NIDC 2018*, vol. 7, pp. 155–159, 2018, doi: 10.1109/ICNIDC.2018.8525852.
- [30] N. Shoeibi, F. Karimi, and J. M. Corchado, *Artificial intelligence as a way of overcoming visual disorders: Damages related to visual cortex, optic nerves and eyes*, vol. 1004. Springer International Publishing, 2020.
- [31] C. Fariselli, A. Vega-Estrada, F. Arnalich-Montiel, and J. L. Alio, “Artificial neural network to guide intracorneal ring segments implantation for keratoconus treatment: a pilot study,” *Eye Vis.*, vol. 7, no. 1, pp. 1–12, 2020, doi: 10.1186/s40662-020-00184-5.
- [32] S. Asano *et al.*, “Predicting the central 10 degrees visual field in glaucoma by applying a deep learning algorithm to optical coherence tomography images,” *Sci. Rep.*, vol. 11, no. 1, pp. 1–10, 2021, doi: 10.1038/s41598-020-79494-6.
- [33] C. Bhardwaj, S. Jain, and M. Sood, “Deep Learning–Based Diabetic Retinopathy Severity Grading System Employing Quadrant Ensemble Model,” *J. Digit. Imaging*, no. 0123456789, 2021, doi: 10.1007/s10278-021-00418-5.
- [34] B. Mocanu, R. Tapu, and T. Zaharia, “DEEP-SEE FACE: A Mobile Face Recognition System Dedicated to Visually Impaired People,” *IEEE Access*, vol. 6, pp. 51975–51985, 2018, doi: 10.1109/ACCESS.2018.2870334.
- [35] M. M. Nasralla, I. U. Rehman, D. Sobnath, and S. Paiva, *Computer vision and deep learning-enabled UAVs: Proposed use cases for visually impaired people in a smart city*, vol. 1089. Springer International Publishing, 2019.
- [36] T. P. Proma, M. Z. Hossan, and M. A. Amin, “Medicine recognition from colors and text,” *ACM Int. Conf. Proceeding Ser.*, pp. 39–43, 2019, doi: 10.1145/3338472.3338484.

- [37] R. C. Joshi, S. Yadav, M. K. Dutta, and C. M. Travieso-Gonzalez, "Efficient Multi-Object Detection and Smart Navigation Using Artificial Intelligence for Visually Impaired People," *Entropy*, vol. 22, no. 9, p. 941, Aug. 2020, doi: 10.3390/e22090941.
- [38] S. Saha, F. H. Shakal, and M. Mahmood, "Visual, navigation and communication aid for visually impaired person," *Int. J. Electr. Comput. Eng.*, vol. 11, no. 2, pp. 1276–1283, 2021, doi: 10.11591/ijece.v11i2.pp1276-1283.
- [39] A. Lo Valvo, D. Croce, D. Garlisi, F. Giuliano, L. Giarré, and I. Tinnirello, "A Navigation and Augmented Reality System for Visually Impaired People," *Sensors (Basel)*, vol. 21, no. 9, pp. 1–15, 2021, doi: 10.3390/s21093061.
- [40] K. A. AlAfandy, H. Omara, M. Lazaar, and M. Al Achhab, "Artificial neural networks optimization and convolution neural networks to classifying images in remote sensing: A review," *PervasiveHealth Pervasive Comput. Technol. Healthc.*, 2019, doi: 10.1145/3372938.3372945.
- [41] S. Yao, S. Hu, Y. Zhao, A. Zhang, and T. Abdelzaher, "DeepSense," pp. 351–360, 2017, doi: 10.1145/3038912.3052577.
- [42] D. Gavrilov, A. Melerzanov, N. Schelkunov, and A. Gorodilov, "Artificial Intelligence Image Recognition Inhealthcare," *Proc. - 2018 Int. Conf. Artif. Intell. Appl. Innov. IC-AIAI 2018*, pp. 24–26, 2019, doi: 10.1109/IC-AIAI.2018.8674442.
- [43] C. Morrison *et al.*, "Social Sensemaking with AI: Designing an Open-ended AI Experience with a Blind Child," pp. 1–14, 2021, doi: 10.1145/3411764.3445290.
- [44] C. Morrison, E. Cutrell, A. Dhareshwar, K. Doherty, A. Thieme, and A. Taylor, "Imagining artificial intelligence applications with people with visual disabilities using tactile ideation," *ASSETS 2017 - Proc. 19th Int. ACM SIGACCESS Conf. Comput. Access.*, pp. 81–90, 2017, doi: 10.1145/3132525.3132530.
- [45] S. Santoki and N. Patvardhan, "Focus on transforming than reforming the ai based image recognizing app for the visually challenged, in the Indian context.," *Int. J. Eng. Adv. Technol.*, vol. 8, no. 6 Special Issue, pp. 203–210, 2019, doi: 10.35940/ijeat.F1041.0886S19.
- [46] R. Cheng, K. Wang, J. Bai, and Z. Xu, "Unifying Visual Localization and Scene Recognition for People with Visual Impairment," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 64284–64296, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2984718.
- [47] L. Masin *et al.*, "A novel retinal ganglion cell quantification tool based on deep learning," *Sci. Rep.*, vol. 11, no. 1, pp. 1–13, 2021, doi: 10.1038/s41598-020-80308-y.
- [48] A. F. B. A. de Oliveira and L. V. L. Filgueiras, "Developer assistance tools for creating native mobile applications accessible to visually impaired people: A systematic review," *ACM Int. Conf. Proceeding Ser.*, 2018, doi: 10.1145/3274192.3274208.

Comparative cost per kilowatt of the latest hydropower projects in Ecuador

(Costo comparativo por kilovatio de los últimos proyectos hidroeléctricos en Ecuador)

Sebastián Naranjo-Silva¹, Diego Javier Punina Guerrero², Javier Álvarez del Castillo¹

¹ Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España

² Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador

hector.sebastian.naranjo@upc.edu, dpuninag2@uteq.edu.ec, javier.alvarez@upc.edu

Resumen: La hidroelectricidad es la mayor fuente renovable globalmente utilizada, para el 2020 ésta constituye el 77% de la matriz energética en Ecuador, pero los costos con los cuales se desarrollan estos proyectos generan el cuestionamiento entre el costo y beneficio de dichas inversiones debido a los impactos sociales, ambientales y culturales que se crean. Mediante una metodología cuantitativa en base a términos de inclusión y exclusión se encontró que las últimas cinco centrales hidroeléctricas del Ecuador inauguradas en el período 2015 – 2019 contienen costos más altos del promedio global en comparación con el cálculo de la Agencia Internacional de las Energías Renovables, específicamente, para Coca Codo Sinclair se tiene un 79% de incremento, 34% para Sopladora, 21% para Minas San Francisco, 12% para Delsintagua y 119% para la central Manduriacu. Además, el costo promedio globalmente calculado por IRENA en el 2020 fue 1,472 USD/kWh, en el caso promedio de 499 MW del Ecuador se tiene un costo de 2,018 USD/kWh, valor 37% adicional a manera comparativa. Las decisiones de inversión en nuevos proyectos hidroeléctricos deben mejorarse con base en los datos de las plantas existentes, buscando mitigar los impactos, generando un análisis crítico y definiendo las metas del país con las poblaciones involucradas.

Palabras clave: Ecuador, costo, hidroeléctricas, energía, renovable, kilovatio.

Abstract: Hydropower is the largest renewable source globally used, and in Ecuador, by 2020, the energy grid was 77% hydroelectric, but the costs with which these projects are developed generate questioning between the cost and benefit of said investments due to the social, environmental and cultural impacts created. Through a quantitative methodology based on inclusion and exclusion terms that developed comparisons, it was found that the last five hydropower projects in Ecuador inaugurated in the period 2015 - 2019 contain higher costs than the global average in comparison by the calculation by the International Renewable Energy Agency, specifically, for Coca Codo Sinclair, there is a 79% increase, 34% for Sopladora, 21% for Minas San Francisco, 12% for Delsintagua and 119% for the Manduriacu plant. In addition, the global average cost calculated by IRENA in 2020 was 1,472 USD/kW in the average case of 499 MW in Ecuador, there is a cost of 2,018 USD/kW, an additional 37% value for comparison. Investment decisions in new hydropower projects should be improved based on data from existing plants, seeking to mitigate the impacts, doing critical analysis, and defining the country goals with the involved communities.

Keywords: Ecuador, cost, hydroelectric, energy, renewable, kilowatt.

1. INTRODUCTION

Hydroelectricity is the largest renewable source used; by 2020, around 14,000 projects operating activity as a widely used technology from a total of 180 countries in the world that reported benefiting [1], [2]. According to the International Hydropower Association (IHA), the

global hydroelectric capacity in 2020 was 1,330 GW. In Figure 1, we see the countries that lead this type of energy source.

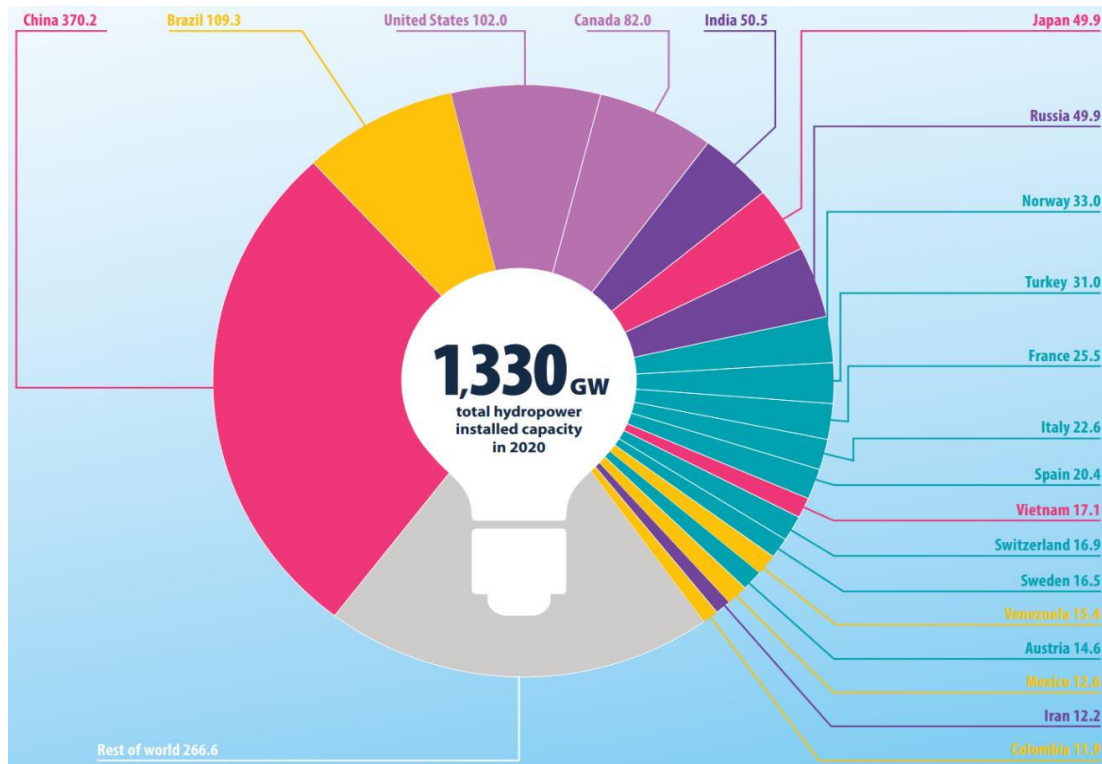


Figure 1. World hydropower capacity installed in 2020 [3].

But, despite its renewable nature, hydropower has environmental and social impacts that produce its use, as well as limitations of economic feasibility, making hydropower a subsector of special attention for its development in a sustainable way [4], [5].

The fact that hydropower is renewable should not suggest that adverse effects, the called "clean" energies are never clean when they are produced on a large scale or produce a drastic change, on the contrary, it has severe impacts on human lives and natural ecosystems, often irreversible [6].

Tuula Teravainen mentions technical, ecological, territorial, and cultural transformations at different levels and spaces of society where hydropower projects often involve conflicts, new knowledge regimes, other local practices, global mitigation frameworks, and water resources management [7].

Hydropower development requires built dams and large-scale infrastructure, as well as the opening of roads, water channels, pipelines, and other facilities that are not a novelty but that do find particularities, benefits, and disadvantages that characterize the process as that hydroelectric projects need extensive infrastructure that is often not based on territorial expansion plans or social and environmental compensation [8].

In addition, in developing countries that seek to increase their energy grid with massive hydropower expansion plans, abrupt changes are generated without analyzing the necessary support to produce sustainable electricity from the costs per project and per kWh that may be too high [9].

On the one hand, the infrastructure for hydropower production necessary in several countries is found in rural areas inhabited by peasant, indigenous or small farmer populations that are generally economically vulnerable, where the degree of social, environmental, and economic marginalization is marked, hydroelectric facilities imply a high degree of affectation from the movement of populations to the lifestyle change [10], [11]. Moreover, these hydroelectric projects are rarely promoted by people in those areas due to the changes they imply [12].

For this purpose, hydropower is the only renewable technology with a solid and binding interaction with the environment, particularly the need for a comprehensive cost-benefit assessment to build resilience and diversification in electricity grids [13], [14].

On the other hand, the value of the last five hydroelectric projects inaugurated in Ecuador in 2015-2019 shows wide divergences in the USD/kW percentage values of Ecuador were calculated compared to the global average [15]. For example, Coca Codo Sinclair has a 79% increase, 34% for Sopladora, 21% for Minas San Francisco, 12% for Delsintagua and 119% for the Manduriacu plant.

This document aims to compare the productive cost of each kilowatt of the last five hydropower projects in Ecuador (Coca Codo Sinclair, Sopladora, Minas San Francisco, Delsintagua, and Manduriacu) performing a critical analysis and evaluation of hydroelectricity to develop academic and professional contexts within a globalized society with little environmental awareness.

2. METHODOLOGY

The article's methodology is quantitative investigative, seeking to evaluate the cost of the kW of the last hydropower projects in Ecuador versus the benefit of the investments generated in recent years. About representative sources of scientific information are verified, evaluating specific publishers such as Elsevier and Taylor & Francis to select the best articles that serve as a reference using relevant criteria.

A search protocol was generated in a structured way with Boolean operators using described routes analyzed as indicated in Figure 2 to synthesize and consolidate the results. 169 articles were found on the search, but inclusion terms give 59 documents were filtered for the period from 2015 to 2021 of hydropower cost reference in Ecuador; later, 38 duplicate sources or documents without quantitative data were excluded, leaving 21 sources referenced in this paper.

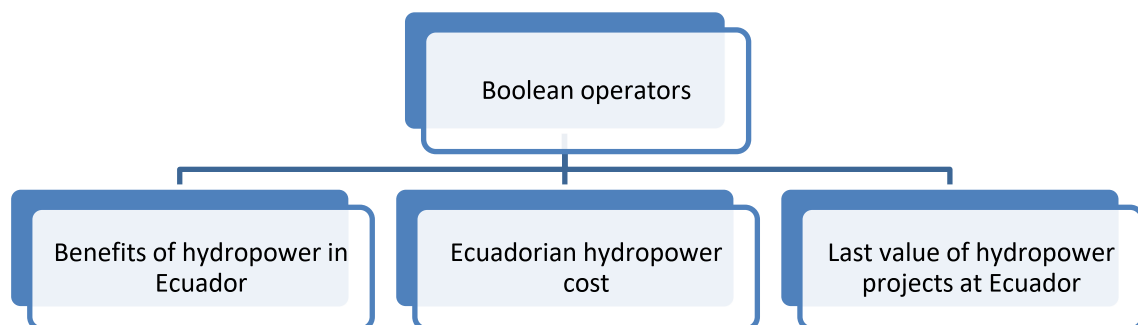


Figure 2. Used methodology

We selected the Elsevier and Taylor & Francis databases because they have more articles and journals related to renewable energies investigations. The 21 sources have the inclusion criteria and were examined further to assess the factors associated with the support for hydropower cost developments. The primary factors that influenced the paper were hydropower projects that

included terms as benefits of hydropower, cost, socio-economic impacts associated, and last value of hydropower projects in Ecuador.

This paper methodology will provide insight into future research that may guide the development of more effective communication strategies and hydropower policy development.

In addition to knowing local data from direct sources, the entities in charge of formulating energy control policies were consulted, such as the Ministry of Energy and Non-Renewable Natural Resources of Ecuador and its attached entity, the Electricity Corporation of Ecuador (CELEC in Spanish).

3. RESULTS

3.1. Hydropower

International Renewable Energy Agency (IRENA) established that in 2016 more than 1 billion people covered their demand with hydropower. It is the third-largest source of electricity generation and first of renewables [16].

The International Hydropower Association establishes that in 2020, 4,370 TWh of hydroelectricity were generated, having a growth of 1.1% more than in 2019. In addition, an additional 1.6% of 2019 was added [3]. On the other hand, to demonstrate the breadth of this source, IRENA produces renewable energy statistics, showing 2020 hydropower distribution in capacity in GW and percentage deployed by region in Figure 3 [17].

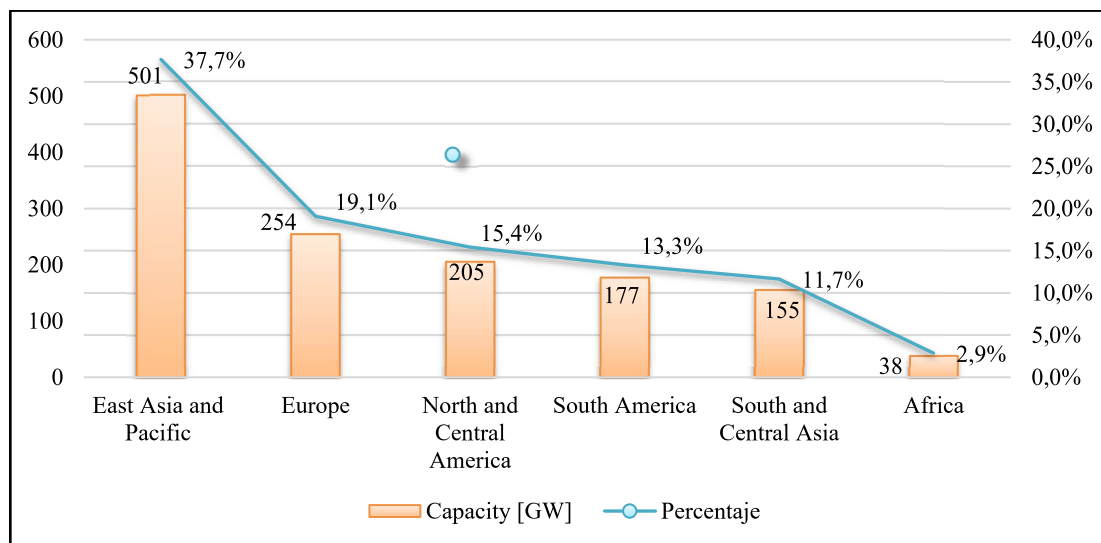


Figure 3. Distribution of hydropower capacity by 2020. [17].

As Figure 3, East Asia is the region with more implemented hydropower with 501 GW, besides Europe and North and Central America with 254 and 205 GW, respectively. Thus, in 2018 the global hydropower capacity was 1,292 GW; in 2019, 1308 GW increased at a compound annual rate of around 3.5% in the last five years (2015 - 2019), as indicated by Figure 4 [18].

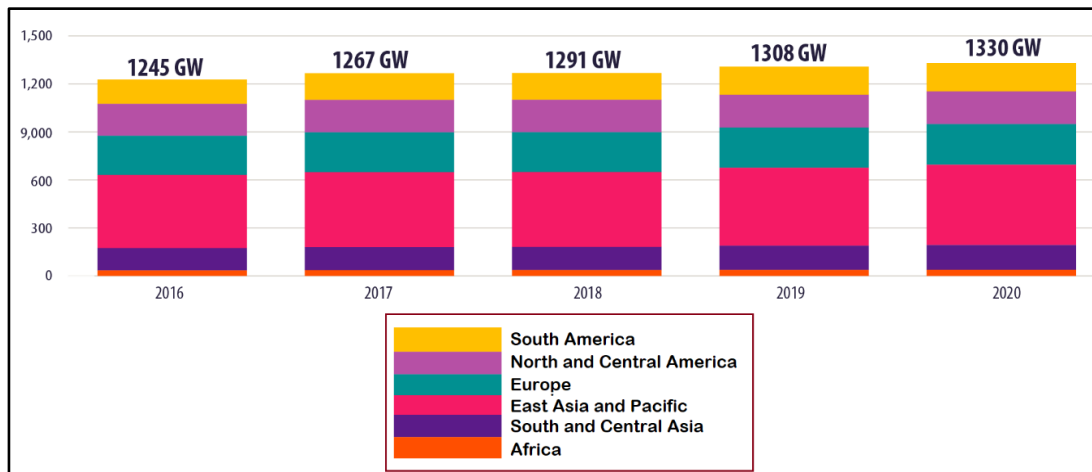


Figure 4. Global hydropower growth by region (2016-2020) [3]

In addition, with data from 2015, currently, around 160 GW of hydropower capacity are being built, and more than 1,000 MW are planned, with approximately 1,200 large dams under construction in 49 countries around the world, mainly in Asia. It 347 are important dams with a height of more than 60 meters. In Figure 5, the dam projects are under construction or globally planned [19], [20].

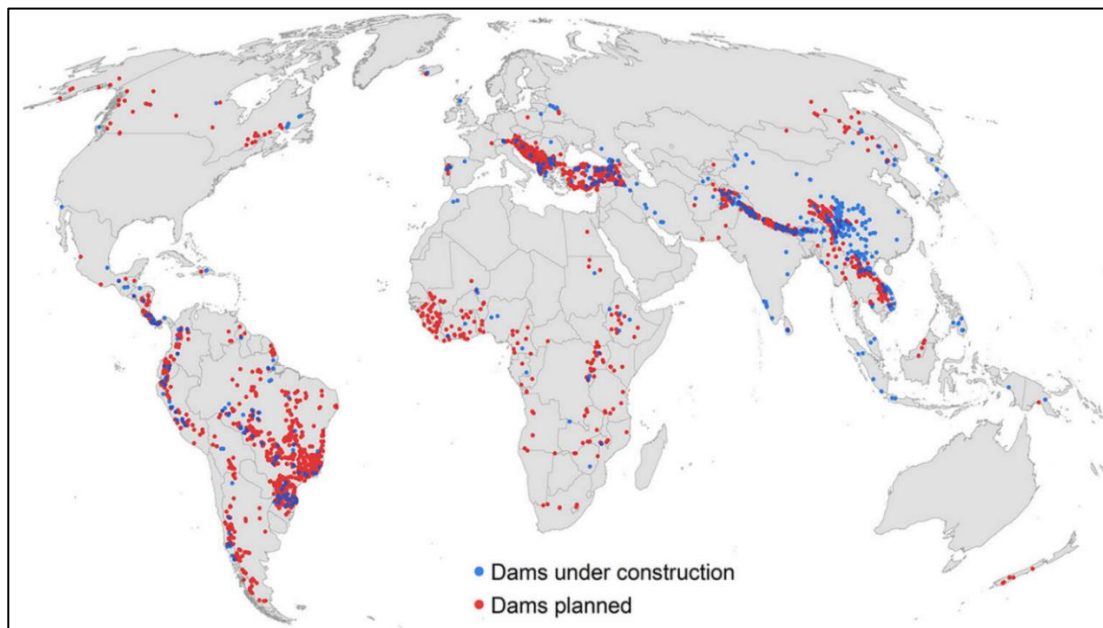


Figure 5. Hydropower dams are under construction and planned until 2030 [20].

Hydropower is widely deployed in developed countries, which take advantage of more than 50% of its viable technical potential, and emerging economies have invested between 20% and 30% of its potential. Africa is an extreme case, where only 7% of the hydroelectric potential is executed [21].

On the other hand, to define the relationship of hydropower and impacts from different areas of knowledge, perspectives are compared and emerge with the technical research support; for example, the World Bank developed the Hydropower Sustainability Assessment Protocol (HSAP).

The HSAP is a tool to guide and supports hydropower development seeking to mitigate effects in the partner countries of the World Bank [22]. The last update of the protocol is from 2018, where awareness is created through commitment at the sector level with a document that assesses sustainability using an approach and consideration of the Life Cycle Assessment (LCA) and from the perspective of the complete hydroelectric system. i.e., analyze reservoir, dam, power plant, transmission, project location, and surroundings [23].

3.2. Cost of hydropower projects in Ecuador

Between 2007 and 2017, the country invested close to USD 6 billion in eight hydropower projects to double its capacity (Manduriacu, Sopladora, Delsitanisagua, Mazar Dudas, Minas San Francisco, Quijos, Toachi Pilatón, and Coca Codo Sinclair), [24]. According to the International Hydropower Association, Ecuador ranked third after China and Brazil for countries that added new capacity in 2016 [25]. In addition, data from the Electricity Corporation of Ecuador mentions in 2020, Ecuador generated around 77% of all energy through hydroelectricity [26].

In Ecuador, these large hydropower infrastructures are due to tropical conditions with strong water currents. Then the Figure 6 of projects according to the main basins of the country to reference the hydropower potential and locations.

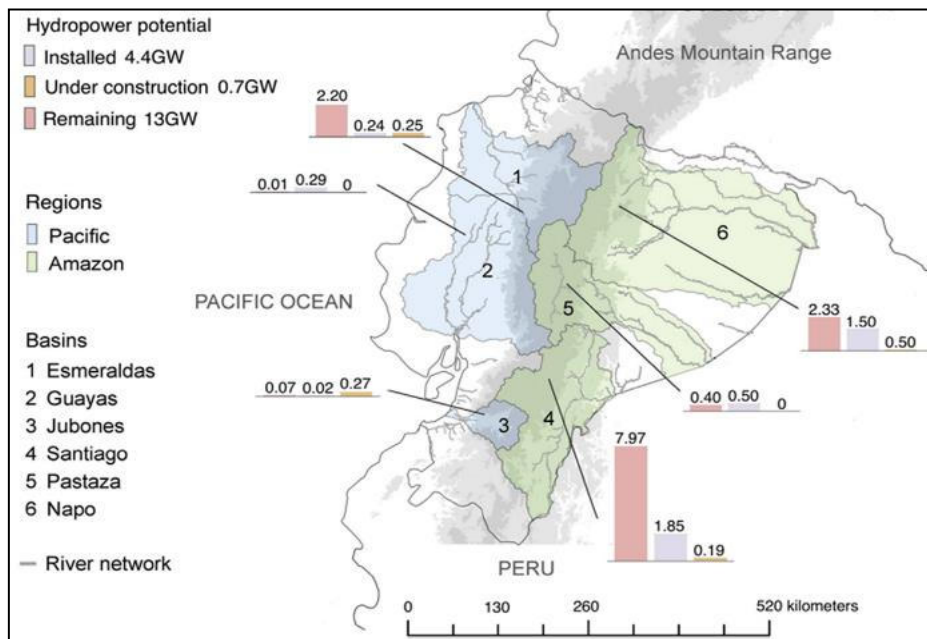


Figure 6. Ecuador's main basins and their hydroelectric potential in GW [27], [28].

According to the Electricity Corporation of Ecuador, the value of the last five hydropower projects in Ecuador inaugurated between 2015 and 2019 is determined in Table 1 when the energy grid increased the percentage of renewable energy [15], [27].

The average information of the last five (5) hydroelectric projects of the Electricity Corporation of Ecuador establishes that, for four generating units with an average power of 499 MW, the cost is extremely expensive of more than one billion dollars, which does not consider the high environmental, social and cultural impacts intangibly developed. Then, a cost-benefit relationship is generated.

Table 1. Cost and investment of hydropower projects in Ecuador [15], [27].

Item	Hydropower projects	Power [MW]	Power [kW]	Units number [U]	Investment [USD]	Cost per kilowatt [USD/kW]	Cost per generating unit [USD/U]
1	Coca Codo Sinclair	1,500	1,500,000	8	2,850,966,262	1,901	356,370,783
2	Sopladora	487	487,000	3	962,846,620	1,977	320,948,873
3	Minas San Francisco	270	270,000	3	662,480,054	2,454	220,826,685
4	Delsintagua	180	180,000	3	334,843,245	1,860	111,614,415
5	Manduriacu	60	60,000	2	227,389,966	3,790	113,694,983
Average		499	499,400	4	1,007,705,229	2,396	224,691,148

$$\text{Relation} = \frac{\text{Average cost}}{\text{Energy benefit}} \quad 1$$

$$\text{Average relation} = \frac{1,007,705,229 \text{ USD}}{499.4 \text{ MW}}$$

$$\text{Average relation} = 2,017,831 \frac{\text{USD}}{\text{MW}}$$

$$\text{Average relation} = 2,018 \frac{\text{USD}}{\text{kW}}$$

In other words, each kilowatt of average hydropower installed in Ecuador costs around 2,000 US dollars, an extreme value, if the aggressive changes in the ecosystems mentioned above are taken into account.

According to International Renewable Energy Agency in the 2020 renewable energy cost analysis, the cost-benefit of hydroelectricity depends on several factors such as the size of each project, type of plant. Still, in 2020, the global average installation cost of hydropower projects increased to 1,870 USD/kW, 9% more than in 2019. In addition, the international average installation cost in 2020 was the highest value recorded since 2010 [29], as the Figure 7.

The increase in the cost of hydropower is explained by the higher proportion of installed capacity deployment in other countries or regions with higher average installation costs. In Turkey, for example, 2.5 GW was added in 2020, while there was also a higher share of deployment in Eurasia and Asia in 2020 compared to 2019 [29]. Followed in Figure 7, the median prices illustration from 2010 to 2020 for hydropower, presents at the global level.

In Figure 7, the total installation costs for most hydro projects commissioned between 2010 and 2020 range from a minimum of around 600 USD/kW to a maximum of about 4,500 USD/kW. However, we can find projects outside of this range. For example, adding hydroelectric capacity to an existing dam built for other purposes can cost significantly less at 450 USD/kW. In contrast, remote sites with poor infrastructure far from existing transmission networks can cost considerably more [17]. Furthermore, in Table 2, the specific detail by the capacity of each hydropower project is calculated by IRENA [29].

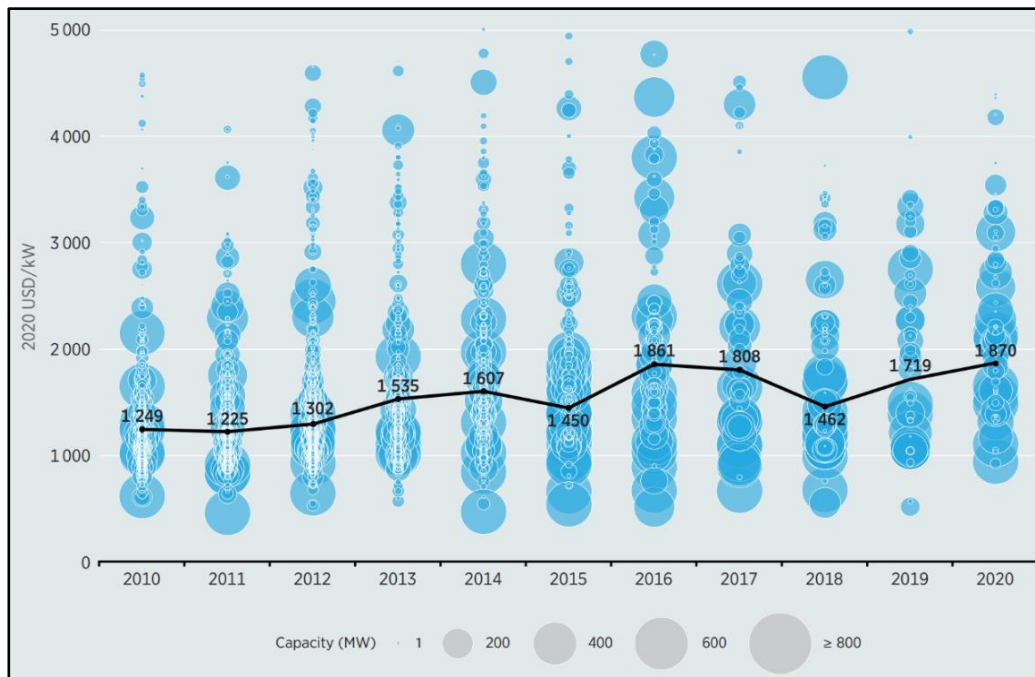


Figure 7. Hydropower installation costs per kW at the global level [29]

Table 2. Average investment and by percentile about hydropower capacity [29]

No.	Capacity [MW]	5th percentile [2020 USD / kW]	Weighted average [2020 USD / kW]
1	0-50	807	1,518
2	51-100	836	1,728
3	101-150	890	1,685
4	151-200	805	1,656
5	201-250	886	1,730
6	251-300	789	2,022
7	301-350	896	1,927
8	351-400	652	1,632
9	401-450	1,155	1,925
10	451-500	918	1,472
11	501-550	1,074	1,467
12	551-600	1,296	1,817
13	601-650	1,034	1,401
14	651-700	743	1,928
15	701-750	933	1,392
16	751-800	1,034	1,519
17	801-850	1,137	1,769
18	851-900	8,261	1,368
19	901 onwards	635	1,063

Such as set out in the Ecuador costs and global average, hydropower is a capital-intensive technology, often requiring long lead times, especially for large-capacity projects. The delivery time includes permitting, site development, construction, and commissioning. Hydropower projects are large and complex, with high civil engineering development and extensive site surveys, inflow data collection (if not available), environmental assessments, and permits all take time [29], [30].

4. DISCUSSION

According to the projected scenarios, hydropower will be susceptible, between 2010 and 2020, the global weighted average total cost of installing new projects increased from 1,249 USD/kW to 1,870 USD/kW, the year-over-year increase is driven by implementation in different regions and changes in specific [29]. Table 3 exposes the comparison by the capacity to supply of each project in Ecuador versus the global average from Table 2 data in bold.

Table 3. Hydropower costs comparison in Ecuador. [15], [27].

Item	Hydropower project	Capacity [MW]	Investment [USD]	Cost per kilowatt at Ecuador [USD/kW]	Cost per size according to IRENA [USD/kW]	Increase (Ecuador/Average) IRENA
1	Coca Codo Sinclair	1,500	2,850,966,262	1,901	1,063	79%
2	Sopladora	487	962,846,620	1,977	1,472	34%
3	Minas San Francisco	270	662,480,054	2,454	2,022	21%
4	Delsintagua	180	334,843,245	1,860	1,656	12%
5	Manduriacu	60	227,389,966	3,790	1,728	119%

As Table 3 compares in Ecuador, there are costs with a reasonably representative increase compared to the average that IRENA determines globally for 2020. Moreover, we take the middling of cost per kilowatt in Table 1; the calculations were made based on the developed project's size, averaging the cost and capacity of the five projects in the country, having the second comparison at Table 4.

Table 4. Average cost and power comparison of five hydroelectric plants in Ecuador. [15], [27].

Average capacity [MW]	Average investment [USD]	Cost per kilowatt at Ecuador [USD/kW]	Cost per size according to IRENA [USD/kW]	Increase (Ecuador/Average)
499	1,007,705,229	2,018	1,472	37%

Ecuador's cost variations versus the global average have considerable divergences. Moreover, in comparison, the hydropower with other renewable sources such as solar photovoltaic and wind cost, following data from the IRENA in Table 5 shows the relation of the investment on period 2010 – 2020 [29].

Table 5. The average cost of renewable sources. [29]

Source	2010 [USD/kW]	2020 [USD/kW]	Percent change
Hydropower	1,269	1,870	47%
Solar PV	4,731	883	-81%
Onshore wind	1,971	1,355	-31%

Table 5 reflects that the cost of hydroelectricity has risen substantially, and onshore wind and photovoltaic alone have significantly reduced. The role of hydropower will gradually change, from a firm generation that covers a demand to a flexible generation complementary to non-conventional renewable production such as wind, geothermal, tidal, and solar [31].

In addition, the real benefit caused by hydropower projects generates a comprehensive discussion for the uncertain future, such as besides authors.

- Michelle Van Vliet projects decreases in global average hydropower usable capacity from 0.4% to 6.1% in the Representative Concentration Scenarios (RCP), RCP 2.6 to RCP 8.5 for 2080 relative to 1971- 2000 due to water reductions in the United States, Europe, East Asia, South America, South Africa and Australia where substantial temperature increases are scheduled combined with drops in the average annual water flow [32].
- Matteo Mattmann generates a meta-analysis of hydropower externalities with the help of a database consisting of 81 observations derived from 29 studies that assess the impacts of hydropower. The study creates evidence of public aberration towards hydropower projects due to landscape changes, vegetation damage, and wildlife death. In addition, there is resistance to hydropower in areas where the external negative potential is significant; for example, in conservation areas, hydroelectric plants should be planned where they have the least possible impact on the environment and populations [33].

As studies show, hydropower and its complex impacts are commonly treated as independent, but consequences are not purely social, ecological, technical, or economic but related [34]. Policymakers, engineers, and builders must adopt methodologies or protocols to prioritize hydroelectric plants sustainably in different parts of the world, avoiding high construction costs [35].

The future of hydropower presents a challenging path for projects underway around the world through external variations [36]. Hence, hydropower will continue to be controversial renewable energy in the coming years, needing to evaluate risks, advantages, and viability, including the size and impacts of this source that actually in Ecuador has a significant cost of investment [37].

5. CONCLUSIONS

According to investment data from the last five hydropower projects in Ecuador inaugurated in the period 2015 - 2019, the calculated costs are higher than the global average for Coca Codo Sinclair there is a 79% increase, 34% for Sopladora, 21% for Minas San Francisco, 12% for Delsintagua and 119% for Manduriacu.

The global average cost for hydropower projects calculated by International Renewable Energy Agency in 2020 was 1870 USD/kW, in the average capacity case of 499 MW, Ecuador has a calculated cost of 2018 USD/kW, IRENA defined in 1472 USD/kW, it indicates a high value in 37% by comparison.

Investment decisions in new hydropower projects should be improved based on data from existing plants, seeking to mitigate the impacts on the environment and society, critical with knowledge of the effects and country goals.

The hydropower investment costs analyzed in Ecuador establish high amounts and criteria that do not determine the water overuse effects, basins deterioration, and natural conditions on the planet.

Before thinking about a mega hydropower construction with dams, it is necessary to analyze this future large-scale development with more accurate decisions about the actual efficiency of the projects and promote in the coming years the advancement of other unconventional energy sources such as wind, geothermal, and solar photovoltaic to mitigate social and environmental impacts.

REFERENCES

- [1] C. Llamosas and B. K. Sovacool, "The future of hydropower? A systematic review of the drivers, benefits and governance dynamics of transboundary dams," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 137, no. 0321, pp. 110–124, 2021, doi: 10.1016/j.rser.2020.110495.
- [2] ICOLD, "General Synthesis of World register of dams," 2021. [Online]. Available: https://www.icold-cigb.org/article/GB/world_register/general_synthesis/general-synthesis. [Accessed: 19-May-2021].
- [3] International Hydropower Association, "Hydropower Status Report 2021: Sector trends and insights," 2021.
- [4] J. L. Chiang, H. C. Yang, Y. R. Chen, and M. H. Lee, "Potential impact of climate change on hydropower generation in southern Taiwan," *Energy Procedia*, vol. 40, pp. 34–37, 2013, doi: 10.1016/j.egypro.2013.08.005.
- [5] S. Naranjo Silva, D. J. Punina Guerrero, and J. J. Morales Martinez, "Energía solar en paradas de bus una aplicación moderna y vanguardista," *Rev. InGenio*, vol. 4, no. 1, pp. 58–68, 2021, doi: 10.18779/ingenio.v4i1.368.
- [6] K. Daniel and M. Gaviria, "Impactos sociales y el tamaño óptimo de los megaproyectos hidroeléctricos," Universidad Nacional de Colombia, 2018.
- [7] T. Teräväinen, "Negotiating water and technology-Competing expectations and confronting knowledges in the case of the Coca Codo Sinclair in Ecuador," *Water (Switzerland)*, vol. 11, no. 3, pp. 1–18, 2019, doi: 10.3390/w11030411.
- [8] Y. Yang, T. Sammut-Bonnici, and J. McGee, "LAD Case Study of Funding Coca Codo Sinclair: Correa's Bet on Sustainable Power in Ecuador," *Wiley Encyclopedia of Management*, no. November, pp. 68–69, 2002.
- [9] D. A. Alvarez-Chiriboga, "Prediction model of the energy production of the Coca Codo Sinclair Hydroelectric Plant, based on computational learning techniques," Army Forces University of Ecuador, 2020.
- [10] R. Spalding-Fecher *et al.*, "The vulnerability of hydropower production in the Zambezi River Basin to the impacts of climate change and irrigation development," *Mitig. Adapt. Strateg. Glob. Chang.*, vol. 21, no. 5, pp. 721–742, 2016, doi: 10.1007/s11027-014-9619-7.
- [11] S. W. D. Turner, Y. N. Jia, and S. Galelli, "Examining global electricity supply vulnerability to climate change using a high-fidelity hydropower dam model," *Sci. Total Environ.*, vol. 590–591, pp. 663–675, 2017, doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.03.022.

- [12] S. Naranjo-Silva and J. Álvarez del Castillo, “Hydropower: Projections in a changing climate and impacts by this ‘clean’ source,” *CienciAmérica*, vol. 10, no. 2, p. 32, Jul. 2021, doi: 10.33210/ca.v10i2.363.
- [13] A. Briones Hidrovo, J. Uche, and A. Martínez-Gracia, “Determining the net environmental performance of hydropower: A new methodological approach by combining life cycle and ecosystem services assessment,” *Sci. Total Environ.*, vol. 712, p. 44, 2020, doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.136369.
- [14] B. Tarroja, A. AghaKouchak, and S. Samuelson, “Quantifying climate change impacts on hydropower generation and implications on electric grid greenhouse gas emissions and operation,” *Energy*, vol. 111, pp. 295–305, 2016, doi: 10.1016/j.energy.2016.05.131.
- [15] Ministry of Electricity and Renewable Energy of Ecuador, “The Gained Decade of the Electricity Sector in Ecuador,” Quito, 2017.
- [16] International Renewable Energy Agency, “Renewable Energy Capacity Highlights 2019,” *Irena*, vol. 00, no. March 2020, pp. 1–3, 2020.
- [17] IRENA, “Renewable Energy Statistics 2020. Renewable hydropower (including mixed plants),” 2020.
- [18] International Hydropower Association, “Hydropower Status Report 2019: Sector trends and insights,” 2019.
- [19] C. Zarfl, A. E. Lumsdon, J. Berlekamp, L. Tydecks, and K. Tockner, “A global boom in hydropower dam construction,” *Aquat. Sci.*, vol. 77, no. 1, pp. 161–170, 2015, doi: 10.1007/s00027-014-0377-0.
- [20] The International Journal on Hydropower, “World atlas and industry guide 2015,” Wallington, 2015.
- [21] L. Berga, “The Role of Hydropower in Climate Change Mitigation and Adaptation: A Review,” *Engineering*, vol. 2, no. 3, pp. 313–318, 2016, doi: 10.1016/J.ENG.2016.03.004.
- [22] K. Liden, R.; Lyon, “The Hydropower Sustainability Assessment Protocol for Use by World Bank Clients - Lessons Learned and Recommendations,” Washington DC, 2014.
- [23] International Hydropower Association, *Hydropower Sustainability Assessment Protocol*, vol. 56, no. 3. Sutton, London, 2018.
- [24] MERNNR, “National Energy Efficiency Plan,” 2018, 2018. [Online]. Available: https://www.celec.gob.ec/hidroagoyan/images/PLANEE_INGLES/NationalEnergyEfficiencyPlan20162035_2017-09-01_16-00-26.html.
- [25] IHA, “Hydropower Status Report 2020,” *International Hydropower Association*, pp. 1–83, 2020.
- [26] CELEC, “CELEC EP genera y transmite más del 90 por ciento de la energía eléctrica limpia que consume el país y exporta a los países vecinos,” 2020. [Online]. Available: <https://www.celec.gob.ec/hidroagoyan/index.php/sala-de-prensa/noticias/722-celec-ep-genera-y-transmite-mas-del-90-por-ciento-de-la-energia-electrica-limpia-que-consume-el-pais-y-exporta-a-los-paises-vecinos#:~:text=En este sentido%2C de la,a través de cen.> [Accessed: 22-May-2021].
- [27] Ministry of Energy and Non-Renewable Resources, “Master Plan of Electricity 2019-2027,” 2019.
- [28] P. E. Carvajal, F. G. N. Li, R. Soria, J. Cronin, G. Anandarajah, and Y. Mulugetta,

“Large hydropower, decarbonisation and climate change uncertainty: Modelling power sector pathways for Ecuador,” *Energy Strateg. Rev.*, vol. 23, no. January, pp. 86–99, 2019, doi: 10.1016/j.esr.2018.12.008.

- [29] IRENA, *Renewable Power Generation Costs in 2020*. 2021.
- [30] A. Briones Hidrovo, J. Uche, and A. Martínez-Gracia, “Accounting for GHG net reservoir emissions of hydropower in Ecuador,” *Renew. Energy*, vol. 112, pp. 209–221, 2017, doi: 10.1016/j.renene.2017.05.047.
- [31] A. Alarcon, “The hydroelectric plants in Latin America, where are we? and where are we going?,” 2019.
- [32] M. Van Vliet, L. Van Beek, S. Eisner, M. Flörke, Y. Wada, and M. F. P. Bierkens, “Multi-model assessment of global hydropower and cooling water discharge potential under climate change,” *Glob. Environ. Chang.*, vol. 40, pp. 156–170, 2016, doi: 10.1016/j.gloenvcha.2016.07.007.
- [33] M. Mattmann, I. Logar, and R. Brouwer, “Hydropower externalities: A meta-analysis,” *Energy Econ.*, vol. 57, pp. 66–77, 2016, doi: 10.1016/j.eneco.2016.04.016.
- [34] G. Voegeli, W. Hediger, and F. Romerio, “Sustainability assessment of hydropower: Using a causal diagram to seize the importance of impact pathways,” *Environ. Impact Assess. Rev.*, vol. 77, no. October 2018, pp. 69–84, 2019, doi: 10.1016/j.eiar.2019.03.005.
- [35] A. R. Ghumman, H. Haider, I. Yousuf, and M. Shafiqzamman, “Sustainable Development of Small-Sized Hydropower Plants: Multilevel Decision-Making from Site Selection to Optimal Design,” *Arab. J. Sci. Eng.*, vol. 45, no. 5, pp. 4141–4159, 2020, doi: 10.1007/s13369-020-04407-8.
- [36] S. Naranjo-Silva and J. Álvarez del Castillo, “An Approach of the Hydropower: Advantages and Impacts. A Review,” *J. Energy Res. Rev.*, vol. 8, no. 1, pp. 10–20, Jun. 2021, doi: 10.9734/jenrr/2021/v8i130201.
- [37] B. Van Der Zwaan *et al.*, “Energy technology roll-out for climate change mitigation: A multi-model study for Latin America,” *Energy Econ.*, vol. 56, pp. 526–542, 2015, doi: 10.1016/j.eneco.2015.11.019.

La importancia de la regeneración urbano-arquitectónica como factor de recuperación social

(The importance of regenerating urban architecture as a main factor to recover social identity)

Cristina Suárez Loor¹, Glenn Vinueza Mendoza², Bruno Suárez Loor³, Luiggy Toala Zambrano⁴

¹ Universidad San Gregorio de Portoviejo, Portoviejo, Ecuador

² Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador

³ Universidad Laica Vicente Rocafuerte, Guayaquil, Ecuador

⁴ Universidad San Gregorio de Portoviejo, Portoviejo, Ecuador

e.cpsuarez@sangregorio.edu.ec, gvinueza@uteq.edu.ec, bsuarezl@ulvr.edu.ec, e.latoala1@sangregorio.edu.ec

Resumen: El objetivo de la investigación fue explicar la importancia de la regeneración urbano-arquitectónica como factor de recuperación social, de tener espacios físicos que contemplen la identidad social de cada territorio del país, con el fin de generar una cultura de bienestar social, que se fomente a través de infraestructuras que promuevan el orden habitacional, la realización de espacios apropiados que ofrezcan un entorno sensorial adecuado para la humanidad, que promueva el turismo sin causar desorden territorial, favoreciendo a la comunidad, trayendo consigo mismo un cambio social y espacial. Para efectos de esta idea es importante trabajar bajo el método inductivo - deductivo y analítico sintético que permita obtener un diagnóstico social, para que partir de un análisis general se identifique y se evalúe la realidad habitacional en la que se encuentra determinada sociedad, para así formular una alternativa viable de reforma urbano arquitectónica que coadyuve con la dotación de equipamiento e infraestructura para mejorar la funcionalidad y ornato del casco geográfico, creando espacios apropiados que garanticen un Buen vivir.

Palabras clave: Bienestar Social, Desorden Territorial, Diagnóstico social, Identidad Social, Urbano arquitectónica.

Abstract: This article seeks to explain the importance of having physical spaces that contemplate the social identity of each territory of the country, in order to generate a culture of social wellbeing; which is promoted through infrastructures that promote housing order the realization of spaces appropriate that offer a sensory environment suitable for humanity that promotes tourism without causing territorial disorder, favoring the community bringing with it a social and spatial change. For the purposes of this idea, it is important to work under the inductive - deductive and synthetic analytical method to obtain a social, diagnosis, so that from a general analysis the housing reality in which a determined society, is identified can be identified and evaluated, in order to formulate a viable alternative of urban architectural reform that contributes with the provision of equipment and infrastructure to improve the functionality and decoration of the geographical area, creating appropriate spaces that guarantee a good living.

Keywords: Social Welfare, Territorial Disorder, Social Diagnosis, Social Identity, Urban Architecture.

1. INTRODUCCIÓN

Con el pasar del tiempo las ciudades se desarrollan en relación con su estructura física, arquitectónica y en cuanto a espacios por parte de los miembros de una sociedad. Esto va cambiando en la medida en que se presenta la propia evolución humana y de las comunidades donde el hombre hace vida, sea por medio de la transformación del espacio con estilos modernos o conservando su antigüedad. En tal sentido, la sociedad se va acoplado a los cambios que lo rodea. A tal efecto, durante años, con el devenir del tiempo, el ser humano se ha visto en la necesidad de elaborar espacios de recreación, lugares de esparcimiento, sitios de distracción anhelando el bienestar social [1].

Sobre este particular, Casal [2] señala que “sin la existencia de la arquitectura es inconcebible la civilización”. Por este motivo, las sociedades urbanas diseñan sus casas, parques y demás en función a la demanda, pero no contempla la importancia del saber construir en función de su localidad y cultura, para conservar el desarrollo global unánime, creando espacios públicos que ofrezcan un entorno sensorial apropiado para la humanidad.

Por lo expuesto, se entiende que el vínculo entre sociedad, el medio físico y las necesidades, provoca que el arquitecto cumpla una función en el medio; de allí la pertinencia de explicar la importancia de la regeneración urbana arquitectónica como factor de recuperación de la identidad social [3].

En torno a este planteamiento, se tiene que las comunidades urbanas han tenido un desarrollo fugaz, lo que hace que el crecimiento sea sin control, generando desorden en su casco urbano, dando lugar a espacios sin que se haya pensado en el bienestar social, con una identidad negativa ante la vista turística.

A lo largo del tiempo, el turismo ha ido incrementándose no solo por el comercio, sino por los recursos naturales que la comunidad ofrece. Esto hace que se incremente el número de visitantes en ciertos lugares, trayendo consigo el crecimiento del territorio de forma desordenada, ya que los habitantes en el interés de comercializar sus productos al turista van asentándose en zonas que le pertenecen al peatón ocupando el espacio público e invadiendo el libre tránsito vehicular, transformándose en una barrera arquitectónica que ocasiona malestares a los ciudadanos y a los visitantes, así como el incremento del comercio informal, la contaminación auditiva, una degradación del paisaje urbano y el deterioro progresivo del hábitat territorial [4].

Una de las razones causales de esta problemática es el poco conocimiento sobre la conformación territorial geográfica y sus consecuencias a la hora del crecimiento espacial y poblacional.

El desorden urbano provoca complicaciones al confort de los habitantes, comerciantes y turistas que visitan el hábitat territorial con problemas de identidad social. Esto se puede evidenciar a través de un diagnóstico situacional, que a su vez permite crear una propuesta contextualizada para lograr el mejoramiento del espacio poblacional, hecho en función de las reales necesidades de un colectivo social, fortaleciendo las actividades comerciales, turísticas y el desarrollo económico de los habitantes.

Atendiendo a ello, el país necesita infraestructuras que mejoren la calidad de vida de los ciudadanos, y que garanticen el confort de las generaciones futuras; infraestructuras sustentables y sostenibles, eco proyectos que faciliten el buen vivir. Es importante que cada localidad, comunidad o espacio territorial busque instrucciones, leyes, directrices para obtener el orden de la misma, lo cual hará que el crecimiento sea propicio para el desarrollo de la identidad social de manera positiva.

Al final, cada localidad debe presentar un desarrollo territorial ordenado acorde al potencial que ofrece, ya sean recursos naturales, culturales e ideológicos, ayudando con el desarrollo económico y social, aprovechando cada uno de sus espacios donde la ciudadanía pueda compartir libremente de sus costumbres y de sus actividades diarias de manera ordenada, limpia y segura, donde se le dé el debido espacio y se respete al peatón, donde los habitantes puedan apropiarse, cuidar e identificarse con su entorno y lograr una acertada gestión del territorio urbano por parte de las autoridades competentes, esto conllevaría a que no existan asentamientos desordenados y el comercio informal estuviera regulado, dando como resultado un paisaje urbano con mejor función y estética. A tal efecto, este artículo tiene como fin explicar la importancia de la regeneración urbano-arquitectónica como factor de recuperación social.

1.2. La importancia de la planificación urbana

La planificación urbana es importante por cuanto contribuye con la organización de las áreas en el espacio geográfico y da condiciones de equidad en el territorio, ayuda a distribuir correctamente los equipamientos, infraestructuras y actividades, optimizando los recursos y mejorando a los ciudadanos las condiciones económicas, sociales y culturales.

Para llevar a cabo una correcta planificación urbana se debe tomar en cuenta las particularidades del contexto, contar con un personal regulador que monitoree las leyes, por tanto, esta planificación ha tenido que afrontar diversas dificultades, parte de ellas provocadas por los contextos históricos y socioculturales, según la complejidad, diversidad e incertidumbre de los fenómenos urbanos [5].

En tal sentido, desde la postura adoptada por Fernández Güell la planificación urbana tiene como propósito ordenar espacialmente el desarrollo urbano para prevenir disfunciones e impactos ambientales; al mismo tiempo, debe orientar y delimitar el crecimiento espacial de la ciudad [5].

1.3. Espacios verdes en zonas urbanizadas

Es importante tomar en cuenta las áreas verdes en las zonas urbanizadas, por cuanto ayudarán a satisfacer las necesidades de niños, niñas y adultos mayores.

Una red de espacios verdes bien diseñados y conectados que contemple actualizaciones a todas las escalas tiene varios efectos positivos: reduce la contaminación, mejora el microclima urbano, crea zonas de vida naturales en el interior del medio construido, y proporciona acceso al medio natural a los habitantes de la ciudad.

La vía más fácil para conseguir una alta calidad y viabilidad económica de las zonas verdes internas y periféricas de las zonas urbanas es situarlas sobre áreas de importancia natural existentes y conectarlas con zonas naturales próximas protegidas del desarrollo urbano.

Un planeamiento más sostenible debería evitar, en lo posible, el consumo suplementario de suelo para usos urbanísticos y contribuir a la conservación de la estructura de espacios naturales preexistentes [6].

Según el documento de Criterios de Sostenibilidad Aplicadas al Planeamiento Urbano los que se deben considerar para un planeamiento más sostenible, con respecto al consumo de suelo y la estructura de espacios naturales son:

- Antes de consumir nuevas zonas vírgenes se requiere analizar las alternativas al proyecto en curso mediante la recuperación de zonas interiores al entorno construido, intentando evitar el crecimiento y la expansión urbana.

- Propiciar zonas urbanas razonablemente compactas y variadas. Analizar las características físicas del territorio próximo en el que la ciudad se asienta, desde el punto de vista del paisaje y desde la lógica del sistema ecológico que constituye.
- Favorecer los usos agrícolas y ganaderos, de forma que el desarrollo regional conserve un cierto, equilibrio y no olvide los usos más débiles desde el punto de vista económico.
- Proteger y preservar las zonas de mayor valor ecológico o de mayor fragilidad, tanto en el interior como en el entorno de los núcleos o en la zona objeto de planeamiento.
- Crear áreas naturales para usos recreativos en el entorno de las ciudades estudiando su uso potencial por parte de los diversos grupos sociales, con necesidades diversas. Proponer formas de acceso no motorizado a estas zonas recreativas.
- Proteger las zonas naturales valiosas interiores a las zonas urbanas, con intervenciones que mantengan su riqueza y diversidad biológica, como la regeneración natural de ríos o la protección de bloques urbanos y zonas de altas pendientes. Proporcionar la continuidad ecológica entre dichas áreas protegidas y las zonas verdes producto del planeamiento, para evitar los fenómenos de aislamiento y fragmentación de los espacios naturales, uniéndolos mediante corredores, cuñas o anillos verdes.
- Proponer intervenciones que recuperen y equilibren el capital natural perdido a causa de la presión urbana en zonas muy urbanizadas, como zonas arboladas, zonas húmedas o biotopos litorales.
- Establecer un sistema coherente de espacios verdes abiertos que incluya propuestas a todas las escalas desde los parques de bolsillo a pie de casa hasta los grandes anillos o parques regionales.
- Definir los límites y proyectar el borde de ciudades y pueblos, tanto en sus aspectos perceptivos, como de uso para evitar que se convierta en un espacio sin ley ni forma, de difícil acceso al campo, ocupado por todo aquello que no tiene cabida en los núcleos y marcando por las expectativas de revaloración especulativa por parte de sus propietarios [6].

1.4. La complejidad, la diversidad y la incertidumbre de la planificación urbana

Las ciudades tienen retos a la hora de planificación urbana, que van mucho más allá que el contexto en el que se encuentran, es por eso que dice que entre los retos fundamentales de las ciudades es el elevado nivel de complejidad de los retos urbanos, que se suscitan dentro de sus límites y en su área de influencia más próxima [5], estos problemas urbanos son comunes a la ciudad, sin distinción de que sean pequeñas o grandes.

Bajo estas consideraciones, la ‘ciencia de la complejidad’ se entiende como un conjunto de ideas sobre la capacidad autoorganizativa, así como la naturaleza adaptable de algunos sistemas complejos, donde se incluyen el clima, los ecosistemas, la economía, así como a las propias ciudades [5]

Como interpretación de lo expuesto, se puede considerar que la diversidad es un activo importante de las comunidades urbanas, sobre todo cuando ella se gestiona adecuadamente. Para ello hay que conocer los diversos agentes que intervienen en los procesos de desarrollo urbano, incluirlos en el proceso de planificación y tratar de conciliar sus intereses con la estrategia de futuro de la comunidad [5].

De este modo, se tiene que uno de los temores de todo planificador es la incertidumbre, lo que le espera en un futuro a la ciudad, el grado de dificultad para prever dependerá de la situación en la que se encuentra. La incertidumbre no es sólo una desviación ocasional y

temporal con respecto a una predicción razonable, sino que es una faceta estructural del entorno socioeconómico y geopolítico (...) resulta obvia la imposibilidad o inconveniencia de aplicar modelos evolutivos a largo plazo que pretendan proyectar con precisión el futuro del desarrollo urbano [5].

En respuesta a la incertidumbre se dispone de la planificación estratégica corresponde a una moda pasajera de los planificadores, ésta tiene que responder las necesidades de una comunidad urbana; por tanto, esta planificación viabiliza la integración de las diferentes realidades urbanas en un proyecto único, resultado de su enfoque pluridisciplinar y multisectorial [5]. Entonces, esta planificación busca mejorar la posición de una ciudad, tanto en lo económico, social y medioambiental [5]. Ella debe trascender la ciudad, preocuparse por las actividades cotidianas que sus habitantes realizan. Por eso, la planificación urbana estratégica tiene como objetivo recuperar la descoordinación y segregación que tradicionalmente se ha venido dando, tener la visión para generar el desarrollo de una ciudad a partir de la situación actual todo esto respondiendo a las necesidades que tenga la ciudadanía.

1.5. Una ciudad sostenible y sustentable

El desarrollo sostenible refiere a algo que se conserva o se reproduce por sus propias características, sin apoyo externo. Ahora, al hablar de desarrollo sostenible en una ciudad se entiende del progreso de un lugar explotando sus recursos naturales, sin perjudicar sus recursos futuros, utilizando energías renovables que den bienestar a quienes conforman el espacio.

1.6. Criterios de sostenibilidad aplicados al planeamiento urbano

El urbanismo actual, como disciplina y como herramienta de práctica de planificación, se va incorporando de manera lenta y progresiva, va ocasionando un cambio en la cultura, al integrar el medio ambiente como condicionante principal y vector fundamental de cualquier tipo desarrollo [6]. Por tanto, el propósito del urbanismo sostenible sería hacer compatible una adecuada calidad de vida urbana con un menor impacto negativo de los núcleos urbanos en la sostenibilidad global [6].

Bajo lo expuesto, al aplicar los principios de sostenibilidad en el planeamiento regional se logrará alcanzar la coherencia en su aplicación dentro del planeamiento urbano, en las fases de planificación, diseño de detalle, realización, rehabilitación, demolición de los espacios y edificios, entre otros [6]. Por este motivo, se tiene que lo urbano ocupa cada vez más espacio o suelo y una porción de la que se dispone como zona libre está destinada al servicio de los usos urbanos [6]. De esta manera, la cuestión de la capacidad de carga de un territorio es la cuestión central de la sostenibilidad con relación a los temas de planificación. Para alcanzar la medición de la capacidad de carga de un territorio se debe controlar el uso de los recursos asociados a los usos urbanos y los umbrales máximos de utilización que se puede hacer sistema sin que se altere de manera importante su funcionamiento.

El primer criterio a la hora de cometer un planeamiento urbanístico sería evaluar cuál es la huella de la ciudad que existe, la capacidad de carga del territorio en el que se asienta la ciudad que se estudia y las posibilidades de reutilización de los suelos urbanos ya tocados, frente a las expectativas de poner en carga suelos vírgenes [6].

Las actividades que se realizan y la ciudad están ligadas con el territorio en el que se encuentran. El planeamiento debe basarse en una relación positiva para ambas partes entre la ordenación del territorio y los parámetros ambientales, es necesario ampliar la información local sobre características de cada territorio antes de planear su desarrollo para favorecer la posibilidad de obtener confort a través de intervenciones de mínimo impacto en la naturaleza. [6].

2. METODOLOGÍA

Los métodos y tipos de investigación se establecen en función de las particularidades de las distintas fases que se detallan a continuación:

Etapas 1: Para la elaboración del marco teórico se utilizó la investigación bibliográfica, con el método inductivo, deductivo e histórico según lo requerido por el tratamiento de la información, ya que permitió evaluar la información obtenida de manera general para particularizar en situaciones puntuales del estudio [7].

Etapas 2: Para la determinación del diagnóstico se utilizó la investigación descriptiva y de campo porque permitió conocer las situaciones, costumbres y características del contexto a investigar conducida por el método analítico sintético.

Etapas 3: En la formulación de la propuesta fue necesario la investigación explicativa acompañada con el método de la comparación y el de la abstracción; el primero para tomar como línea base propuestas parecidas con el objeto de estudio y el segundo para formular la propuesta en función de las necesidades y particulares del contexto [7].

De este modo, se analizaron los factores que inciden en la degradación territorial causando problemas como el congestionamiento vehicular, el comercio informal y la contaminación visual, provocando incomodidades en los ciudadanos y reduciendo la vida útil de los equipamientos comunales dotando de estrategias y acciones para su minimización, que den soporte para la elaboración documentada de un plan de reforma urbano arquitectónica.

Por ello se realizó el muestreo en un área de 75.000 metros cuadrados, con un grupo de 196 personas, se recopilaron datos a través de observación, encuestas y entrevistas al colectivo involucrado para obtener información sobre los espacios públicos de encuentro común, si ellos satisfacen la convivencia armónica y si están encaminados a la regeneración urbana y a la recuperación de la identidad social.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La investigación destaca algunas inexactitudes en el uso de los espacios físicos públicos, puesto que existe un gran vacío en cuanto a planes de reforma urbano arquitectónica en el país, involucrando directamente a la comunidades en la formulación de los lineamientos generales que orientan el desarrollo de la alternativa de solución urbana arquitectónica a la situación problemática, considerando para el efecto las técnicas constructivas y materiales de determinada zona, su cultura y costumbre para el producto final que responda a situaciones y anhelos reales de la comunidad.

Las normas o leyes son las que permiten a la sociedad llevar un orden en cualquier actividad o acción que se realice, en arquitectura es igual, las leyes, directrices y planes permiten que cada cosa en un proyecto de construcción física se desenvuelva en el lugar que le es propio para relacionarse con el resto de los habitantes.

La correcta distribución de los procesos administrativos, comerciales recreacionales trae consigo un uso sostenible del territorio garantizando un entorno equilibrado y seguro para el desarrollo de la vida, así se minimizan los impactos negativos que se ocasionan con la turgurización.

La correcta planificación de los suelos en la ciudad es lo que trae orden en las actividades. Esta planificación urbana se interpreta como el conjunto de instrumentos técnicos y normativos que se redactan para ordenar el uso del suelo y regular las condiciones para su transformación o conservación. Por tanto, para ordenar una ciudad se deben considerar las condicionantes que cada lugar posee [8], de allí que se entienda a la planificación como el núcleo de las ciudades, para que haya patrones y modelos que sirvan de norma para adecuar a la ciudad con sus propias

características (p.81). El centro de las ciudades es el punto principal desde donde se desarrollan las diferentes actividades administrativas, comerciales y recreativas de un cantón, el casco central es el núcleo vital de los ciudadanos para llevar a cabo actividades sociales, donde se cuenta con movilidad vehicular y peatonal. De este modo, el desarrollo de las ciudades se concibe como la razón primordial para la transformación de una estructura urbana, donde se crean compromisos de exigencia para un planeamiento, afectando al centro urbano [9].

Sobre la base de la investigación de campo y en función de la información obtenida del análisis de datos desarrollados se describe a continuación el estado situacional de la problemática:

De acuerdo a la investigación se llegó a la conclusión que existe poca eficacia de la gestión sobre el territorio con respecto a la planificación urbana (57% de los informantes así lo expresó) y falta de visión para el aprovechamiento de las potencialidades naturales del cantón Ventanas, tal como lo refirió un 63% de los sujetos consultados; por tanto, se requiere de una intervención en los espacios principales para la recuperación de los mismos, tal como lo manifestó un 49% de los consultados.

La seguridad hacia la movilidad peatonal en el país no es totalmente adecuada, según lo expone el 47% de la muestra encuestada, ya que la preferencia es para el vehículo, tal como lo indica el 53% de los sujetos que aportaron información, a pesar que no hay mayor flujo, y esto en ocasiones trae molestias a los habitantes y turistas que visitan el centro del cantón.

3.1. En relación al Plan Nacional de Desarrollo

Eje 1: Derechos Para Todos Durante Toda La Vida

Objetivo 1: Garantizar una vida digna con iguales oportunidades para todas las personas

Objetivo 2: Armar la interculturalidad y plurinacionalidad, revalorizando las identidades

Objetivo 3: Garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones.

La construcción colectiva del espacio público, como lugar de encuentro común, es fundamental para sustituir las formas de convivencia autoritarias y violentas por formas de cohabitación que puedan dirimir la conflictividad social y construir una cultura libre y pacífica de diálogo intercultural.

4. CONCLUSIONES

Se concluye que no existe una adecuada planificación de los suelos en la ciudad, trayendo desorden urbano. Esto obedece al escaso cumplimiento de instrumentos técnicos y normativos sobre el ordenamiento del suelo y regulación de las condiciones de este para su conservación y transformación.

Del análisis de los resultados expuestos se deduce que la gestión sobre el territorio en relación a la regeneración urbana es ineficaz. De igual manera en cuanto el nivel de deterioro del hábitat territorial es medio; por tanto la idea que orientó y delimitó la presente investigación implica a que una acertada gestión del territorio urbano por parte de las autoridades locales o nacionales competentes, conllevaría a que no existiesen asentamientos desordenados y el comercio informal estuviera regulado dando como resultado un paisaje urbano con mejor función y estética, recuperando la identidad social, la misma que ha sido comprobada, lo que orienta una previa intervención en el territorio que coadyuve a las necesidades identificadas en el proceso.

Esta alternativa de solución territorial, beneficia a todos los sectores de la sociedad, ya que se crea una propuesta tomando en cuenta varios aspectos positivos, como son las normativas,

legales y ambientales, además de conservar la cultura y fomentar el propósito con el que se crea cada infraestructura local, barrial o comunal, teniendo como propósito principal preservar la identidad social de cada territorio.

La regeneración de los espacios físicos urbanos, trae consigo un desarrollo propio y colectivo, que permite crear un ambiente de comodidad, logrando con esto fomentar el turismo de manera positiva, un comercio sin problemas y una convivencia social de tolerancia, que permite mejorar la calidad de vida de todos los habitantes.

La facilidad tecnológica que se vive hoy por hoy, es un plus a la creación de nuevos espacios con consciencia social, partiendo de esta nacen propuestas con gran capacidad de ventaja para la sociedad, considerando la prioridad en la construcción de espacios para personas con diversidad funcional, quienes también son parte de un determinado grupo al que se lo considera prioritario. El diseño de la propuesta ha sido planteado tomando en cuenta varios aspectos ambientales, debido a que los materiales a utilizar son materiales que se extraerán de la zona de igual manera la protección de áreas verdes existentes, ayudando así a minimizar el impacto ambiental.

REFERENCIAS

- [1] R. Senett, *Construir y Habitar: Ética para la Ciudad*, Barcelona: Anagrama, 2019.
- [2] J. M. Casal, «La arquitectura del Bienestar: El ambiente físico,» *Informes de la construcción.*, pp. 49-53, 1978.
- [3] K. Gutierrez, «Espacio Público: Transformación y Cohesión Urbana. EL caso del tranvía en Ayacucho,» *Escuela de planeación urbano regional* , nº 148, 2019.
- [4] S. Rojas y G. Baldeón, «EL espacio sostenible del transporte terrestre y su influencia en el turismo en la actualidad: Terminal terrestre para la ciudad de Cajamarca, sector la Base II,» Repositorio Universidad Peruana de Unión, 2019.
- [5] J. M. Fernández Guell, «Planificación estratégicas de ciudades,» *Editorial Reverté S.A.*, p. 16, 2006.
- [6] S. Intxaurreaga, «Criterios de sostenibilidad aplicadas al planeamiento urbano.,» *Vascos: Gobierno Vasco*, p. 17, 2002.
- [7] F. C. B. L. Hernandez S., *Metodología de la investigación*, Mexico: Mc.Graw Hill, 2010.
- [8] J. Borja, *Revolución urbana y derechos ciudadanos*, 2013.
- [9] Mausbach, *Introducción al urbanismo*, Gustavo Gili S.A., 1977.

Confort higrotérmico en proyectos de viviendas unifamiliares en la ciudad de Portoviejo

(Hygrothermal Comfort in Single-Family Housing Projects in the City of Portoviejo)

Luiggy Andrés Toala Zambrano¹, Walter David Cobeña Loo², Glenn Walter Vinueza Mendoza³, Jonathan Eugenio Quimis Chávez⁴

¹ Universidad San Gregorio de Portoviejo, Portoviejo, Ecuador. <https://orcid.org/0000-0002-8650-3498>

² Universidad San Gregorio de Portoviejo, Portoviejo, Ecuador. <https://orcid.org/0000-0002-8123-8496>

³ Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador. <https://orcid.org/0000-0002-6414-3532>

⁴ Universidad San Gregorio de Portoviejo, Portoviejo, Ecuador.

zambrano7@hotmail.es, wdcobena@sangregorio.edu.ec, gvinueza@uteq.edu.ec, jonathanquimis@hotmail.com

Resumen: La presente investigación muestra los resultados del análisis de confort higrotérmico en varias viviendas unifamiliares de la ciudad de Portoviejo. Como objetivo general, se estableció la creación de lineamientos térmicos, que sirvan a los profesionales de la construcción como herramienta proyectual. Para lograrlo, se realizaron evaluaciones, utilizando fichas tipológicas, aplicando la escala sensitiva ASHRAE 55, además de herramientas digitales precisas. Una vez realizados los análisis, se obtuvo como resultado las valoraciones mediante el software de confort térmico CBE, los datos estadísticos de la matriz tipológica aplicadas en las viviendas, y el diseño de los lineamientos térmicos en toda la envolvente de las viviendas (ventanas, paredes, contrapiso y cubierta). Estos procedimientos concluyeron en un aporte importante para la solución térmica de estas viviendas, además de la importancia en aplicar técnicas bioclimáticas, materiales propicios que brinden aislación térmica y la correcta orientación.

Palabras clave: Confort higrotérmico, viviendas unifamiliares, humedad relativa, temperatura, vientos.

Abstract: The present investigation shows the results of the hygrothermal comfort analysis, in several single-family homes in the city of Portoviejo. As a general objective, the creation of thermal guidelines was established, which serve construction professionals as a project tool. To do it, evaluations were carried out, using typological files, applying the ASHRAE 55 sensitive scale, in addition to precise digital tools. Once the analysis was carried out, we got as results the ratings by means of the CBE thermal comfort software, the statistical data of the typological matrix applied in the living places, and the design of the thermal guidelines throughout the housing envelope (windows, walls, subfloor and deck). These procedures concluded in an important contribution to the thermal solution of these houses, in addition to the importance of applying bioclimatic techniques, suitable materials that provide thermal insulation and the correct orientation.

Keywords: Hygrothermal comfort, single-family homes, relative humidity, temperature, winds.

1. INTRODUCCIÓN

En el Ecuador existen muchos proyectos habitacionales que incluyen viviendas unifamiliares que son de gran interés para los ciudadanos. Estas viviendas unifamiliares son muy cotizadas por brindar varios factores como son seguridad, estatus social, facilidades de pago, mayor espacio al aire libre, áreas de recreación pasiva y activa entre otros beneficios que atraen a las personas hacia la adquisición de una propiedad. Dentro del marco urbano-arquitectónico que encierra estos tipos de proyectos en el Ecuador, existen métodos de diseños y materiales utilizados en diferentes zonas del país, considerando las áreas de Costa, Sierra, Amazonía y Galápagos, se debe recurrir a un proceso de diseño diferente en cada zona manejando la mayor capacidad creativa con base en los beneficios de las personas que con su esfuerzo van a adquirir una vivienda unifamiliar.

Es un deber y obligación de parte de los distintos profesionales de la construcción del país y del mundo entero el poder salvaguardar la salud y calidad de vida de las personas que van a habitar en estos proyectos, generando el mayor confort higrotérmico de acuerdo con los distintos parámetros que se encuentran en el entorno natural, entendiendo claramente que la mayor satisfacción que debe tener una persona es el poder ayudar a otras con sus acciones. Por ello, es preciso tener en cuenta que, para los profesionales de la construcción, sería este mismo sentimiento grato, el poder diseñar y construir estas viviendas unifamiliares de tal manera que las personas vivan de forma sana y contentas con aquello que han comprado con su esfuerzo.

En la ciudad de Portoviejo existen proyectos unifamiliares que son tendencia en el área inmobiliaria y llegan a ser muy cotizados de acuerdo con el sector donde serán construidos. Estas casas edificadas en serie expresan la misma tipología y orientación sin presentar algún semblante bioclimático, ya que por ahorrar dinero y tiempo son edificadas sin tomar en cuenta los parámetros físicos-térmicos del entorno natural y así construirían viviendas con un bajo nivel de confort térmico. Esto sería un problema en la calidad de vida de las personas e incluso un aumento en el consumo energético ya que recurrirían a los equipos de enfriamiento artificial los cuales serían utilizados por largas horas en el día. De acuerdo con Arballo et al. [1], existen dos tipos de prevenciones para evitar un nivel bajo de confort térmico en las edificaciones e inconformidad en la percepción de las personas. El primero es resolver los problemas en el proceso de desarrollo proyectual analizando las bondades del entorno natural y parámetros físicos-térmicos todo esto antes de ser implantada la edificación en un lugar determinado. El segundo punto se trata de la ocupación de la edificación después de ser construida ya que confirma con datos reales el consumo energético del edificio y el nivel de confort térmico que consta en la misma, la cual manifestara en las opiniones de las personas si fueron diseñadas y construidas tomando en cuenta todos los parámetros ya mencionados. Basándose en el segundo punto, muchas de las personas que habitan en estos proyectos de viviendas unifamiliares no pueden realizar modificaciones después de haber adquirido una de estas propiedades ya que por tema económico les es imposible hacerlo y más aún el poder comprar sistemas de enfriamiento artificial para cada espacio y así poder aumentar la calidad de vida por su propia cuenta. Existen varios estudios los cuales especifican el gasto energético que consumen las viviendas unifamiliares dando a notar que esto se debe a que utilizan sistemas mecánicos y eléctricos para mejorar su calidad de vida [2]. Es por ese motivo que el alma de esta investigación está basada en estos problemas ya que muchas de las personas que compran este tipo de viviendas unifamiliares se dejan llevar más por la estética de ellas (aunque es importante) que por el nivel de confort higrotérmico que estas brindan a lo largo del día y la noche. Es importante que en esta evaluación térmica se pueda crear lineamientos térmicos que ayuden a los profesionales de la ciudad de Portoviejo a mejorar sus proyectos unifamiliares diseñándolas y construyéndolas con un nivel de confort higrotérmico óptimo, lo que sería de gran ayuda ya que la ciudad en la cual está enfocada esta investigación alcanza altas temperaturas en las horas del día.

Como complemento adicional sobre esta investigación se suma la gran necesidad del buen vivir en las personas (*sumak kawsay*), propuesto y ejecutado en el año 2008 en el Ecuador, y que considera a la naturaleza y al ser humano como casos de integración por lo cual estos no deben coexistir de forma aislada [3]. Este buen vivir es aplicado en el hábitat de las personas integrado a un entorno natural en los proyectos de viviendas unifamiliares, los usuarios tienen derecho de poder conocer las bondades y aprovechamientos que tienen estas unidades de viviendas individuales, el que estas casas cuenten con un nivel adecuado de confort higrotérmico generaría alivio en la sensibilidad de las personas que tienen su hogar en este tipo de proyectos unifamiliares, cada profesional que está interesado en trabajar en estos proyectos urbanísticos, tienen que apoyarse con toda la información que puedan recopilar acerca del lugar donde implantaran este tipo de proyectos para garantizar en el diseño proyectual de una vivienda una buena calidad de vida en los usuarios. Según los criterios de Leal-Nares et al. [4], los datos informáticos de la calidad del clima en diversas zonas de la tierra son muy importantes porque nos permiten indagar y obtener resultados en las áreas de hidrología, agronomía, climatología y ecología; estos datos sirven de herramienta de estudio para poder generar un diseño de mucho más valor térmico para las personas que pernoctan en estas casas unifamiliares.

Así, el objetivo principal de esta investigación es generar lineamientos térmicos en el diseño arquitectónico residencial, mediante el análisis del confort higrotérmico en proyectos de viviendas unifamiliares de la ciudad de Portoviejo para aportar en el bienestar y calidad de vida de los ciudadanos. Como objetivo específico de la investigación se propuso determinar las condiciones de humedad relativa, temperatura en el interior de las viviendas, vientos, tasa metabólica, tipo de vestimenta con la cual realizan sus actividades diarias, orientación y radiación térmica que poseen los proyectos de viviendas unifamiliares de la ciudad de Portoviejo con la ayuda de herramientas digitales para evidenciar los niveles de confort térmico que propician estos espacios residenciales. Además, se evaluó la percepción del confort higrotérmico que poseen los habitantes de las viviendas unifamiliares mediante fichas de investigación aplicando la escala de sensación térmica ASHRAE 55, para contrastar con las mediciones que arrojan las herramientas digitales. Por último, se procedió a analizar la envolvente, materiales y estructura en los proyectos de viviendas unifamiliares de la ciudad de Portoviejo mediante el empleo de una matriz topológica.

2. BREVE RECORRIDO ANALÍTICO DE LA HIGROTHERMIA

En este espacio se abordan brevemente los puntos clave de la higrotermia, y cómo su indagación puede ayudar a identificar la existencia de este en las viviendas, o cualquier otra edificación que sea habitada por las personas. Existen investigaciones que hablan acerca de un modelo adaptativo ligado a la visita de campo que se realiza en uno o varios puntos de una investigación [5]. Se puede observar en la ciudad de Portoviejo muchas edificaciones, que a lo largo de la historia han sido objeto de modificación por parte de los dueños o personas que tienen su hogar allí; los tipos de materiales que se han utilizado para obtener una higrotermia adecuada, surgieron de forma empírica. Aún así, en estos casos, pueden ser nuestros ancestros quienes aprovecharon los recursos que brinda la naturaleza, y pudieron entender de la mejor manera, los tipos de materiales adecuados para la convivencia dentro de las edificaciones. Adaptarse al entorno natural, aprovechar los vientos y la iluminación natural, fue crucial en sus actividades diarias durante muchos años [6]. Un punto muy importante en la higrotermia es la adopción de materiales naturales como la caña, madera, barro y *cadi*, que sirven no solamente para construir una vivienda, sino que produce consecuentemente un equilibrio en el nivel higrotérmico dentro de los espacios habitados en un medio construido. Por tomar como ejemplo a la caña guadua, como un material natural que además de ser abundante en la zona costa de Manabí, sirvió de mucha ayuda en la construcción de las viviendas vernáculas, que aún en este

tiempo, nos enseñan que la funcionabilidad y estética de estas edificaciones no mengua a lo largo del tiempo [7].

Parte importante de la higrotermia es la ubicación; o sea, el lugar donde están construidas las viviendas. Formar parte de un microclima adecuado sirve de mucha ayuda en las actividades diarias de convivencia. Estos microclimas deben estar acompañados de espacios verdes naturales o verdes urbanos creados por el hombre, los mismos que generarían una conexión de tranquilidad y beneficio físico. Como ejemplo tenemos los árboles o jardines naturales que forman parte de la arquitectura. Estos verdes urbanos tienen no solamente un beneficio social, sino también aportan con su forma a la protección de la radiación solar, las lluvias, y atraen los vientos de manera nativa hacia las viviendas. Estos árboles intervienen directa o indirectamente al aumento de la calidad del aire, eliminando los gases tóxicos que son producidos por los vehículos, motos y aviones; además, disminuyen la temperatura y efectos negativos micro climáticos, reducen la contaminación atmosférica, y producen componentes naturales orgánicos volátiles positivos. Por último, produce mayor eficiencia energética en las edificaciones [8].

3. METODOLOGÍA

Para el iniciar la recopilación de información en esta investigación se procedió a utilizar herramientas digitales de gran precisión dentro de cada vivienda. Estos dispositivos permitieron recibir información de la humedad relativa, la temperatura en grados centígrados, vientos, tasa metabólica, nivel de la ropa y las ganancias de calor en los espacios interiores. La información sobre los vientos predominantes y secundarios en la ciudad de Portoviejo fueron brindados por el INHAMI ubicado en el jardín botánico de la ciudad de Portoviejo.

Dentro de cada proyecto de vivienda unifamiliar se procedió a utilizar un anemómetro digital con la capacidad de medir la velocidad del viento dentro de una zona mucho más específica. Según lo expresado por Gutiérrez et al. [9], esto se realizó para identificar con más precisión el mayor flujo de los vientos a diferentes horas del día. A esto se sumó un higrómetro digital, instrumento que permitió recopilar información precisa acerca de la humedad relativa y la temperatura en cada hogar de este proyecto urbano-arquitectónico. Finalmente, se utilizó una cámara de termografía infrarroja que ayudó a medir el calor corporal de las personas que habitan dentro de cada vivienda; este instrumento en especial es el más importante porque su aplicación se extendió hacia las viviendas permitiendo identificar los lugares con más calor, esto se aplicó en las paredes, piso, entrepiso, cubierta y muebles. Mariño [10] expone que la aplicación de la termografía infrarroja en las edificaciones permite identificar los lugares donde existen puentes de radiación térmica, fugas de aires en ventanas, puertas y cubierta, además de zonas donde existan aumento de temperatura sean estas lecturas de calor o frío, lo cual ayuda al aumento de información cuando se está analizando una edificación para posteriormente corregir todos los problemas o aplicarlos a el aumento del confort higrotérmico.

Para complementar la evaluación se ejecutó las encuestas pertinentes de satisfacción térmica y entrevistas aplicando la matriz tipológica a las personas que viven dentro de los siete proyectos de viviendas unifamiliares escogidos y así poder constatar sus diversas opiniones y percepciones de los espacios que habitan. Además, en este análisis también se aplicó paralelamente la escala de sensación térmica ASHRAE 55 en la cual Molina & Veas [11] declaran que analizando los factores térmicos de los individuos dentro de un hábitat se puede lograr conducirla hacia una escala de sensación térmica y poder generar una ecuación de confort térmico. Estos datos cualitativos y cuantitativos generaron gran aporte estadístico, luego estos se manifestaron como un complemento a los análisis que se realizaron de manera objetiva con el método experimental de las herramientas de precisión tecnológicas, revelando los problemas que se presentan en estas unidades habitacionales.

Se delimitó el área de estudio del casco urbano de la ciudad de Portoviejo tomando como muestra específica siete proyectos de viviendas unifamiliares dentro de la urbe. Las horas de estudio en el sitio fueron desde las 8:00 am a 12:00 pm y desde las 2:00 pm hasta las 17:00 pm de las cuales se consideró que eran las horas más idóneas para poder realizar el estudio de las condiciones más favorables desde el punto de vista climatológico, paralelo a la oportuna presencia de los usuarios de las viviendas durante esos estudios a las personas en sus unidades de hábitat.

En la matriz tipológica se generaron parámetros que indicaban los tipos de envolventes con las cuales fueron construidas las viviendas tales como: tipos de paredes (bloques huecos, macizos, ladrillos macizos, huecos, hormi2 y Gypsum), la composición del tumbado, recubrimiento del contrapiso, tipos de vidrios y sistemas en ventanearías, tipos de cubierta (losa hormigón armado o estructura), vegetación exterior, la altura de cada vivienda, existencia o no de adosamiento, número de plantas arquitectónicas, además de la composición estructural (hormigón armado o estructura metálica), paralelamente la aplicación de la escala de sensación térmica ASHRAE 55, en base a la aceptabilidad del confort higrotérmico de cada persona que habita una de estas viviendas. Se utilizó la siguiente escala: +3 muy caliente, +2 caliente, +1 ligeramente caliente, 0 neutro, -1 ligeramente frío, -2 frío, -3 muy frío. Por último, se les expuso objetivamente, si tuvieran el deseo de poder modificar sus viviendas, de acuerdo con el tiempo ya transcurrido desde la fecha adquirida por parte de los dueños en Portoviejo.

Con la recopilación de los resultados del análisis higrotérmico de la investigación, tanto de carácter tecnológico (herramientas y software), como cuantitativa y cualitativa (técnicas de investigación), se procedió a crear lineamientos térmicos de forma muy didáctica, que sirvan en el proceso de diseño proyectual para todos los profesionales que trabajan en el área de la construcción, y para el público en general que desean conocer y aprender acerca del confort higrotérmico en las viviendas unifamiliares. Corporación de Desarrollo Tecnológico & Cámara Chilena de la Construcción [12] expresan que las construcciones nuevas deben de apearse a lineamientos térmicos adecuados, que permitan aumentar la calidad de vida en las personas y disminuir el consumo energético de la misma. Una vivienda bien establecida con estos lineamientos térmicos puede llegar a mejorar considerablemente su desempeño térmico; aumentar el nivel de confort en sus espacios interiores, disminuir el consumo energético muy significativamente y mejorar la plusvalía de este.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan varias figuras que muestran los resultados obtenidos de la evaluación realizada a las 7 viviendas en diferentes urbanizaciones de la ciudad de Portoviejo. La vivienda número 1, ubicada en la “Urbanización de los Judiciales” con las coordenadas: latitud - 1.041196 y longitud -80.469984, presentó según la evaluación de la escala de sensación térmica ASHRAE 55 dirigidas a las personas en forma de ficha de observación; 0 neutro en las horas de la mañana y +2 caliente en las horas de la tarde. Para el complemento de la investigación se procedió a realizar mediciones con mecanismos digitales los cuales se insertaron en el software herramienta de confort térmico CBE de la universidad de California Berkeley [13] y se expresan en la figura 1.



Figura 1. Datos de la evaluación en el interior de la vivienda 1.

En la vivienda número 2, ubicada en la urbanización “Ciudad San Gregorio” con las siguientes coordenadas: latitud -1.071462 y longitud -80.473268, según la encuesta con la ficha técnica presentaron las siguientes características: en las horas de la mañana +1 ligeramente caliente, con una actividad de caminar; en la tarde +2 caliente, con una actividad de cocinar. Según los datos obtenidos con los mecanismos digitales e insertados en el software herramienta de confort térmico CBE (figura 2) en las horas de la mañana y la tarde.



Figura 2. Datos de la evaluación en el interior de la vivienda 2.

La vivienda 3, ubicada en la urbanización “Alania Norte”, con las siguientes coordenadas: latitud -1.031791 y longitud -80.470365, presentó los siguientes resultados; en la evaluación con fichas de observación dirigidas a las personas, la sensación térmica en las horas de la mañana fue de -2 ligeramente frío, comenzando con una actividad sentada-relajada y en la tarde +2 caliente, con una actividad de cocinar y caminar. Cabe mencionar, que esta vivienda presentó mayor vegetación exterior, por lo cual muestra mayor beneficio en la dirección de los vientos hacia los espacios interiores; esto puede variar de acuerdo con el tipo de vegetación que se presente [14]. La evaluación con mecanismos digitales se detalla en la figura 3.

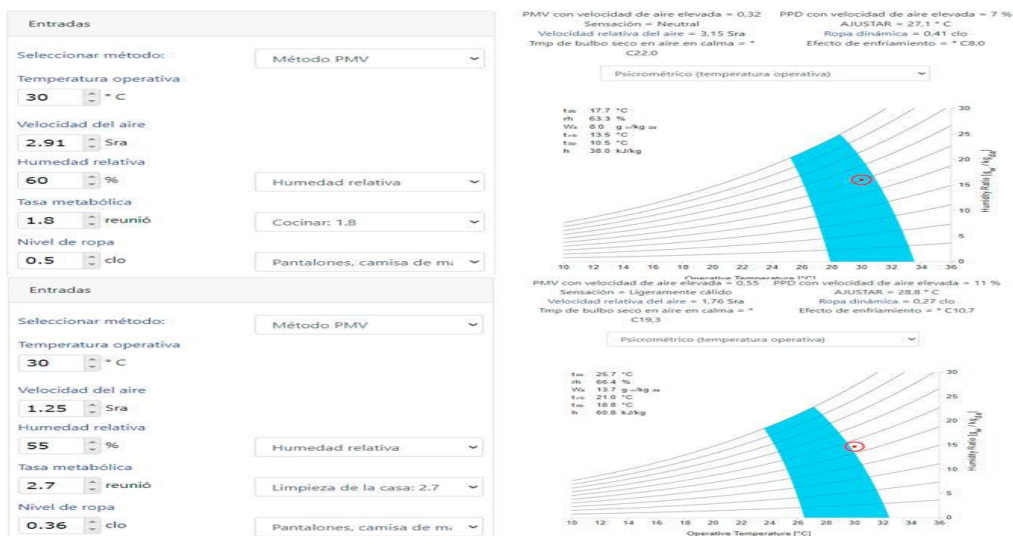


Figura 3. Datos de la evaluación en el interior de la vivienda 3.

La vivienda 4, ubicada en la urbanización “La Coruña”, con las siguientes coordenadas: latitud -1.030652 y longitud -80.476008, presentó una sensación térmica según los usuarios de +1 ligeramente caliente, en la mañana realizando una actividad de limpieza de espacios y en la tarde de +2 caliente, realizando una actividad de caminar, utilizando falda corta hasta las rodillas y camisa manga corta. Cabe mencionar que en esta casa el porcentaje de humedad relativa es menor a las demás viviendas evaluadas; los datos digitales expresaron que en las horas de la mañana y tarde en la figura 4.

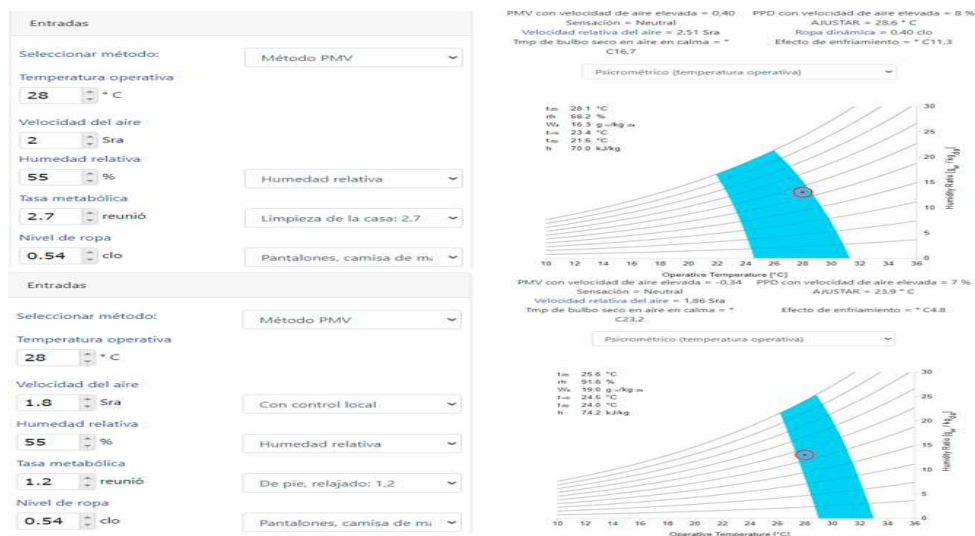


Figura 4. Datos de la evaluación en el interior de la vivienda 4.

La vivienda número 5, ubicada en la urbanización “Villa de Juanambu” con las siguientes coordenadas: latitud -1.047107 y longitud -80.472582, presentó una sensación térmica según los usuarios de +2 caliente, con una actividad de relax dentro de la vivienda en las horas de la mañana, en la tarde presentó una sensación térmica de +3 muy caliente, realizando una actividad de caminar. Las mediciones digitales que se realizaron y fueron insertadas en el software herramienta de confort térmico presentaron una sensación en horas de la mañana y en la tarde como se expresan en la figura 5.

Entradas

Seleccionar método: Método PMV

Temperatura operativa: 30 °C

Velocidad del aire: 2.5 Sra

Humedad relativa: 58 %

Tasa metabólica: 2.7 reunió

Nivel de ropa: 0.36 clo

Entradas

Seleccionar método: Método PMV

Temperatura operativa: 31 °C

Velocidad del aire: 2.5 Sra

Humedad relativa: 58 %

Tasa metabólica: 1 reunió

Nivel de ropa: 0.36 clo

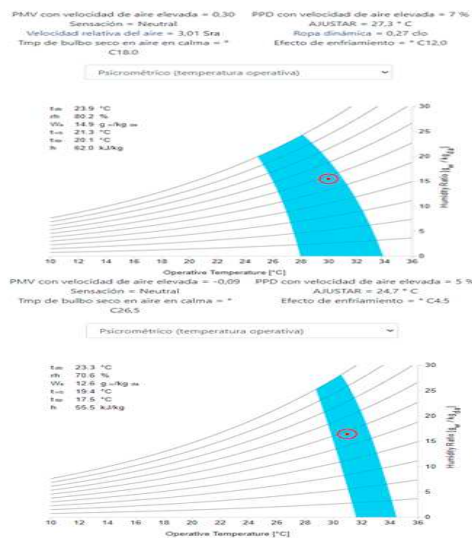


Figura 5. Datos de la evaluación en el interior de la vivienda 5.

La vivienda número 6, ubicada en la urbanización “San Alejo”, con las siguientes coordenadas: latitud -1.056506 y longitud -80.481234, presentó una sensación térmica según los usuarios de +1 ligeramente caliente, realizando una actividad de caminar en las horas de la mañana, en la tarde presentó una sensación térmica de +2 caliente, realizando una actividad de relax-sentado. Los resultados de las herramientas digitales son expresados en la figura 6.

Entradas

Seleccionar método: Método PMV

Temperatura operativa: 30 °C

Velocidad del aire: 1.02 Sra

Humedad relativa: 72 %

Tasa metabólica: 1.8 reunió

Nivel de ropa: 1 clo

Entradas

Seleccionar método: Método PMV

Temperatura operativa: 30 °C

Velocidad del aire: 1.02 Sra

Humedad relativa: 72 %

Tasa metabólica: 1 reunió

Nivel de ropa: 0.36 clo

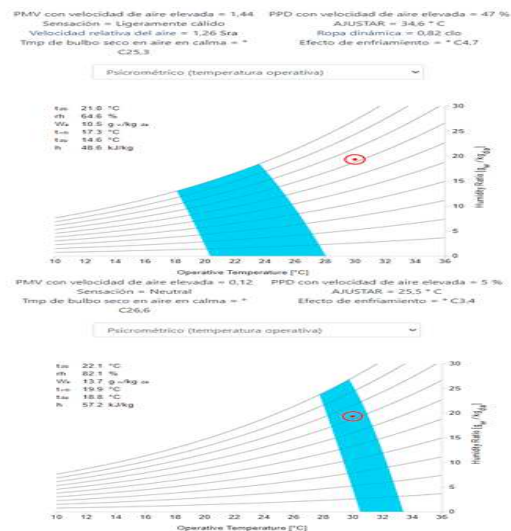


Figura 6. Datos de la evaluación en el interior de la vivienda 6.

La vivienda número 7, ubicada en la urbanización “Alta Vista”, con las siguientes coordenadas: Latitud -1.034891 y longitud -80.460243, presentó una sensación térmica según los usuarios de +1 ligeramente caliente, realizando una actividad tasa metabólica sentado en las horas de la mañana, en la tarde presento una sensación térmica de +2 caliente, realizando una actividad tasa metabólica de caminar. Los resultados de las herramientas digitales son expresados en la figura 7.

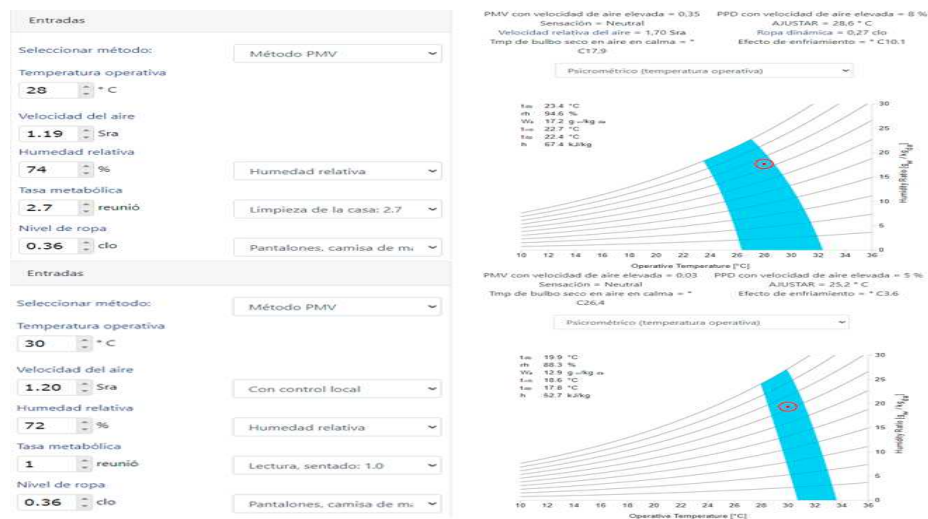


Figura 7. Datos de la evaluación en el interior de la vivienda 7.

Asimismo, se obtuvieron los resultados de la matriz tipológica aplicada en todas las viviendas escogidas sobre toda la ciudad de Portoviejo (figuras 8 y 9). Estos resultados se concatenaron de acuerdo con las similitudes de la envolvente, que se obtuvieron al analizar todas las viviendas, además de la ubicación y características externas.

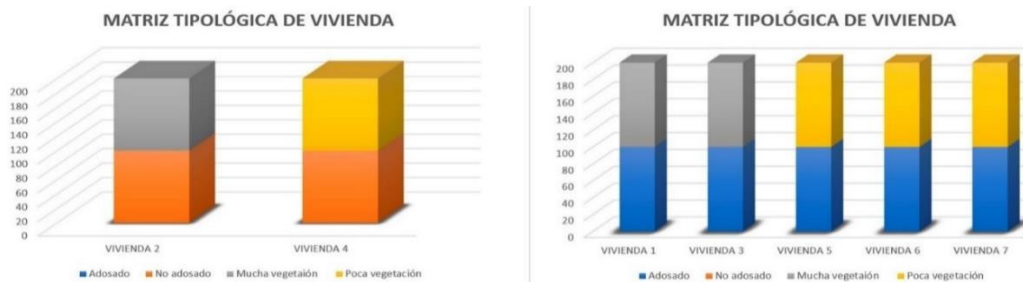


Figura 8. Datos estadísticos de la matriz tipológica aplicada a las viviendas en las urbanizaciones de la ciudad de Portoviejo-Manabí-Ecuador.



Figura 9. Datos estadísticos y comparativos de la matriz tipológica aplicada a las viviendas en las urbanizaciones de la ciudad de Portoviejo-Manabí-Ecuador.

De acuerdo con las mediciones que se realizaron con la cámara infrarroja, se pudo constatar que existe mayor ganancia de radiación térmica en las paredes que reciben la luz solar directamente, cabe mencionar que estos fueron creados con bloques huecos de hormigón simple. Este tipo de paredes resulta perjudicial para los espacios interiores de las viviendas, por lo que no cuentan con valores mayores de resistencia térmica al aumentar el gradiente de temperatura a lo largo del día [15].

4.1 Lineamientos térmicos como aporte al proceso proyectual en viviendas unifamiliares

En esta evaluación se dio a conocer la importancia de la envolvente en las viviendas y cómo estas deben de ser diseñadas y construidas con materiales que contribuyan hacia un nivel óptimo de confort térmico [16]. Es por ello que se planteó estos lineamientos térmicos en cubiertas, muros o paredes, ventanas y contrapiso, así como la debida orientación favoreciendo a los espacios interiores de las viviendas (figura 10). Como material de aislante térmico en muros o paredes y cubiertas se escogió el poliestireno expandido o EPS, por su resistencia a la radiación térmica y su negatividad a la conductividad del calor en el interior de los espacios, además sirve como elemento acústico para disminuir los ruidos [17].

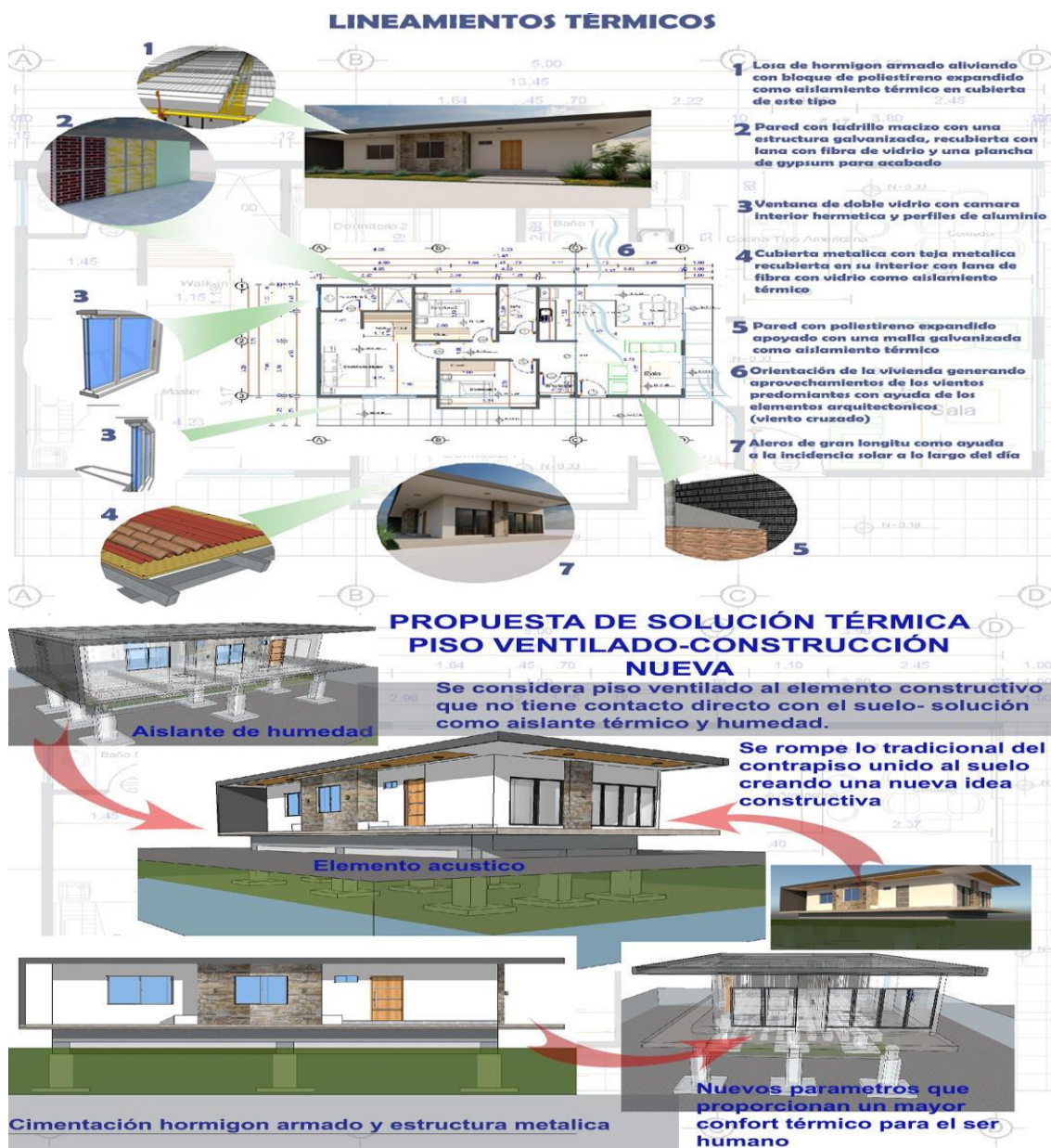


Figura 10. Lineamientos térmicos, solución térmica y gráfico didáctico en el tema proyectual arquitectónico.

De la misma forma, es favorable la lana fibra de vidrio y el doble vidriado en las ventanas como mecanismo de menor conductividad de calor en el interior de las viviendas. Este elemento arquitectónico tiende a ser de mayor resistencia térmica a lo largo del día e incluso a altas temperaturas [18].

5. CONCLUSIONES

El análisis del confort higrotérmico es una herramienta muy útil que se debe implementar en la arquitectura, pues los resultados que se obtienen son muy gratificantes para quienes habitan las viviendas que correspondan. Los responsables en esta área de la arquitectura pueden maximizar el potencial de sus proyectos, haciéndolos mucho más confortables y cómodos para las personas, ya que al momento y en el caso estudiado, la ciudad de Portoviejo no cuenta con políticas públicas que se den a conocer y se apliquen a todo tipo de situación edilicia en el lugar. Así, con el apoyo de varias herramientas se puede extraer las siguientes conclusiones:

- Se determinó que en tres viviendas ubicadas del lado sur en la ciudad de Portoviejo la humedad relativa es menor que en las demás; así también como se comprobó mediante el anemómetro digital que los vientos predominantes son más fuertes en ese lado de la ciudad.
- Se comprobó que las paredes de las viviendas no poseen algún tipo de solución térmica y más aún en las zonas donde la radiación solar llega directamente a las viviendas.
- Se conoció mediante las fichas de investigación dirigidas a las personas con la escala de sensación térmica ASHRAE 55, que en la mayoría de las viviendas los datos coincidieron con los analizados mediante las herramientas digitales y software.
- A través de la matriz tipológica se dio a conocer la importancia de la envolvente en las viviendas y de cómo están constituidas, mejorando la propuesta de solución térmica proporcionando un aporte al conocimiento proyectual para mejorar la calidad de vida en las personas.
- Las viviendas 1, 2 y 3 resultaron con similares características térmicas mediante los análisis digitales y fichas de observación.
- De todas las viviendas analizadas, menos de la mitad presentó un mejor confort térmico en su interior, ya que estas contaban con una mejor orientación, análisis del entorno y aprovechamiento de los vientos predominantes cruzados.
- Se determinó con valores exactos que la humedad relativa en la ciudad de Portoviejo en época de invierno oscila entre el 65% y 80%, esto nos permite conocer la necesidad de una correcta aplicación de arquitectura sustentable y bioclimática en cada proyecto edilicio que se construya en la ciudad. Si el proyectista no aplica las soluciones pertinentes a los entornos que se presentan en la ciudad, llevaría toda la carga de una vivienda con muy bajo confort térmico, serían las personas que comprarían uno de estos proyectos habitacionales, ya que desconocen del tema higrotérmico.
- Con la ayuda de la matriz tipológica se pudo observar que todas las viviendas utilizan materiales con bajo aporte térmico (sin características de aislación térmica), los mismos que perjudican la salud de las personas al aumentar la temperatura en el interior. Un ejemplo claro es el tradicional zinc, que es utilizado mayormente por ser mucho más económico que otros materiales para cubiertas.
- Dentro de la investigación de campo que se realizaron a todas las viviendas, se pudo constatar la presencia de una patología similar en las paredes (hongos) de las viviendas. Esto es producto de la humedad que transmiten los contrapisos hacia las columnas en el tiempo de invierno. Estos contrapisos tienen contacto directo con la tierra, y esta a su vez con el agua, ya que el nivel freático que se presenta en esta ciudad es muy bajo en tiempos de lluvias. Cabe mencionar en este artículo, y para el enriquecimiento de este, que la mejor solución a esto es el aislamiento del contrapiso con la tierra. Esta técnica es

muy utilizada en otros países como solución a estos tipos de patologías en las paredes de las viviendas.

- Mediante el software herramienta de confort térmico CBE de la Universidad Berkeley de California, se pudo conocer con exactitud, los diferentes niveles de sensaciones térmicas de las personas al momento de estar en alguna actividad dentro de las casas. Esta herramienta sirvió como un “detector de mentiras”, ya que se pudo determinar si los datos de las personas eran casi exactos con cada punto de análisis de este software. Esta herramienta simuló los movimientos de cada persona dentro del hogar, sus actividades y tareas, de acuerdo con el espacio ocupado.
- Se pudo conocer que la altura en las viviendas de la ciudad de Portoviejo es un ítem más que se debe aplicar, ya que la radiación térmica ocupa unos centímetros del tumbado hacia abajo. Entonces, mientras mayor sea la altura del entepiso y la cubierta, mayor será la eliminación del aire caliente y menor será sensibilidad a la carga por radiación solar.

REFERENCIAS

- [1] B. Arballo, E. Kuchen, Y. Alamino-Naranjo y A. Alonso-Frank, “Evaluación de modelos de confort térmico para interiores”, En *VIII Congreso Regional de Tecnología de la Arquitectura-CRETA*, Rivadavia-Argentina, 2016.
- [2] R. García-Alvarado, A. González., W. Bustamante, A. Bobadilla, y C. Muñoz, “Características relevantes de la simulación energética de viviendas unifamiliares”, *Informes de la Construcción*, 66(533):005, 2014.
- [3] E. Arteaga-Cruz, “Buen Vivir (Sumak Kawsay): definiciones, crítica e implicaciones en la planificación del desarrollo en Ecuador”, *Saude em debate*, 41, 907-919, Sao Paulo-Brasil, 2017
- [4] O. Leal-Nares, M. Mendoza y E. Carranza González, “Análisis y modelamiento espacial de información climática en la cuenca de Cuitzeo, México”, *Investigaciones geográficas*, no. 72, pp. 49-67, Ciudad de México, 2010.
- [5] G. Arrieta y A. Maristany, “Cambiando los paradigmas: revisión del concepto de confort higrotérmico desde los 60’ hasta la actualidad”, *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente-AVERMA*, vol. 22, pp. 1-12, Córdova-Argentina, 2020.
- [6] F. J. Sandoval, J. S. Machuca y L. Cedeño, “La arquitectura vernácula en el medio rural y urbano de Manabí. Levantamientos, análisis y enseñanzas. Análisis tipológico y constructivo como respuesta al clima de la región de Manabí (Ecuador)”, en *Hábitat social, digno, sostenible y seguro en Manta*, Manabí, Ecuador, Universidad de Valladolid, 2014.
- [7] D. Farid, “Uso de la Caña Guadúa: arquitectura vernácula en restaurantes de la ciudad de Portoviejo, Ecuador”, Universidad de Palermo, 2018.
- [8] C. Priego González de Canales, *Beneficios del arbolado urbano*, 2002. <http://hdl.handle.net/10261/24578>.
- [9] L. F. López Gutiérrez, A. Lira Oliver y J. A. Castillo Torres, “Anemómetro digital-manual de uso”, Facultad de Arquitectura, Universidad Nacional Autónoma de México, 2017.
- [10] A. Mariño Mur, “Caracterización térmica de un conjunto de edificaciones del Pirineo oscense mediante termografía infrarroja”, *Doctoral dissertation*, Valencia-España, 2012.

- [11] C. Molina, y Veas, L., “Evaluación del confort térmico en recintos de 10 edificios públicos de Chile en invierno”, *Revista de la Construcción*, vol. 11, no. 2, pp. 27-38. Santiago-Chile, 2012.
- [12] Corporación de Desarrollo Tecnológico y Cámara Chilena de la Construcción, “Manual acondicionamiento térmico criterios de intervención”, Santiago-Chile, 2015. https://issuu.com/camaraconstruccion/docs/manual_web
- [13] R. De Dear y GS Brager, “El modelo adaptativo de confort térmico y conservación de energía en el entorno construido”, *Revista internacional de biometeorología*, vol. 45, no. 2, pp. 100-108, 2001.
- [14] L. Rodríguez Potes, “Efectos de los árboles sobre el viento en el medio urbano”, Barranquilla-Colombia, 2010.
- [15] A. Borbón, R. Cabanillas y J. Pérez, “Modelación y simulación de la transferencia de calor en muros de bloque de concreto hueco”, *Información tecnológica*, vol. 21, no. 3, pp. 27-38, Sonora-México, 2010.
- [16] G. Huelsz, G. Barrios, R. Rechtman y J. Rojas, “Importancia del análisis de transferencia de calor dependiente del tiempo en la evaluación del desempeño térmico de la envolvente de una edificación”, *Estudios de Arquitectura Bioclimática*, pp. 11-20, México, 2009.
- [17] M. Galindo Cabello, “Estudio de un sistema de bloques huecos de poliestireno para la construcción de viviendas”, Universidad de Chile, 2010.
- [18] V. Volantino, E. Cornejo Siles y A. Pereyra, “Determinación experimental de la transmisión total de energía solar de fachadas vidriadas constituidas por doble vidriado hermético”, *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, vol. 13, Buenos Aires-Argentina, 2009

Hymenocallis caribaea (L); una planta con potencial agroindustrial, medicinal y farmacológico

(Hymenocallis caribaea (L); a plant with agro-industrial, medicinal and pharmacological potential)

Eva Salas Olivet^{1*}, Jenny Ruiz Cardona², Jhunion Abrahan Marcía Fuentes²

¹Instituto de Farmacia y Alimentos, Universidad de La Habana, La Habana, Cuba.

²Facultad de Ciencias Tecnológicas, Universidad Nacional de Agricultura, Catacamas, Olancho.
evaso@ifal.uh.cu, cardona15jenny@gmail.com, jmarcía@unag.edu.hn

Resumen: *Hymenocallis caribaea* L., conocida comúnmente como Lirio de San Juan, es una especie de planta geófita perteneciente a la familia de las amarilidáceas, se encuentra distribuida en Centroamérica y en Cuba, además es considerada medicinal. Por lo anterior, esta investigación tuvo como objetivo evaluar la toxicidad aguda dérmica y oral de los extractos acuosos e hidroalcohólicos a partir de las hojas y los bulbos de esta planta, para su potencial aprovechamiento agroindustrial, medicinal y farmacológico. Para su alcance se empleó estudios in vivo a partir de ratas Wistar, empleando dosis límite de 2000 mg/kg. Los resultados indicaron que existió una tendencia al incremento del peso de las ratas durante la experimentación, además no se observó mortalidad, ni cambios en la conducta en los animales, lo que sugiere la ausencia de efectos tóxicos sistémicos. Asimismo, estos resultados demostraron la inocuidad de esta planta cuando se aplica de forma aguda por las vías ensayadas.

Palabras clave: *Hymenocallis caribaea*, toxicidad aguda dérmica, toxicidad aguda oral, ensayos in vivo.

Abstract: *Hymenocallis caribaea* L., commonly known as Lirio de San Juan, is a species of geophyte plant belonging to the family of amarillidaceae, is distributed in Central America and in Cuba, and is also considered medicinal. Therefore, this research aimed to evaluate the acute toxicity dermal and oral aqueous and hydroalcoholic extracts from the leaves and bulbs of this plant, for their potential agro-industrial, medicinal and pharmacological use. For its scope, in vivo studies were used from Wistar rats, using a limit dose of 2000 mg/kg. The results indicated that there was a tendency to increase the weight of rats during the experiment, in addition there was no mortality or changes in behavior in animals, suggesting the absence of systemic toxic effects. Also, these results demonstrated the safety of this plant when applied acutely by the tested routes.

Keywords: *Hymenocallis caribaea*, acute dermal toxicity, acute oral toxicity, in vivo tests.

1. INTRODUCCIÓN

Las plantas del género *Hymenocallis*, de manera general, son geófitas, herbáceas o caducifolias. Su nombre genérico proviene del griego, que significa membrana hermosa, aludiendo a la morfología de la corona estaminal de las flores, característica que constituye su rasgo más sobresaliente [1]-[3]. En él se agrupan aproximadamente 82 especies de plantas

bulbosas. Este género se considera nativo de México y Centroamérica, tomando como base la gran diversidad de especies colectadas y que han sido descritas en este país que alcanzan alrededor de 30 especies [3].

La especie *Hymenocallis caribaea* L. (*H. caribaea*) representa una de las plantas más empleadas en la decoración de parques, plazas y avenidas [4].

En estudios realizados, se han encontrado evidencias de que muchos médicos europeos en la antigüedad la utilizaban junto con *H. amancaes*, en Venezuela y las Antillas, para tratar los tumores y la inflamación [5], [6]. Además, sus bulbos triturados con aceite de olivo se usan para aliviar los dolores de oído y algunas llagas complicadas. Por otra parte, en las Antillas Francesas la decocción de los bulbos se utiliza como emético y contra las afecciones pectorales, por lo que tiene utilidad para tratar el asma. Esta misma especie en el Caribe se ha usado como suavizante en los dolores de orquitis, hemorroides, gota, quemaduras, tumores, y en las convulsiones violentas. Los bulbos secos son diuréticos, y se usan externamente en cataplasmas contra los tumores inflamatorios, abscesos, furúnculos, llagas inflamadas y conjuntivitis [7].

La caracterización y los ensayos de seguridad de productos derivados de las plantas son pruebas importantes dentro de la ruta crítica de cualquier compuesto que se pretenda utilizar como fármaco. De ahí que el desarrollo de nuevos medicamentos o fitomedicamentos impone la necesidad de evaluar su potencial tóxico en modelos experimentales. Esto es posible gracias a la realización de estudios toxicológicos en diferentes especies de animales que permiten identificar la toxicidad intrínseca, así como los órganos y tejidos diana de la toxicidad relacionada con el compuesto en evaluación. Asimismo, el uso de plantas con características nutricionales y medicinales proveniente de Centroamericana y Cuba para su aprovechamiento en regímenes especiales de alimentación y potencial nutracéuticos ha crecido en estos últimos años [8]-[10].

Por lo anterior, esta investigación tuvo como objetivo evaluar la toxicidad aguda dérmica y oral de los extractos acuosos e hidroalcohólicos a partir de las hojas y los bulbos de esta planta, para su potencial aprovechamiento agroindustrial, medicinal y farmacológico.

2. TRABAJOS RELACIONADOS

Existen diversas investigaciones que se refieren a la caracterización de la *Hymenocallis caribaea* tales como:

Salas y colaboradores [11]; desarrollaron un estudio farmacognóstico de la *H. caribaea*, determinando la presencia de fenoles, flavonoides, saponinas y alcaloides, a quienes se les atribuye actividad antitumoral, antiviral, antipalúdica e inhibidora de inmunoestimulantes. Otras investigaciones reportadas por el programa de investigación aplicada a la medicina popular del Caribe, expresan que el extracto etanólico (95%) de bulbo (0.5 g/persona), mediante vía oral en 300 asmáticos adultos de ambos sexos, mostró actividad antiasmática e inhibió la bronco constricción inducida por alérgenos inhalados [12]. Sin embargo, el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos “Alexander von Humboldt”, recomienda antes del uso de la *H. caribaea*, desarrollar análisis de toxicidad para garantizar su inocuidad [13].

Existen estudios que atribuyen la toxicidad de extractos obtenidos a partir de especies pertenecientes a la familia Amaryllidaceae frente a *Artemia salina*, a la existencia de metabolitos como saponinas y alcaloides [8].

Otras investigaciones con plantas que se encuentran en Centroamérica y Cuba, como la *Cassia grandis*, han demostrado su efecto medicinal, nutricional y farmacológico, por la presencia de fitoquímicos con alta actividad antioxidante, contenido carotenoides y moléculas bioactivas,

convirtiéndose en una alternativa para la producción agroindustrial, como fuentes de alimentos potencialmente funcionales [14]-[16].

3. METODOLOGÍA

Los materiales vegetales de la especie *H. caribaea* fueron recolectados en el mes de junio del 2020, en San Agustín, municipio La Lisa, provincia La Habana. En el momento de la recolección la especie se encontraba en estado vegetativo, además no presentaba alteraciones morfológicas visibles, ni signos de daños causados por hongos, insectos, ni quemaduras por el sol. Posteriormente se realizó la identificación botánica de la especie, para ello, la misma se herborizó y registró (Nº.90077) en el herbario “Johannes Bisse” (HAJB) de la Universidad de La Habana. Del material recolectado se emplearon las hojas y los bulbos. Estos fueron lavados con abundante agua potable, seguidamente se sumergieron en hipoclorito de sodio al 1 % por un tiempo de 5 minutos e inmediatamente se lavaron nuevamente con agua potable. Con el objetivo de favorecer el proceso de secado se decidió cortar los materiales en trozos pequeños utilizando tijeras de corte estériles.

3.1. Procedimiento

Los pasos a seguir para evaluar la toxicidad aguda dérmica y oral de los extractos acuosos e hidroalcohólicos a partir de las hojas y los bulbos de *H. caribaea*, fueron los siguientes:

Secado y obtención de la droga de *H. caribaea*: Tanto los bulbos como las hojas, fueron sometidos a un proceso de secado en una estufa (YLD-6000 AISET, China) a una temperatura de 40 °C con recirculación de aire. En el estudio se utilizaron 200 g de muestra por cada réplica, que se colocaron esparcidas dentro de la estufa en bandejas esmaltadas. Se registraron las observaciones de la droga, relacionadas con la proliferación de hongos, moho y ennegrecimiento. Se realizaron pesadas sucesivas cada 24 horas. Se tomaron en consideración los siguientes parámetros: número de días que demoraba la droga en alcanzar peso constante (tiempo de secado) y pérdida en peso por desecación promedio de tres réplicas. El proceso culminó cuando se obtuvieron tres pesadas consecutivas del material vegetal constantes y se comprobaron tanto la fragilidad desmenuzable; así como en forma visual, la ausencia de hongos, mohos o ennegrecimiento. Los materiales secos se redujeron a un tamaño de partícula menor de 2 mm, en un molino de cuchilla (FUMAR, Italia). Posteriormente, se almacenaron en recipientes de cristal de color ámbar, cerrados herméticamente a 25 ± 3 °C y se colocaron en una desecadora provista de sílica gel activada hasta el momento de su utilización.

Obtención de los extractos: Los extractos se prepararon a partir de 20 g de las hojas y los bulbos, previamente secos y molidos. A partir de las hojas se obtuvo un extracto hidroalcohólico, mientras que a partir de los bulbos fue acuoso. Ambos extractos se conservaron a temperatura ambiente y protegidos de la luz. Para la obtención del extracto hidroalcohólico el método de extracción utilizado fue la maceración durante 7 días a una temperatura de 30 ± 2 °C. El material vegetal se extrajo con 100 mL de etanol al 50 % (v/v) [17]-[19]. El método de extracción que se empleó para la obtención del extracto acuoso fue la decocción, durante 30 minutos. Se utilizó como disolvente 120 mL de agua destilada y una plancha de calentamiento (IKAC-MAG, Alemania) a una temperatura de 80 °C [20].

Evaluación preclínica de los extractos de *H. caribaea* (L): Para la evaluación preclínica de la especie, se emplearon ratas albinas Winstar. Para la evaluación del potencial tóxico dérmico se utilizaron ratas hembras y machos con un peso aproximado de 180 a 238 gramos, mientras que para el potencial tóxico agudo oral, solo hembras con un peso de 160 a 204 gramos. Los animales de experimentación fueron suministrados por el Centro para la Producción de Animales de Laboratorio (CENPALAB), Bejucal, La Habana. Durante todo el ensayo los animales

permanecieron bajo temperatura controlada (20 ± 3 °C), humedad (30 - 70 %), ciclo alternativo luz/oscuridad de 12 horas, así como alimentación y agua ad libitum. Todos los animales empleados recibieron el cuidado y la atención según las normativas internacionales establecidas, siguiendo la Guía para los cuidados y el empleo de los animales de laboratorio establecida por la Comunidad Económica Europea [21] y aprobadas por el Centro de Estudios para las Investigaciones y Evaluaciones Biológicas (CEIEB).

3.2. Diseño experimental para ensayos de toxicidad aguda

Para evaluar la seguridad de los extractos, acuoso de los bulbos e hidroalcohólico al 50 % de las hojas, se realizaron los ensayos de toxicidad aguda dérmica [22] y de vía oral [23], establecidas en el Centro de Estudios para las Investigaciones y Evaluaciones Biológicas (CEIEB). Los ensayos tuvieron una duración de 19 días (5 de aclimatación y 14 de ensayo), para ambos extractos [24].

Vía dérmica: Se confeccionaron dos grupos tratados (machos y hembras) que recibieron los extractos en estudio. Los grupos estaban compuestos por cinco animales cada uno. Se empleó para ambos extractos una dosis de 2000 mg/kg de peso corporal; como ensayo límite, usando la vía de administración tópica.

Las ratas, 24 horas antes del inicio del ensayo, fueron rapadas en un área del 10 % de la superficie corporal en el dorso de la misma. Posteriormente se aplicó de forma directa el extracto y se cubrió con una almohadilla de gasa atada de forma segura a la piel y toda la región fue cubierta con una banda de goma elástica hipoalergénica, enrollada en la región media del cuerpo para de esta manera evitar que el animal pudiera lamerse la zona de aplicación y por ende se alteraran los resultados. La sustancia en estudio se dejó en contacto con la piel por un tiempo de 24 horas, transcurrido este se removió la cubierta y el agente residual fue eliminado por lavado con solución de Cloruro de Sodio al 0.9 % con la ayuda de una almohadilla de gasa estéril.

Las pesadas de las ratas se realizaron (al inicio y final del ensayo) en los tiempos siguientes: 1, 7 y 14 días. Se evaluaron en ellos, signos clínicos y conductuales, la ganancia de peso y se examinaron varios órganos (pulmones, corazón, bazo, riñones y estómago) siguiendo lo establecido en los procedimientos normalizados de operación vigentes en el Centro de Estudio para la Investigación y Evaluación Biológica (CEIEB) CODIGO: IR/PI/2018. Al final del ensayo se procedió a sacrificar los animales empleando para ello una sobredosis de barbitúrico (tiopental sódico), evitando en lo posible que el animal sufriera y siguiendo los procedimientos que se emplean actualmente en la Toxicología Alternativa, [22].

Vía oral: Se confeccionó primero un grupo tratado (Hembra 1) con una dosis de 2000 mg/kg de tres animales que recibieron los extractos en estudio. Se estableció que entre el primer día y los 14 días que duró el ensayo; si no había más de una muerte, se repetía el mismo procedimiento en un grupo de otros tres animales del mismo sexo (Hembra 1). De encontrarse dos o más muertos, se disminuía la dosis según lo indicado [21] y se desarrollaba el mismo procedimiento. El volumen administrado fue de no más de 4 mL/200g aplicando directamente el extracto sin vehículo; con PH de 4.65 ± 0.04 . Después de la administración se realizaron las observaciones, y se registraron sistemáticamente en los registros individuales para cada animal, varias veces durante el primer día y al menos una vez al día para los 13 restantes.

Atendiendo a que la vía de administración fue la oral (se desarrolló la metodología descrita por la OECD TG 423 y establecida en el CEIEB). Se incluyeron los signos de toxicidad oral retardada. Las pesadas de las ratas, evaluación de los diferentes parámetros indicativos de signos tóxicos y sacrificio de los animales se realizaron de igual manera a lo explicado anteriormente para la vía dérmica.

3.3. Análisis estadístico

En los ensayos toxicológicos los datos se procesaron usando el programa estadístico SPSS, para Windows versión 8.0 y se obtuvieron las medias y las desviaciones estándar, a través del análisis de varianza simple Anova, posteriormente fueron comparados utilizando las pruebas Student, Newman y Keuls ($p < 0,05$) [11].

4. RESULTADO Y DISCUSIÓN

4.1. Ensayos de toxicidad aguda dérmica y oral

Dentro de los estudios farmacognósticos encaminados a establecer la calidad de una droga cruda se encuentra el método de secado. Se considera que es uno de los métodos principales, ya favorece la estabilidad y conservación de la misma, debido a que evita la proliferación o activación de procesos enzimáticos o fermentativos que modifiquen las estructuras y propiedades de las células vegetales y por consiguiente los principios activos, además de la contaminación microbiana de la planta [20]. Durante el proceso, se pudo constatar que las hojas alcanzaron su peso constante a las 120 horas, es decir, a los cinco días, con una pérdida en peso de agua de 76.07 %. En el caso de los bulbos, se secaron completamente a los diez días (240 horas) después de iniciado el proceso, con una pérdida en peso de agua de 88.16 %. Las diferencias observadas entre los órganos vegetales, tanto en el tiempo de secado como en la pérdida por desecación, pudieran asociarse a las características de los mismos.

Como se puede observar en la Tabla 1, la administración de los extractos por vía dérmica produjo ganancia en peso en los dos grupos de animales (hembras y machos). Durante el estudio, este incremento en el peso fue más marcado en aquellos grupos tratados con el extracto obtenido a partir de los bulbos que en el que recibió el extracto de las hojas [24], [25].

Tabla 1. Variación en el peso corporal (gramos) de los animales en el ensayo de toxicidad aguda dérmica de los extractos de *H. caribaea*

Grupos	Peso corporal de los animales (g) (Media \pm Desviación estándar)		
	Tiempo (días)		
	1	7	14
Hojas			
Hembras	211.2 \pm 7.5a	217.6 \pm 2.9a	232.8 \pm 7.0b
Machos	226.0 \pm 8.0a	255.2 \pm 11.8b	284.4 \pm 8.7c
Bulbos			
Hembras	187.2 \pm 7.2a	223.2 \pm 5.7b	234.8 \pm 10.4bc
Machos	222.0 \pm 11.1a	231.6 \pm 7.5a	278.0 \pm 11.8b

Letras iguales indican que no existen diferencias significativas y letras diferentes que sí existen diferencias significativas para $p < 0.05$.

En la Tabla 2, los animales de experimentación no presentaron signos clínicos (ojo, mucosa, piel y otros conductuales) y no se evidenció mortalidad durante los 14 días de estudio.

Al final del ensayo se procedió a sacrificar los animales empleando para ello una sobredosis de barbitúrico, evitando en lo posible que el animal sufriera y cumpliendo de esta manera con el principio de las 3 ERRES, establecido por la Toxicología Alternativa.

Tabla 2. Observaciones realizadas durante el ensayo de toxicidad aguda dérmica a los extractos

Signos clínicos (hembras y machos)	Días de ensayo													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Ojos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mucosas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sistema Respiratorio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sistema Circulatorio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sistema Autónomo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sistema Nervioso Central	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mudanza de pelo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Temblores	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Convulsiones	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Salivación	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Piel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sedación	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Somnolencia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Muerte	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

-: No presentan signos clínicos.

Las muestras tomadas de los principales órganos (pulmones, corazón, bazo, riñones y estómago) no evidenciaron anomalías perceptibles desde el punto de vista macroscópico, por lo que se decidió no efectuar la toma de las mismas para su estudio histopatológico.

Por otra parte, el estudio toxicológico de los extractos por la vía oral (Tabla 3) mostró un comportamiento idéntico en lo referente a los signos clínicos de acuerdo a los datos presentados en relación al de la vía dérmica, observándose un incremento de peso dependiente del origen del sustrato comenzando a los 7 días cuando es de origen bulbo y a los 14 días cuando es de origen hojas. Sin embargo, de forma oral esta diferencia ya no existe, el incremento de peso es independiente del extracto y además es siempre a partir del día 7.

Tabla 3. Variación en el peso corporal (gramos) de los animales en el ensayo de toxicidad aguda oral de los extractos de *H. caribaea*

Grupos	Peso corporal de los animales (g) (Media ± Desviación estándar)		
	Tiempo (días)		
	1	7	14
	Hojas		
Hembras 1	193.3 ± 18.5a	195.0 ± 12.7a	205.0 ± 7.0a
Hembras 2	202.6 ± 1.1a	212.0 ± 8.7b	217.3 ± 1.1b
	Bulbos		
Hembras 1	168.0 ± 5.2a	205.3 ± 10.2b	210.0 ± 10.0b
Hembras 2	176.0 ± 13.8a	209.3 ± 8.3b	212.0 ± 13.8b

Letras iguales indican que no existen diferencias significativas y letras diferentes que sí existen diferencias significativas para $p < 0,05$.

Al igual que en el estudio de toxicidad aguda dérmica, las observaciones de los signos clínicos y órganos analizados no manifestaron signos de toxicidad alguna durante los 14 días del estudio a los dos grupos de animales.

Los extractos de *H. caribaea* evaluados, no produjeron toxicidad aguda por las vías de administración empleadas (dérmica y oral) en los animales de experimentación a dosis límite de

2000 mg/kg. Según lo anteriormente planteado los extractos de *H. caribaea* (L.) quedan catalogados como "Sin clasificar", según la Unión Europea [20], por lo que no resulta necesario estudiar los mismos a dosis superiores. Ambos extractos se consideran prácticamente inocuos para los humanos, cuando se aplican de forma aguda por las dos vías ensayadas.

5. CONCLUSIONES

Los extractos de *H. caribaea* evaluados, demostraron ser inocuos a partir de una dosis límite de 2000 mg/kg de peso corporal del animal, mediante ensayos in vivo con ratas Winstar. Por lo que su implementación como potencial ingrediente funcional es una alternativa para la agroindustria y la industria farmacéutica, ya que contiene fitoquímicos de interés y que posiblemente no cause efecto adverso en la salud humana, siendo una alternativa para el desarrollo de suplementos nutricionales y el desarrollo de alimentos fortificados en personas con regímenes especiales de alimentación.

AGRADECIMIENTOS: A los estudiantes de la Licenciatura de Química Farmacéutica del Instituto de Farmacia y Alimentos de la Universidad de La Habana, Cuba, por su colaboración en el desarrollo de esta investigación.

REFERENCIAS

- [1] E. García, P. Herrera, "Flora, vegetación y modificaciones ecólogo paisajísticas del Archipiélago de los Canarreos", Cuba. Acta Botánica Cubana, 209, pp. 1-24. 2010.
- [2] E. Tapia, JM. Rodríguez, M. Revuelta, B. Van, "Mexican Geophytes II. The general *Hymenocallis*, *Sprekelia* and *Zephyranthes*", *Floriculture and Ornamental Biotechnology*, vol. 6, no. 1, pp. 129-139. 2012
- [3] MP. Flores, "Micropropagación de *Hymenocallis harrisiana* (Herb.)", Tesis de Licenciatura para optar por el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Autónoma de México. 2016.
- [4] J. Soto, D. Pacheco, M. Ramírez, O. Zambrano, G. Sthormes, "Aspectos florísticos y fitosanitarios de las áreas verdes de la parroquia Santa Lucía, Maracaibo, estado Zulia", *Rev. Fac. Agron*, vol. 1, pp. 365-383. 2014
- [5] A. Evidente, AS. Kireev, AR. Jenkins, AE. Romero, WF. Steelant, S. Van, A. Kornienko, "Biological evaluation of structurally diverse Amaryllidaceae alkaloids and the ir synthetic derivatives: discovery of novel leads for anticancer drug design", *Planta Médica*, vol. 75, no. 5, pp. 501-507. 2009
- [6] J. Bastida, "Els alcaloides de les Amaryllidaceae com a font de molècules d'importancia farmacològica", *Seminaris de Recerca de Facultat de Farmàcia (Seminari 5)*. 2010
- [7] HA. Liogier, "Plantas Medicinales de Puerto Rico y del Caribe", Iberoamericana de Ediciones Inc., San Juan, Puerto Rico. 441. 1990
- [8] F. Santos, L. Ricardo, ZN. Juárez, "Evaluaciones preliminares de algunas bioactividades del extracto clorofórmico de bulbos de *Sprekelia formosissima* (lirio azteca)". *Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, vol. 21, no. 2, pp. 95-102. 2018
- [9] J. Marcía Fuentes, L. Chavarría Carrión, & H. Zumbado. (2019). Analysis of the process of yuca flour, on the sensory and nutritional properties of the casabe. *Nexo Revista Científica*, 32(1), 88-93. <https://doi.org/10.5377/nexo.v32i01.7992>.

- [10] J. Marcía Fuentes, I. Montero Fernández, S. Saravia, I. Varela, C. Silva, F. Hernández, E. Cruz, B. Castro, H. Zumbado y M. Álvarez, “Physical-Chemical Evaluation of the *Cassia grandis* L. as Fortifying Egg Powder”, *Journal of Agricultural Science*, vol. 12, no. 8, pp. 277-282. 2020. doi:10.5539/jas.v12n8p277.
- [11] EO. Salas, D. de la Caridad Sánchez-Milán, A. Cuéllar Cuéllar, R. Mangas Marín, JA. Arencibia, and JA. García-Beltrán, “Estudio Farmacognóstico de *Hymenocallis caribaea* (Amaryllidaceae)”, *Revista del Jardín Botánico Nacional* 41, pp. 109–17. <https://www.jstor.org/stable/26975233>. 2020
- [12] Programa de investigación aplicada a la medicina popular del Caribe, TRAMIL. *Hymenocallis caribaea* (en línea). 2021. Obtenido en <http://www.tramil.net/es/plant/hymenocallis-caribaea>.
- [13] Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Repositorio Institucional de Documentación Científica (en línea). 2021. Obtenido en http://repository.humboldt.org.co/discover?scope=%2F&query=toxicidad+oral&submit=&filtertype_0=subject&filter_relational_operator_0=equals&filter_0=Medicamentos+tradiciones.
- [14] J.A. Marcía Fuentes, IM. Fernández, H. Fernández, J. Sánchez, R. Santos Alemán, M. Navarro-Alarcon, I. Borrás-Linares, S. Saravia Maldonado, “Quantification of Bioactive Molecules, Minerals and Bromatological Analysis in Carao (*Cassia grandis*)”, *J. Agric. Sci.* vol. 12, pp. 88–94. 2020. <https://doi.org/10.5539/jas.v12n8p277>.
- [15] JAM. Fuentes, L. López-Salas, I. Borrás-Linares, M. Navarro-Alarcón, A. Segura-Carretero, J. Lozano-Sánchez, “Development of an Innovative Pressurized Liquid Extraction Procedure by Response Surface Methodology to Recover Bioactive Compounds from Carao Tree Seeds”. *Foods*, vol. 10, no. 2. 2021. doi: 10.3390/foods10020398. PMID: 33670327; PMCID: PMC7917923.
- [16] J. Marcía-Fuentes, R. Santos-Aleman, I. Borrás-Linares, J.L. Sánchez, “The Carao (*Cassia grandis* L.): Its Potential Usage in Pharmacological, Nutritional, and Medicinal Applications”, en: Maddela N.R., García L.C. (eds) *Innovations in Biotechnology for a Sustainable Future*. Springer, Cham. 2021. https://doi.org/10.1007/978-3-030-80108-3_19.
- [17] A. Rivadeneira, A. Cedeño, U. Manso, E. Cortés, R. Rodríguez, M. Donato, M. PuróN, “Análisis fitoquímico y de seguridad de los extractos de *Chuquiraga jussieui*” *JF Gmell. Centro Agrícola*, vol. 41, no. 2, pp. 79-84. 2014.
- [18] NRSP 312. Norma Ramal. Medicamentos de origen vegetal. Extractos fluidos y tinturas. Métodos de ensayos, 15-19. 1992.
- [19] Farmacopea, MERCOSUR. (2016). Métodos de farmacognosia. MERCOSUR/GMC/RES. No. 17/16. Montevideo, Uruguay. 21 pp.
- [20] MM. Miranda, AC. Cuellar (2000). Manual de Prácticas de Laboratorio Farmacognosia y Productos Naturales. Instituto de Farmacia y Alimentos. CH: Edit. Félix Varela, 34-48; 51; 62-66; 112-113.
- [21] García G. Los estudios toxicológicos de primera barrera y la toxicología alternativa. Tesis para optar por el grado académico de Maestro en Ciencias. La Habana. 2000.
- [22] Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo. (OECD). Guidelines for testing of chemical. Paris. 423. 2001.
- [23] Hayes W. Principles and Methods of Toxicology. Principles and Methods for Acute Toxicity and Eye Irritancy. Ed. Raven Press, Ltd. N.Y. 2004: 169-220.

- [24] Informe final de resultados PI/2018/Determinación de la Toxicidad Aguda Oral del producto LB perteneciente al proyecto: Estandarización de productos naturales como Fitomedicamentos procedentes del Instituto de Farmacia y Alimentos (IFAL). La Habana, 4 de enero del 2018. Centro de estudio para las Investigaciones y Evaluaciones Biológicas (CEIEB)
- [25] Informe final de resultados PI/2018/Determinación de la Toxicidad Aguda dérmica del producto LB perteneciente al proyecto: Estandarización de productos naturales como Fitomedicamentos procedentes del Instituto de Farmacia y Alimentos (IFAL). La Habana, 4 de enero del 2018. Centro de estudio para las Investigaciones y Evaluaciones Biológicas (CEIEB)

Aislamiento e identificación molecular de *Salmonella* spp., a partir de muestras de agua de consumo humano

(Isolation and Molecular Identification of *Salmonella* Spp., from Water Samples for Human Consumption)

Favian Bayas-Morejón*, Sonia Salazar-Ramos, Katherin Beltrán, Luis Verdezoto

Centro de Investigación y Desarrollo Biotecnológico, Departamento de Investigación y Vinculación, Universidad Estatal de Bolívar, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, Guaranda 020150, Ecuador

fbayas@ueb.edu.ec, ssalazar@ueb.edu.ec, kbeltran@ueb.edu.ec, lverdezoto@ueb.edu.ec

Resumen: El objetivo del estudio fue evaluar la ocurrencia de *Salmonella* spp. en 100 muestras de agua, recolectadas de cinco áreas de la ciudad de San José de Chimbo, prov. Bolívar. Todas las muestras de agua fueron filtradas mediante el uso de una rampa de succión y filtros de membrana y luego cultivadas utilizando métodos específicos para el género de interés y los aislados obtenidos fueron confirmados mediante microscopía y PCR (Reacción en Cadena de la Polimerasa). Tras los análisis, se detectó el patógeno en el 10% de las muestras de agua analizadas. El mayor número de muestras contaminantes se encontró en las fuentes de consumo directo, a diferencia de las muestras obtenidas directamente del talud que no parecían estar contaminadas.

Palabras clave: *Salmonella* spp, caracterización, agua potable.

Abstract: The objective of the study was to evaluate the occurrence of *Salmonella* spp. in 100 water samples, collected from five areas of the city of San José de Chimbo, prov. Bolivar. All the water samples were filtered using a suction ramp and membrane filters and then cultured using specific methods for the genus of interest and the isolates obtained were confirmed by microscopy and PCR (Polymerase Chain Reaction). After analyzes the pathogens were detected in 10% of the analyzed water samples. The highest number of contaminating samples was found in the sources of direct consumption, unlike the samples obtained directly from the slope that did not appear to be contaminated.

Keywords: *Salmonella* spp., characterization, drinking water.

1. INTRODUCCIÓN

Mientras que los países en desarrollo continúan luchando con el tema de la inocuidad de los alimentos, es decir, la cantidad de alimentos suficiente para el consumo de la población en crecimiento; Existe otro dilema en estos países, se estima que más de 200 tipos de enfermedades producidas por patógenos son de transmisión alimentaria, causando problemas en grupos vulnerables, por lo que garantizar una alimentación saludable es un desafío para la salud pública [1]. Entre estos patógenos se encuentra el género *Salmonella* spp. [2]. Durante los últimos años, *Salmonella* spp. Ha venido siendo uno de los agentes causales más importantes de enfermedades transmitidas por alimentos en países desarrollados y en vías de desarrollo y es una de las principales causas de enteritis bacteriana aguda en personas en todo el mundo, además, se asocia comúnmente con ganado y aves de corral [3]. Para la identificación de las especies de *Salmonella* se han desarrollado métodos de identificación más rápidos y con mayor especificidad que los

convencionales, entre los que se encuentran la PCR y la PCR Multiplex [4]. El presente estudio fue diseñado con el objetivo de conocer la ocurrencia de *Salmonella* en agua mediante métodos de cultivo y moleculares.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Colección de muestra

El presente estudio fue descriptivo, experimental, transversal, realizado durante los meses de marzo a octubre de 2018, donde se determinó la presencia de *Salmonella* en 100 muestras de aguas para consumo humano en cinco áreas o localidades de la ciudad de San José de Chimbo, Ecuador (Tabla 1). Todas las muestras fueron transportadas y analizadas en un periodo no mayor a 4 horas partiendo desde el momento de la toma, Los análisis fueron realizados en el laboratorio de Microbiología de la Universidad Estatal de Bolívar.

Tabla 1. Áreas de muestreo de agua

Área	Área de muestreo de agua	Nº de muestras
1	Restaurantes	15
2	Centros educativos	25
3	Viviendas privadas	18
4	Lugares públicos	32
5	Vertientes principales y secundarias	10
Total		100

2.2. Técnica y proceso para la recolección de muestras

Las muestras de agua se recolectaron en recipientes plásticos previamente esterilizados, se utilizaron dos recipientes para cada punto de muestreo. La recolección se realizó directamente de los grifos de abastecimiento de agua de los puntos mencionados, utilizando los parámetros descritos en las Normas INEN 1998.

2.3. Preparación de la muestra y cultivo inicial

Se tomaron 100 mL de agua potable recolectada y se filtraron en una rampa de succión usando filtros de membrana (CHM, MPV045047H, España), luego de la succión completa, se retiró cuidadosamente el papel de filtro y se colocó en placas de agar Rappaport (OXOID, CM0669, OK) específico para el crecimiento de enterobacterias. Se dejó incubar a 37°C durante 24 horas. Las colonias consideradas sospechosas se cultivaron en agar XLD (OXOID, CM0469, Reino Unido) bajo las mismas condiciones.

2.4. Confirmación microscópica

Las colonias con crecimiento considerable se analizaron mediante tinción de Gram. La identificación característica de *Salmonella* por tinción es un bacilo Gram negativo.

2.5. Análisis molecular

Cinco colonias de cada cepa cultivadas en agar TBX se suspendieron en 500 µL de tampón TAE 1X y se centrifugaron a 16.000 g durante 10 min a temperatura ambiente. La extracción de ADN se realizó utilizando el kit de purificación de ADN PureLink™ Microbiome (Invitrogen, EE. UU.) Siguiendo las instrucciones del fabricante.

2.6. Ensayo de PCR y electroforesis

La PCR se realizó según el método establecido por Cheng et al. [5]. Para la electroforesis, 5µL de productos de amplificación fueron mezclados con 2 µL de tampón de carga Blue/Orange 6X, charge dye (Promega, EE. UU) en geles de agarosa al 1,5% preparados con tampón TAE con 2 µL de SYBR Safe DNA (Invitrogen, EE. UU.), Luego el gel fue expuesto a 100 V durante 40 min. Finalmente, los tamaños de las bandas se visualizaron con un transiluminador UV. Como controles positivos se utilizó ADN de la cepa de referencia *Salmonella arizonae* (ATCC 13314). Los aislados de *Salmonella* spp. se almacenaron en crioviales (Microbank™ Prolab Diagnostics, EE. UU) a -80 °C.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis microbiológico El aislamiento cultural de *Salmonella* mostró que 10 muestras de un total de 100 muestras tenían presencia de patógeno, con un total de 10 aislamientos (Tabla 2). Las colonias sospechosas mostraron un color típico de blanco a gris blanquecino, Gram negativas después de la tinción.

Tabla 2. Muestras detectadas con *Salmonella* mediante cultivo.

Área del muestreo de agua	N de muestra	N muestras positivas por cultivo (%)
Restaurantes	15	3 (20)
Centros educativos	25	3 (12)
Viviendas privadas	18	2 (11,1)
Lugares públicos	32	2 (6,25)
Vertientes principales y secundarias	10	0 (00)
Total	100	10

Luego del análisis, la mayor prevalencia de *Salmonella* se obtuvo en muestras de restaurantes con valores del 20% cada una, seguida de muestras obtenidas de escuelas y domicilios particulares con valores superiores al 10%, finalmente, la menor prevalencia con valores menores al 10% se detectó en lugares públicos, en las vertientes no se detectó contaminación.

Esto demuestra que la contaminación se da en el trasvase de agua, además, a pesar de que el tratamiento del agua de *Salmonella* se ha detectado en el agua de consumo final, esto probablemente se deba a que este patógeno puede sobrevivir en ambientes acuáticos a través de varios mecanismos, entre ellos entrar en el estado viable pero no cultivable (VBNC) y / o residir dentro de protozoos de vida libre [6]. Kovačić y col. [7], informó un brote de salmonelosis en

Šibenik, Croacia, que ocurrió en septiembre de 2014, el análisis microbiológico reveló que el brote fue causado por *Salmonella* enterica subsp. Enteritidis serovar entérico y se realizó con el agua subterránea de un manantial local. En otro estudio, Ekelozie et al. [8]. analizaron 220 muestras de agua en el estado de Anambra Nigeria, donde *Salmonella* fue más prevalente en el 35.0% de las muestras de agua del embalse examinadas, *S. typhi* fue la especie más prevalente, este resultado fue superior al obtenido en nuestro estudio. Además, Karkey et al. [9], detectaron ADN de *S. typhi* y *S. paratyphi* en 333 (77%) y 303 (70%) de 432 muestras de agua analizadas respectivamente, además, los autores descubrieron que la lluvia es un factor clave en esta contaminación fecal, que se correlaciona con los nitratos. Hernández-Domínguez et al. [10], donde de un total de 71 muestras de agua analizadas, solo el 4% fueron positivas para *Salmonella* spp. que se detectaron principalmente en muestras de agua no clorada.

3.1. Identificación de los aislados de *Salmonella* spp. por PCR

En la PCR para la detección de *Salmonella* spp, todos los aislados caracterizados previamente por cultivo y tinción de Gram mostraron la amplificación a una altura de banda característica de 262-pb (Figura 1), demostrando que los aislados obtenidos fueron positivos a pertenecer al género *Salmonella*, en un 10%. Un resultado parecido al nuestro fue informado por Shankar et al. [11], donde los investigadores analizaron mediante PCR 158 muestras de agua potable, obteniendo un valor de 17,72%. En otro trabajo desarrollado en Irán por Bonyadian et al. [12], de 240 muestras de agua embotellada, los resultados revelaron el gen IpaB de *Salmonella* sp con un 0,4% de las muestras positivas.

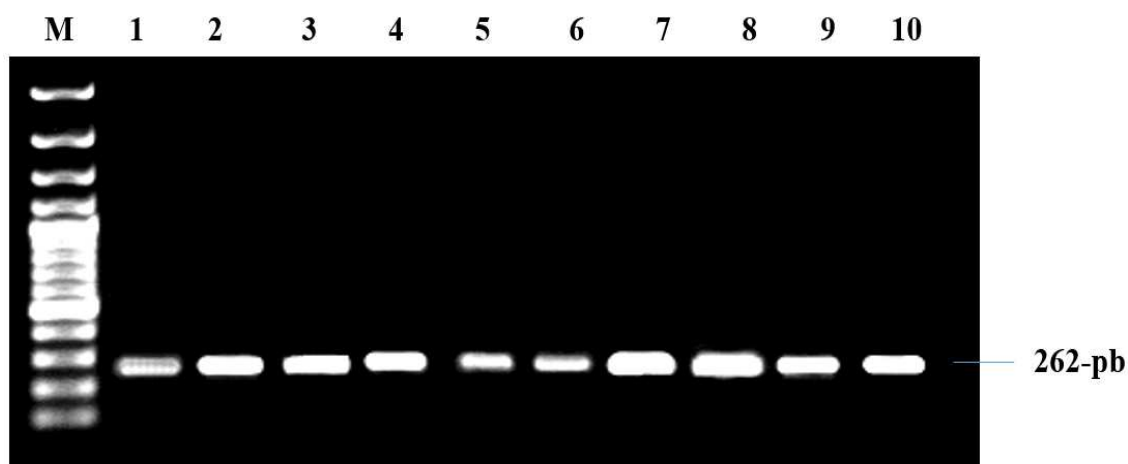


Figura 1. Electroforesis de la PCR convencional para la identificación de *Salmonella* spp. in muestras de agua de consumo humano: Carril M: Marcador de pesos moleculares, 100 pb, carriles 1-10: *Salmonella* spp.

4. CONCLUSIONES

Los niveles de detección de *Salmonella* son preocupantes considerando que la normativa exige la ausencia de patógenos en el agua para que pueda ser considerada apta para el consumo humano, lo que lleva a decisiones serias para evitar problemas de salud a la población.

AGRADECIMIENTOS: Este estudio fue apoyado por el Proyecto PIV-30-2018, del Departamento de Investigación y Vinculación, Universidad Estatal de Bolívar, Ecuador; Además, gracias también al proyecto de canje de deuda Ecuador-España por haber proporcionado los equipos utilizados en este estudio.

REFERENCIAS

- [1] N. Paudyal, V. Anihouvi, J. Hounhouigan, M.I. Matsheka, B. Sekwati-Monang, W. Amoa-Awua, A. Atter, N. Ackah, S. Mbugua, A. Asagbra, W. Abdelgadir, J. Nakavuma, M. Jakobsen y W. Fan, “Prevalence of foodborne pathogens in food from selected African countries a meta-analysis”. *International Journal of Food Microbiology*, 249, pp. 35–43, 2017.
- [2] F. Bayas-Morejón, A. Tigre, I. Aldaz, P. Parra, E. Ramos, R. Remache y C. Zamora, “Incidence of *Salmonella* spp. in Different Animal Species and Meat Products in Ecuador During the Period 2009-2019”, *J Pure Appl Microbiol*, vol. 13, no. 2, pp. 725-732, 2019. doi: 10.22207/JPAM.13.2.08
- [3] L.A. Andoh, S. Ahmed, J.E. Olsen, et al., “Prevalence and characterization of *Salmonella* among humans in Ghana”, *Trop Med Health*, vol. 45, no. 3, 2017. <https://doi.org/10.1186/s41182-017-0043-z>.
- [4] R.L.Lindsey, L. Garcia-Toledo, D. Fasulo, L.M. Gladney, y N. Strockbine, “Multiplex polymerase chain reaction for identification of *Escherichia coli*, *Escherichia albertii* and *Escherichia fergusonii*”, *J. Microbiol. Methods*, 140, pp. 1–4, 2017.
- [5] C.M. Cheng, W. Lin, K.T. Van, L. Phan, N.N. Tran, y D., Farmer, “Rapid detection of *Salmonella* in foods using real-time PCR”, *J Food Prot.*, vol. 71, no. 12, pp. 2436-2441, 2008. doi:10.4315/0362-028x-71.12.2436
- [6] H. Liu, C. Whitehouse, y B. Li, “Presence and Persistence of *Salmonella* in Water: The Impact on Microbial Quality of Water and Food Safety”, *Front Public Health*, vol. 6, no. 159, 2018. doi: 10.3389/fpubh.2018.00159.
- [7] A. Kovačić, Z. Huljev, E. Sušić, “Ground water as the source of an outbreak of *Salmonella* Enteritidis”, *Journal of Epidemiology and Global Health*, vol. 7, no. 3, pp. 181-184, 2017.
- [8] IS. Ekelozie, I. Ekejindu, O. Ochiabuto, M. Obi, U. Onwuasonya, y E., Obeagu, “Evaluation of *Salmonella* Species in Water Sources in Two Local Government Areas of Anambra State”, *Cohesive J. Microbiol infect Dis*, vol. 1, no. 1, *CJMI.000501*, 2018. DOI: 10.31031/CJMI.2018.01.000501.
- [9] A. Karkey, T. Jombart, A. Walker, C. Thompson, A. Torres, S. Dongol, N. Vu Thieu, D. Thanh, D. Thi Ngoc, P. Vinh, A. Singer, J. Parkhill, G. Thwaites, B. Basnyat, N. Ferguson, y S. Baker, “The Ecological Dynamics of Fecal Contamination and *Salmonella Typhi* and *Salmonella Paratyphi A* in Municipal Kathmandu Drinking Water”, *PLoS Negl Trop Dis*, vol. 10, no. 1, 2016. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0004346>.
- [10] C. Hernández-Domínguez, AM. Hernández-Anguiano, C. Cháidez-Quiroz, G. Rendón-Sánchez y T. Suslow, “Detección de *Salmonella* y coliformes fecales en agua de uso agrícola para la producción de melón "Cantaloupe"”, *Agricultura técnica en México*, vol. 34, no. 1, pp. 75-84, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.jegh.2017.05.001>
- [11] P. Shankar, J. Mishra, V. Bharti, D. Parashar, y S. Singh, “Multiplex PCR assay for simultaneous detection and differentiation of *Entamoeba histolytica*, *Giardia*

lamblia, and *Salmonella* spp. in the municipality-supplied drinking water”, *J Lab Physicians*, vol. 11, pp. 275-80, 2019.

- [12] M. Bonyadian, H. Moshtaghi, y H. Nadi, “PCR detection of *Vibrio cholerae*, *Escherichia coli*, and *Salmonella* sp. from bottled drinking water in Iran”, *J Infect Dev Ctries*, vol. 12, no. 9, pp. 700-705, 2018. doi: 10.3855/jidc.10160. PMID: 31999626.



UTEQ

UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE
QUEVEDO

¡Seguimos creciendo!