

REVISTA CIENTÍFICA DE DOCENCIA, INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL





Axioma • Año XIX • número 28 • Junio 2023. Revista semestral de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra, en las áreas de: investigación, docencia y proyección social. Publicación bilingüe dedicada a estudios relacionados con las ciencias sociales y exactas. Los artículos informativos y opiniones expresadas en las colaboraciones son de exclusiva responsabilidad de los autores.



Directores:

Ph.D. Jesús Muñoz
Ph.D. Augusta Cueva

Editoras:

Ph.D. Jhenny Cayambe
Ph.D. Morella Briceño

Asistente de Edición

Mgs. Irma Daniela Batallas González

Ibarra: Av. Jorge Guzmán Rueda y Av. Aurelio
Espinosa Pólit. Cdla. "La Victoria"
Teléfono: 06 2615 500 / 06 2615 631
web Site: www.pucesi.edu.ec

Email: axioma@pucesi.edu.ec

ISSN: 1390-6267

ISSN electrónico: 2550-6684

Indizada/Resumida en

Latindex-Directorio- Catálogo 2.0

Folio 1986

Ilustración de portada:

Título: Construyendo equilibrio

Autor: Lic. Pablo García

Unidad de Comunicación Institucional (UCI)

Diagramación:

Mgs. Oswaldo Portilla Villamagua
0986 514 772



Consejo Editorial Interno

1. Ph.D. NANCY ULLOA ERAZO,
Coordinadora de la Unidad de Comunicación Institucional de la PUCE-SI
2. Ph.D. FRANCKLIN RIVAS ECHEVERRÍA,
Docente de la Escuela de Ingeniería de la PUCE-SI
3. Mgs. EDMUNDO RECALDE POSSO,
Coordinador de Investigación de la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales de la PUCE-SI

Consejo Editorial Externo

1. Ph.D. JUAN MANUEL BENÍTEZ DEL ROSARIO, Decano de la Facultad de Economía y Turismo y Profesor Titular de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria
2. Ph.D. AGUSTÍN SANTANA TALAVERA, Profesor titular de la Universidad de la Laguna-Tenerife-España
3. Ph.D. LARRY FROLICH, Betty Ferguson Endowed Teaching Chair Natural Sciences Miami Dade College Wolfson Campus
4. Ph.D. JOSEP LINARES, Profesor contratado del Departamento de Química UD de Edafología y Química Agrícola en la Universidad Politécnica de Valencia - España
5. Ph.D. JUAN CARLOS MARTÍN QUINTANA, Coordinador del Máster Oficial e Interuniversitario de Intervención Mediación Familiar, social y comunitario de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Profesor Titular de Universidad de Las Palmas de Gran Canaria
6. Ph.D. FRANCISCO CAMPOS FREIRE, Catedrático de la Universidad de Santiago de Compostela-España
7. Ph.D. PILAR CHARRO BAENA, Docente Catedrática de la Universidad Rey Juan Carlos
8. Ph.D. STEFOS EFSTATHIOS, Vicerrector Académico - Miembro Interno Comisión Gestora I Universidad Nacional de Educación
9. Ph.D. MIGUEL TÚÑEZ LÓPEZ, Profesor titular de la Universidad Santiago de Compostela-España
10. Ph.D. JUAN PABLO SUÁREZ CHACÓN, Grupo de Investigación Microbial Systems Ecology and Evolution (MS2E) Departamento de Ciencias Biológicas, Universidad Técnica Particular de Loja
11. Ph.D. OSCAR VALVERDE RIASCOS, Director del programa de la maestría en pedagogía. Pasto- Colombia

Revisión de Estilo y Redacción

Mgs. Beatriz Camero Bejarano

Traducción

Mgs. Sandra Ayala

Con el aval de la Escuela de Ciencias de la Educación de la PUCE-SI

Corrección general

Centro de Investigación de la PUCE-SI

ÍNDICE

EDUCACIÓN

- [Correlatos entre el estrés laboral crónico y la satisfacción por la vida según la percepción de una muestra de profesionales de la salud.](#) 5
Correlates between chronic job stress and life satisfaction as perceived by a sample of health professionals
Marina R. Ramírez, Evelin Astrid Calva
- [Relación entre depresión y riesgo suicida en adolescentes de Tungurahua](#) 10
Relationship between depression and suicide risk in adolescents from Tungurahua
María Gracia Mayorga, Marlon Mayorga Lascano

CIENCIAS NATURALES, MATEMÁTICAS Y ESTADÍSTICA

- [Gobernanza de la gestión de riesgos de desastres en los gobiernos municipales del Ecuador](#) 17
Governance of disaster risk management in the Gonzalo Pizarro canton, Ecuador
Juan Pablo Morales Corozo, María Fernanda Méndez, Santiago Guillen
- [Síntesis de un compuesto pollucita/ferrihidrita/hematita: pellets para la adsorción de fosfatos a partir de agua residual sintética.](#) 24
Synthesis of a pollucite/ferrihydrite/hematite composite: pellets for phosphate adsorption from synthetic wastewater
Diana Guaya, Rocío Jiménez, Adriana Angamarca
- [Riesgo biológico asociado al tratamiento de aguas residuales: caso de estudio usando la metodología BIOGAVAL](#) 33
Biological risk associated with wastewater treatment: case study using the BIOGAVAL methodology
María Fernanda Cuenca - Lozano

INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN

- [Diseño y fabricación de cuenca transfemoral de contención isquiática para prótesis de miembro inferior mediante el uso de tecnologías disruptivas](#) 38
Design and manufacture of a transfemoral ischial containment socket for lower limb prostheses through the use of disruptive technologies
Amaury José Pino, Carmen María Bernal, Liliana Gavidia, Rosanna Elodith Diaz
- [Análisis de la formación de nanopigmentos con extracto de achiote usado en el teñido de algodón 100%.](#) 50
Analysis of the formation of nanopigments with annatto extract used in cotton dyeing
María Ángeles Bonet Aracil, Elmer Arturo Carvajal Endara, Eva Bou Belda, Fausto Edmundo Gualoto Mafía

ADMINISTRACIÓN

- [Estructuración y eficacia de las políticas públicas de inclusión social en Gobiernos Parroquiales del Ecuador](#) 60
Structuring and effectiveness of public policies for social inclusion in parochial governments of Ecuador
Anabel Cristina Castro Torres, Linda Amancha
- [Manual auditoría financiera, aplicado a microempresas de Otavalo, por estudiantes en fase de prácticas pre profesionales](#) 68
Application of the OBCE financial audit manual in microenterprises of the Otavalo canton, within the framework of pre-professional practices of the Accounting and Auditing career
Lizandro Manuel Perugachi Limaico, Johanna Elizabeth Morocho Terán

CIENCIAS SOCIALES, PERIODISMO, INFORMACIÓN Y DERECHO

- [Técnicas de litigación estratégica en materia penal](#) 76
Strategic litigation techniques in criminal matters
Karla Ayerim Yáñez Yáñez, Frank Luis Mila Maldonado

Presentación

Encabezan las investigaciones de este número de AXIOMA, dos preocupantes acontecimientos de la vida humana, familiar y social, en estos azarosos momentos que atraviesa nuestro conflictivo mundo. Queremos aprovechar en esta presentación estos aportes de dos equipos de investigación de universidades ecuatorianas, para señalar el que consideramos principal objetivo de la academia universitaria y; por tanto, de la formación, investigación-vinculación y gestión de la universidad, de cara a una restauración del presente para un futuro mejor. Es este también objetivo primordial de nuestra revista Axioma en sus dos décadas de difusión científica humanista ininterrumpida.

Correlacionar “estrés laboral crónico y la satisfacción por la vida” o contrastar “depresión y riesgo suicida en adolescentes” nos viene a recordar lo que se propone nuestra recientemente constituida Escuela de Ciencias de la Salud: el “Compromiso de la vida humana como profesionales de la salud”. Si hay algo que hoy está en peligro en el mundo es la vida humana. No solo es la salud física, psicológica o espiritual de nuestra gente la que está en peligro; es la vida misma de las personas, de la humanidad entera la que sufre esa amenaza. Es por ello que hacemos un llamado a nuestros profesores-investigadores, a los colaboradores de investigaciones publicables en nuestra revista AXIOMA, a contemplar esta urgencia: el rescate de la vida humana, que está en peligro gravísimo en el mundo entero; no solo por las guerras, con la amenaza de una posible catástrofe nuclear intencionada. La vida humana está amenazada desde su concepción hasta la muerte natural: se atenta a la vida contra el nonato y se promueve la muerte artificial o el descarte del adulto mayor, porque se le considera un sobrante en una sociedad economicista deshumanizada. ¿Qué podemos hacer como académicos, como investigadores para promover una “satisfacción por la vida” o evitar el deseo de acabar con ella?

Profesores-investigadores del mundo universitario, estamos en un “cambio de época” en la humanidad, que requiere nuevo modelo, “la forma en que percibimos el mundo”; necesitamos una renovada matriz cultural en defensa de la vida humana. Estamos convencidos muchos en la universidad de que el cambio de paradigma de esta renaciente época exige volver a reconsiderar el verdadero modelo de vida, todavía por redescubrir en las propuestas explícitas e implícitas del Maestro de la salud integral humana: Jesucristo. Él es universitario, defensor de la auténtica ciencia humana, promotor de la plenitud de vida de todo ser humano. Investiguémoslo, desprejuiciados de ideologías religiosas y creencias pseudocientíficas. Devolvamos a este ilustre pensador a la vida universitaria. Es urgente que lo hagamos, en favor de la mejor protección y defensa de la vida humana.

Invitamos a nuestros lectores a interesarse también en los demás resultados de equipos de investigadores nacionales e internacionales que ofrece este número 28 de AXIOMA: “Gestión de riesgos de desastres”, “Tecnologías orientadas al tratamiento terciario de aguas residuales”, “Riesgo biológico asociado al tratamiento de aguas residuales”, “Diseño y fabricación de cuenca transfemoral de contención isquiática para prótesis de miembro inferior mediante el uso de tecnologías disruptivas”, “Análisis de la formación de nanopigmentos con extracto de achiote usado en el teñido de algodón”, “Estructuración y eficacia de las políticas públicas de inclusión social en gobiernos parroquiales del Ecuador”, “Aplicación del manual de auditoría financiera del OBCE en microempresas del cantón Otavalo” y “Técnicas de litigación estratégica en materia penal”.

Todos estos artículos científicos apuntan; sin duda, al objetivo planteado en esta presentación: la recuperación o protección de la vida más humana.



Rector PUCE-SI
Ph.D. Jesús Muñoz Diez

Correlatos entre el estrés laboral crónico y la satisfacción por la vida según la percepción de una muestra de profesionales de la salud

Marina R. Ramírez¹, Evelin Astrid Calva¹

¹Universidad Técnica Particular de Loja

Autor para correspondencia: mramirez@utpl.edu.ec

Recibido: 2021/12/08 Aprobado: 2023/03/14

DOI: <https://doi.org/10.26621/ra.v1i28.733>

RESUMEN

El estrés laboral crónico refiere al agotamiento físico o emocional para las personas, lo que aumenta el riesgo del absentismo o abandono laboral. Es propio de profesiones que mantienen una relación directa con personas; los profesionales de la salud son un grupo con un alta prevalencia debido a los factores de riesgo psicosociales a los que están expuestos, de forma que, si este síndrome no es tratado y permanece largo tiempo, tendrá consecuencias perjudiciales que se verán reflejadas en una manifestación clínica psicológica. La satisfacción por la vida podría ser una variable moduladora ante este síndrome, pues su desarrollo permitiría mitigar estos efectos y mejorar la adaptabilidad de la persona frente a los retos o amenazas que se le presenten. El objetivo principal de esta investigación fue determinar la relación entre el estrés laboral crónico y la satisfacción por la vida según la percepción de una muestra de 359 profesionales de la salud. Los instrumentos utilizados fueron el Maslach Burnout Inventory (MBI-HSS) y la escala de satisfacción vital (ESV). Entre los resultados más relevantes destacan los siguientes: respecto a la correlación de Pearson, no se encontró una relación significativa entre el burnout y la satisfacción por la vida, pero sí se evidenció una relación significativa negativa entre el agotamiento y la despersonalización, en referencia a la satisfacción; finalmente, en cuanto a la realización personal, se puede indicar que se encontró una relación significativa con la satisfacción.

Palabras clave: agotamiento, satisfacción por la vida, cansancio emocional, despersonalización, baja realización personal

ABSTRACT

Chronic work stress is the physical or emotional exhaustion in people who work, which increases the risk of absenteeism or job abandonment. It is typical of professions that maintain direct relationships with people; health professionals are a group with high prevalence, due to the psychosocial risk factors to which they are exposed, so that, if this syndrome is not treated and remains long, it will have harmful consequences that will be reflected in psychological clinical manifestation. Life satisfaction could be a modulating variable for this syndrome since its development will allow mitigating these effects and improving the adaptability of the person facing the challenges or threats that may arise. The main objective of this research was to determine the relationship between chronic work stress and life satisfaction as perceived by a sample of 359 health professionals. The instruments used were the Maslach Burnout Inventory (MBI-HSS) and the Life Satisfaction Scale (LSS). Among the most relevant results, the following stand out: in terms of Pearson's correlation, no significant relationship was found between burnout and life satisfaction, but a significant negative relationship was found between burnout and depersonalization about satisfaction; finally, regarding personal fulfillment, a significant relationship was found with satisfaction.

Keywords: burnout, life satisfaction, emotional exhaustion, depersonalization, low personal fulfillment

Marina R. Ramírez  orcid.org/0000-0002-9328-1707

Evelin Astrid Calva  orcid.org/0000-0002-6453-8681



INTRODUCCIÓN

Actualmente, el estrés laboral crónico se ha convertido en un problema de relevancia social. Es propio de ciertas profesiones que mantienen relación directa con personas y presenta características específicas, como agotamiento físico o emocional, con efectos que, principalmente, ocasionan el aumento del absentismo o el abandono laboral (Peña et al., 2018). De tal manera que, la Organización Mundial de la Salud (OMS) cataloga al *burnout* como un riesgo laboral, que para el año 2019, será incluido dentro de la Clasificación Estadística Internacional de Enfermedades y Problemas de Salud (CIE-11), cuya entrada de vigor será a partir del 1 de enero del 2022, definiéndolo como una complicación relativa al empleo o al desempleo (OMS, 2019).

El término *burnout* se utiliza desde hace más de 50 años; este anglicismo —que puede traducirse como “quemarse en el trabajo”— aparece por primera vez en 1961 y, en 1974, Freudenberger es el primer teórico que lo acuña para describir a las personas que sufrían desmotivación por el trabajo hasta llegar al agotamiento (Carlin y Garcés, 2013).

No obstante, es importante clarificar que el *burnout* es una condición psicológica que implica una respuesta prolongada a estresores interpersonales en el trabajo, caracterizada por los siguientes rasgos: agotamiento emocional—que se exterioriza como fatiga psicológica crónica y falta de energía—, despersonalización, actitud negativa, irritabilidad y desinterés en el trabajo. Asimismo, este síndrome se traduce en una baja realización personal, relacionada con la autovaloración en aquellas personas que piensan que no están cumpliendo con su desempeño laboral y presentan pérdida de autoestima y nula productividad (Ramírez y Ontaneda., 2019).

Desde la perspectiva psicosocial de Gil-Monte (2006), se recalca que el *burnout* es una respuesta al estrés laboral cuando fallan las estrategias de afrontamiento normalmente utilizadas para manejar los estresores laborales. Los cuidadores formales son un grupo con alta prevalencia debido a los factores de riesgo psicosociales a los que están expuestos, como turnos rotativos, contacto con pacientes vulnerables, familiares poco colaboradores, demandas y presiones laborales, entre otros, que los convierten en una población susceptible de desarrollar el síndrome (García et al., 2018).

Los antecedentes respecto a los niveles de prevalencia de *burnout* en el ámbito territorial de Ecuador incluyen el estudio realizado por Ramírez (2017), cuyo objetivo fue determinar la prevalencia del síndrome y sus dimensiones, así como los factores relacionados. Entre el personal sanitario de instituciones médicas en Ecuador, se trabajó con 166 profesionales de la salud; se encontró una prevalencia del 4.2 % de *burnout* y, con respecto a las dimensiones, una prevalencia del 26.5 % de agotamiento emocional, 25.9 % de despersonalización y 42.2 % de baja realización personal. En la investigación se concluye que los profesionales con mayor número de casos de *burnout* son aquellos que tienen una experiencia superior a 12 años, los que realizan jornadas extensas superiores a las 8 horas diarias y aquellos que atienden a más de 18 pacientes al día.

De forma semejante, en el estudio realizado por Ramírez y Ontaneda (2019), cuyo objetivo fue determinar la prevalencia de *burnout* y su relación con estrategias de afrontamiento en una muestra de 142 médicos, mediante instrumentos MBI y COPE-28, se obtuvieron los siguientes resultados: la prevalencia de *burnout* fue de 2.8 %; los niveles de agotamiento emocional fueron altos, con un 25.8 %; en

despersonalización, la cifra alcanzó el 17.6 %, y, por último, se halló una baja realización personal, con un 61.2 %. Se señaló que, en cuanto a la correlación entre las estrategias de afrontamiento y el *burnout*, existe un nivel de significancia alto.

Con base en los artículos mencionados, esta investigación tiene una amplia importancia, pues se puede advertir que existe una alta prevalencia de *burnout* en los trabajadores de salud; este síndrome es un paso intermedio entre el estrés y las consecuencias que se pueden presentar, de forma que, si no es tratado y permanece largo tiempo, tendrá efectos perjudiciales que se verán reflejados en forma de enfermedad, estados críticos de ansiedad, depresión, alteraciones conductuales y síntomas somáticos. Por tal razón, es importante que, como medida preventiva, las diferentes instituciones implementen programas enfocados en desarrollar la resiliencia, para mejorar la capacidad de respuesta del personal sanitario durante situaciones estresantes (Ramírez y Ontaneda., 2019).

Al respecto, Ahanchian et al. (2015) proponen un estudio con enfermeras que laboran dentro del área de psiquiatría, en el que sostienen que uno de los factores negativos presentados a consecuencia del estrés laboral crónico es la disfunción social, que genera un deterioro de la calidad de vida de las trabajadoras por la poca frecuencia y la falta de interacción en las relaciones interpersonales; esto, a su vez, provoca aislamiento y problemas conductuales con repercusiones sociales, familiares y personales.

Es importante mencionar que existe una variable moduladora que permitiría mitigar los factores negativos que provoca el estrés laboral crónico: la satisfacción por la vida, que se trata de un estado de satisfacción general que proviene de la realización de las potencialidades de la persona (Ardila, 2003). Es por ello que el análisis de esta variable constituye una herramienta útil y válida para mantener un buen estado de salud mental, pues permite mejorar la adaptabilidad de la persona frente a los retos o amenazas que se le presenten. Así, la satisfacción por la vida y el bienestar psicológico son variables consideradas como medidas preventivas de salud mental, dado que se ha determinado que un elevado nivel de satisfacción se relaciona con un número inferior de enfermedades físicas y mentales (Rabito y Rodríguez, 2016).

Finalmente, cabe recalcar que una buena calidad de vida laboral es uno de los elementos más importantes que influyen en la satisfacción por la vida del personal sanitario; el *engagement*, así como el apoyo social, tienen un papel significativo para mitigar los factores de riesgo a los que se encuentran expuestos constantemente los profesionales de la salud (Orgambidez y Borrego, 2017). De este modo, con base en los antecedentes antes mencionados, el objetivo principal de esta investigación fue determinar la relación entre el estrés laboral crónico y la satisfacción por la vida según la percepción de una muestra de profesionales de la salud.

MÉTODOS

Diseño de investigación

El presente trabajo tuvo un enfoque cuantitativo; se empleó un método no experimental, de tipo transeccional/transversal y con alcance descriptivo, exploratorio y correlacional.

Población y Muestra de estudio

La población seleccionada para realizar el presente trabajo fueron personas cuidadoras formales, que prestaban sus servicios de salud en el área de medicina, enfermería o auxiliar de enfermería y que se

encontraban laborando bajo relación de dependencia o como adscrito a una institución pública o privada, con un año mínimo de experiencia.

La muestra de estudio fue de accesibilidad y no probabilística, comprendida por 359 personas cuidadoras formales que cumplieron los criterios de inclusión. En cuanto a las características más sobresalientes, el 15.9 % eran del sexo masculino y un 84.1 % del sexo femenino, con una media de 35.5 años, aproximadamente, y una media de 1.4 respecto al número de hijos e hijas. En relación con el tipo de profesión, se trabajó con un 43.7 % de auxiliares de enfermería, un 45.4 % de licenciados y licenciadas en enfermería y un 10.9 % de médicos y médicas.

Instrumentos

Inventario del estrés laboral crónico de Maslach (MBI-HSS): Este instrumento está diseñado para valorar el síndrome de *burnout* en sus tres aspectos fundamentales: cansancio emocional, despersonalización y baja realización personal. Está compuesto por 22 ítems y para las respuestas se utiliza una escala de Likert con puntuaciones de 0 a 6, de forma que 0 equivale a que lo expuesto no sucede nunca y 6 a que sucede todos los días; el resto de puntuaciones intermedias corresponden a la frecuencia de aparición entre los dos extremos.

Escala de satisfacción vital (ESV): Esta escala de Diener et al. (1985) es una medida de la satisfacción vital global, uno de los componentes del bienestar subjetivo. En nuestro estudio ha mostrado unas aceptables propiedades psicométricas, con una consistencia interna (alfa de Cronbach) de 0.8. Tiene cinco ítems, que han de puntuarse de 1 (muy en desacuerdo) a 7 (muy de acuerdo); la puntuación máxima es de 35 puntos. La versión que se utilizó es la de Revuelta y Andújar (2005).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan los datos y su respectivo análisis.

Tabla 1. Descriptivos de las dimensiones de *burnout*

	M	DT	Max.	Min.
Agotamiento emocional	16.25	9.94	53	0
Despersonalización	5.24	5.20	24	0
Baja realización personal	34.96	10.24	48	0

Nota: Inventario del estrés laboral crónico de Maslach (MBI)

En cuanto a las dimensiones de *burnout*, el agotamiento emocional mantiene una media de 16.25, lo que se corrobora con los estudios de varios autores (Arias y Muñoz, 2016, Di Trani et al., 2021, Leskovic et al., 2020, Nowacka et al., 2018, Riethof et al., 2020 y Wang et al., 2020), en los que se obtuvieron valores proporcionalmente equivalentes a la media, que se sitúan entre 17.22 y 24.8.

En despersonalización la media fue de 5.24, lo cual se constata con las puntuaciones obtenidas en los trabajos de Di Trani et. al (2021), Di Giuseppe et al. (2021), Elhadi et al. (2020), Muñoz et al. (2017), Riethof et al. (2020) y Xu et al. (2020), que identifican niveles comprendidos entre 4.12 y 8.5.

Finalmente, respecto a la baja realización personal, se obtuvo una media de 34.96, la puntuación más alta y afectada entre las tres dimensiones de *burnout*. Estos resultados coinciden con diversos estudios (Di Trani

et al., 2021; Di Giuseppe et al., 2021; Nowacka et al., 2018; Muñoz et al., 2017; Ortega-Campos et al., 2019; Riethof et al., 2020), en los que la media varía entre 33.1 y 37.78; de este modo, si bien los cuidadores formales no presentan un nivel alto de *burnout*, sí existe afectación en cuanto a sus dimensiones, especialmente en la realización personal, lo que pone de manifiesto la desmotivación, por ende, un mayor riesgo de desarrollar el síndrome.

Tabla 2. Descriptivos de la escala de satisfacción por la vida

	M	DT	Max.	Min.
Satisfacción por la vida (ESV)	25.60	6.26	35	6

Nota: Bief Resilience Scale (BRS); Escala de satisfacción vital (ESV)

La \bar{x} que se obtuvo en la escala de satisfacción por la vida (ESV) correspondió a una puntuación de 25.60 y una σ de 6.26, valor acorde con las investigaciones de Adarkwah y Hirsch (2020), Bartosiewicz et al. (2020), Uchmanowicz et al. (2019), Wang et al. (2019), Yilmaz (2018) y Zhang et al. (2021), en las que se obtuvieron puntuaciones desde 18.7 hasta 37.24 y en las cuales se menciona que los profesionales que se encuentran satisfechos tienen menos riesgo de padecer *burnout*; así, se considera la satisfacción como una variable mediadora entre el trabajo y el agotamiento que ayuda a disminuir la tasa de rotación.

Tabla 3. Correlaciones entre dimensiones del estrés laboral crónico y satisfacción por la vida

	Agotamiento emocional			Despersonalización			Realización personal			Burnout		
	R	p	n	R	p	n	R	P	N	R	p	n
Satisfacción	-.246**	.000	359	-.179**	.001	359	.295**	.000	359	-.022	.673	359

Nota: Escala de satisfacción vital (ESV). Inventario del estrés laboral crónico de Maslach (MBI)

En referencia al agotamiento emocional y la satisfacción, existe una correlación significativa negativa entre agotamiento emocional y satisfacción ($r = -.246 p < .0001$). Estudios como los de Leskovic et al. (2020) y Wang et al. (2020) confirmaron esta relación negativa. Asimismo, señalan que el agotamiento suele ser experimentado por trabajadores que cuidan y ayudan a otros; por tal razón, ante un mayor agotamiento, menor nivel de satisfacción.

En cuanto a la despersonalización y la satisfacción, se evidenció una correlación significativa negativa ($r = -.179 p .001$), lo que coincide con el estudio de Fontova-Almató et al., (2020), que concluye que el personal de salud, al estar constantemente saturado de trabajo, desarrolla más actitudes de despersonalización y menos satisfacción laboral. Por otro lado, respecto a la realización personal, se encontró una relación significativa con satisfacción ($r = .295 p < .0001$), resultados que pueden ser validados con los estudios realizados por Adarkwah y Hirsch (2020) y Uchmanowicz et al. (2019), que indican que cuanto más satisfechos estén los cuidadores, mejor será su realización personal. Finalmente, con respecto al *burnout* y la satisfacción, no se evidencia una correlación significativa negativa ($r = -.022 p .673$).

CONCLUSIONES

En lo que respecta a las conclusiones más relevantes del trabajo, nos permitimos indicar que consideramos importante el estudio de este tema puesto que el estrés laboral crónico es uno de los riesgos psicosociales asociados al absentismo o abandono laboral.

Mediante la realización de esta investigación se evidenció que el estrés laboral crónico es una afección que puede manifestarse en ámbitos laborales y ocupacionales. El personal sanitario no es la excepción; con los datos recabados podemos establecer que existe una notable afectación en las dimensiones del estrés laboral crónico, especialmente en la realización personal, lo que hace que esta población mantenga una puntuación mediamente moderada en cuanto a su satisfacción por la vida.

Respecto a la correlación de Pearson, no se encontró una relación significativa entre el *burnout* y la satisfacción por la vida, pero sí se evidenció una relación significativa negativa entre el agotamiento y la despersonalización, en referencia a la satisfacción. Finalmente, acerca de la realización personal, se puede indicar que se encontró una relación significativa con la satisfacción.

Como hemos mencionado anteriormente, los profesionales de la salud son propensos al *burnout* debido a la naturaleza emocional de su trabajo; por ello, se sugiere que las instituciones refuercen las estrategias de afrontamiento o implementen programas para mejorar la resiliencia que permitan mitigar estos efectos negativos.

Finalmente, es importante mencionar que esta investigación cumplió su objetivo de contribuir al análisis del *burnout* en los profesionales de la salud, un problema que en la actualidad genera gran preocupación. No obstante, se debe recalcar que, a pesar de ciertas limitaciones que existieron en la búsqueda de información acerca del *burnout* en relación con el sexo y la satisfacción por la vida, los resultados encontrados son de suma importancia, pues permiten abrir una vía pertinente para futuras líneas de investigación con una muestra más amplia, tomando en cuenta que el estudio de las variables moduladoras resulta beneficioso para la prevención del *burnout* en estos profesionales.

Agradecimientos: Se agradece de manera especial a la Universidad Técnica Particular de Loja, y al Departamento de Psicología y Titulación de Psicología de la UTPL por el apoyo brindado en la investigación.

Contribución de los autores: Todos los autores contribuyeron al diseño del estudio. Todos los autores leyeron y aprobaron el manuscrito final.

Fuente de financiamiento: No se realizó financiamiento externo.

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

REFERENCIAS

- Ahanchian, M., Meshkinyazd, A., y Soudmand, P. (2015). Nurses burnout in psychiatric wards. *Journal of Fundamentals of Mental Health*, 17(5), 260-264. http://eprints.mums.ac.ir/3117/1/JFMH_Volume%2017_Issue%205_Pages%20260-264-2.pdf
- Adarkwah, C. y Hirsch, O. (2020). The Association of Work Satisfaction and Burnout Risk in Endoscopy Nursing Staff-A Cross-Sectional Study Using Canonical Correlation Analysis. *Revista internacional de investigación ambiental y salud pública*, 17 (8), 29-64. <https://doi.org/10.3390/ijerph17082964>
- Ardila, R. (2003). Calidad de vida: una definición integradora. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 35(2), 161-164.
- Arias, W., y Muñoz, A. (2016). Síndrome de burnout en personal de enfermería de Arequipa. *Revista Cubana de Salud Pública*, 42, 559-575.
- Bartosiewicz, A., Łuszczki, E. y Dereń, K. (2020). Enfermería personalizada: cómo la satisfacción con la vida y el agotamiento laboral influyen en las nuevas competencias de las enfermeras polacas. *Revista de medicina personalizada*, 10 (2), 1-13. <https://doi.org/10.3390/jpm10020048>
- Carlin, M., Garcés, E. (2013). El síndrome de burnout: Evolución histórica desde el contexto laboral al ámbito deportivo. *Anales de Psicología*, 26(1), 169-180. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=16713758020>
- Diener, E., Emmons, R., Larsen, R., y Griffin, S. (1985). The satisfaction with life scale. *Journal of Personality Assessment*, 49, 1, 71-75. https://doi.org/10.1207/s15327752jpa4901_13
- Di Giuseppe, M., Nepa, G., Prout, T., Albertini, F., Marcelli, S., Orrù, G., y Conversano, C. (2021). Stress, Burnout, and Resilience among Healthcare Workers during the COVID-19 Emergency: The Role of Defense Mechanisms. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2021, 18, 52-58. <https://doi.org/10.3390/ijerph18105258>
- Di Trani, M. Mariani, R., Ferri, R., De Berardinis, D., y Frigo, M. (2021). From Resilience to Burnout in Healthcare Workers During the COVID-19 Emergency: The Role of the Ability to Tolerate Uncertainty. *Front. Psychol.* 12, (646435), 1-10 <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.646435>
- Elhadi, M., Msherghi, A., Elgzairi, M., Alhashimi, A., Bouhuwaish, A., Biala, M., Abuelmeda, S., Khel, S., Khaled, A., Alsoufi, A., Elmabrouk, A., Alshiteewi, F., Hamed, T., Alhadi, B., Alhaddad, S., Elhadi, A., y Zaid, A. (2020). Burnout Syndrome Among Hospital Healthcare Workers During the COVID-19 Pandemic and Civil War: A Cross-Sectional Study. *Front. Psychiatry*, 11, 1-11. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.579563>
- Fontova-Almató, A., Suñer-Soler, R., Salleras-Duran, L., Bertran-Noguer, C., Congost-Devesa, L., Ferrer-Padrosa, M., y Juvinyà-Canal, D. (2020). Evolución de los niveles de satisfacción laboral y agotamiento de los profesionales del servicio de urgencias durante un período de recesión económica. *Revista internacional de investigación ambiental y salud pública*, 17(3), 9-21. <https://doi.org/10.3390/ijerph17030921>
- Leskovic, L., Erjavec, K., Leskovic, R., Vukovič, G. (2020). Burnout and job satisfaction of healthcare workers in Slovenian nursing homes in rural areas during the COVID-19 pandemic. *Ann Agric Environ Med*, 27(4), 664-671. <https://doi.org/10.26444/aaem/128236>
- García, C. C., Rísquez, I. R., Fernández, L. E., y Roche, E. M. (2018). Factores de estrés laboral en el personal de enfermería hospitalario del equipo volante según el modelo de demanda-control-apoyo. *Enfermería Global*, 17(2), 304-324.
- Gil-Monte, P. (2006). Riesgos psicosociales y Síndrome de quemarse por el trabajo (burnout). *1 foro de las Américas en Investigación sobre Factores Psicosociales, Estrés y salud Mental en el Trabajo*, 15-44. <https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-30022/riesgos%20psicosociales.pdf>
- Grotberg, E. (2006). *La resiliencia en el mundo de hoy: cómo superar las adversidades*. Gedisa.
- Maslach, C., y Jackson, S. (1986). *MBI: Maslach Burnout Inventory, Manual Research Edition*. Palo Alto.
- Muñoz, J., Martínez, N., Lázaro, M., Carranza, A., y Martínez, M. (2017). Análisis de impacto de la crisis económica sobre el síndrome de Burnout y resiliencia en el personal de enfermería. *Enfermería Global*, 16(46), 315-335.

- Nowacka, A., Piskorz, A., Wolfshaut-Wolak, R., Piątek, J. y Gniadek, A. (2018). Factores sociodemográficos y ocupacionales seleccionados del síndrome de agotamiento en enfermeras empleadas en instalaciones médicas en małopolska: resultados preliminares. *En t. J. Environ. Res. Salud Pública*, 15 (10), 1-16. <https://doi.org/10.3390/ijerph15102083>
- Orgambidez, A., y Borrego, Y. (2017). Apoyo social y engagement como antecedentes de la satisfacción laboral en personal de enfermería. *Enfermería Global*, 16(48), 208-225. <https://dx.doi.org/10.6018/eglobal.16.4.260771>
- Organización Mundial de la Salud. (2019). Clasificación Estadística Internacional de Enfermedades y Problemas de Salud Conexos (CIE-11). <https://www.who.int/classifications/icd/en/>
- Ortega-Campos, E., Cañadas-De la Fuente, G., Albendín-García, L., Gómez-Urquiza, J., Monsalve-Reyes, C., y de la Fuente-Solana, E. (2019). Estudio multicéntrico de variables psicológicas y prevalencia de Burnout en enfermeras de atención primaria de salud. *Revista internacional de investigación ambiental y salud pública*, 16(18), 32-42. <https://doi.org/10.3390/ijerph16183242>
- Peña, J., Raso, P., y Ferrero, B. (2018). *El síndrome de burnout en los docentes*. Pirámide.
- Rabito, M., y Rodríguez, J. (2016). Satisfacción con la vida y bienestar psicológico en personas con Disforia de Género. *Actas Esp Psiquiátrica*, 44(2), 47-54. <https://www.actaspsiquiatria.es/repositorio/18/100/ESP/18-100-ESP-47-54-238060.pdf>
- Ramírez, M. (2017). Prevalencia del síndrome de burnout y la asociación con variables sociodemográficas y laborales en una provincia de Ecuador. *Revista INFAD de Psicología*, 1(4).1053. <https://doi.org/10.17060/ijodaep.2017.n1.v4.1053>
- Ramírez, M., y Ontaneda, M., (2019). Prevalencia del síndrome de burnout y su relación con el afrontamiento en profesionales de la salud de la zona 7. *European Journal of Health Research*, 5. 75. <https://doi.org/10.30552/ejhr.v5i2.175>.
- Revuelta, F. y Andújar, R. T. (2005). Adaptación al español de la Escala de Satisfacción Vital. Documento no publicado
- Riethof, N., Bob, P., Laker, M., Zmolikova, J., Jiraskova, T., y Raboch, J. (2020). Alexitimia, síntomas de estrés traumático y agotamiento en mujeres profesionales de la salud. *Revista de investigación médica internacional*, 48 (4), 1-9.
- Wang, J., Wang, W., Laureys E., y Di, H. (2020). Burnout syndrome in healthcare professionals who care for patients with prolonged disorders of consciousness: across-sectional survey. *BMC Health Services Research*, 20(841), 1-10. <https://doi.org/10.1186/s12913-020-05694-5>
- Wang, H., Jin, Y., Wang, D., Zhao, S., Sang, X. y Yuan, B. (2020). Satisfacción laboral, agotamiento e intención de rotación entre los proveedores de atención primaria en las zonas rurales de China: resultados del modelado de ecuaciones estructurales. *Práctica de familia de BMC*, 21 (1), 1-12. <https://doi.org/10.1186/s12875-020-1083-8>
- Wang, Q., Wang, L., Shi, M., Li, X., Liu, R., Liu, J., Zhu, M., & Wu, H. (2019). Empathy, burnout, life satisfaction, correlations and associated socio-demographic factors among Chinese undergraduate medical students: an exploratory cross-sectional study. *BMC medical education*, 19(1), 1-10. <https://doi.org/10.1186/s12909-019-1788-3>
- Uchmanowicz, I., Manulik, S., Lomper, K., Rozensztrauch, A., Zborowska, A., Kolasieńska, J., y Rosińczuk, J. (2019). Life satisfaction, job satisfaction, life orientation and occupational burnout among nurses and midwives in medical institutions in Poland: a cross-sectional study. *BMJ*, 9, 1-9. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2018-024296>
- Xu, W., Pan, Z., Li, Z., Lu, S., y Zhang, L. (2020). Agotamiento laboral entre los trabajadores de la atención primaria de la salud en las zonas rurales de China: un análisis multinivel. *En t. J. Environ. Res. Salud pública*, 17 (3), 1-18. <https://doi.org/10.3390/ijerph17030727>
- Yilmaz, A. (2018). Burnout, satisfacción laboral y ansiedad-depresión entre médicos de familia: un estudio transversal. *Revista de medicina familiar y atención primaria*, 7 (5), 952-956. https://doi.org/10.4103/jfmpc.jfmpc_59_18
- Zhang, T., Feng, J., Jiang, H., Shen, X., Pu, B. y Gan, Y. (2021). Asociación de identidad profesional, satisfacción laboral y agotamiento con intención de rotación entre médicos generales en China: evidencia de una encuesta nacional. *Investigación sobre servicios de salud de BMC*, 21 (1), 1-11. <https://doi.org/10.1186/s12913-021-06322-6>

Relación entre depresión y riesgo suicida en adolescentes de Tungurahua

María Gracia Mayorga¹, Marlon Mayorga Lascano¹

¹Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ambato
Autor para correspondencia: gmayorga@pucesa.edu.ec
Recibido: 2023/01/17 Aprobado: 2023/03/14
DOI: <https://doi.org/10.26621/ra.v1i28.866>

RESUMEN

El objetivo de la investigación es analizar la relación existente entre la depresión y el riesgo suicida en un grupo de adolescentes de Tungurahua. Se realizó una investigación de diseño no experimental, de enfoque cuantitativo, alcance descriptivo y correlacional y de corte transversal sobre una muestra de 336 adolescentes de diversas instituciones educativas. Las herramientas aplicadas fueron el inventario de depresión de Beck y la escala de riesgo suicida de Plutchik. Entre los principales resultados, se evidencia que los adolescentes de los centros educativos presentan niveles de depresión leve (13.7 %), moderada (14.3 %), y grave (8.9 %), así como riesgo suicida en un 24.7 %. Asimismo, se constata que existe una correlación alta positiva, estadísticamente significativa, entre depresión y riesgo suicida en la muestra evaluada $r=.753$ ($p<0.01$). Finalmente, el análisis de la covarianza revela que la depresión predice hasta en un 54.2 % la presencia de riesgo suicida en la población examinada. Estos datos señalan a los examinados como un grupo etario vulnerable, resultados acordes a los postulados teóricos que establecen que el riesgo, la ideación y el intento de suicidio pueden considerarse síntomas dentro de un trastorno más amplio: la depresión, aunque no se desconoce la posibilidad de otros factores explicativos.

Palabras clave: depresión, riesgo suicida, adolescentes

ABSTRACT

The objective of the research is to analyze the relationship between depression and suicidal risk in a group of adolescents from Tungurahua. A non-experimental design investigation was carried out, with a quantitative approach, descriptive and correlational scope, and cross-sectional on a sample of 336 adolescents from various educational institutions. The tools applied are the Beck Depression Inventory and the Plutchik Suicide Risk Scale. Among the main results, it is evident that adolescents from educational centers present levels of mild (13.7 %), moderate (14.3 %), and severe (8.9 %) depression, as well as suicidal risk in 24.7 %. It is also found that there is a high positive, statistically significant connection between depression and suicide risk in the sample evaluated $r=.753$ ($p<0.01$). Finally, the analysis of covariance reveals that depression predicts the presence of suicide risk in the population examined by up to 54.2 %. These data point to the examinees as a vulnerable age group, results consistent with the theoretical postulates that establish that risk, ideation, and suicide attempt can be considered symptoms within a broader disorder: depression, although the possibility of other explanatory factors is not unknown.

Keywords: depression, suicide risk, adolescents

María Gracia Mayorga  orcid.org/0000-0002-3100-4317
Marlon Mayorga Lascano  orcid.org/0000-0002-2515-4159



INTRODUCCIÓN

En los últimos años, las investigaciones dan cuenta del aumento acelerado del fenómeno clínico de la depresión. Esta enfermedad relacionada con el estado de ánimo puede llegar a ser recurrente y crónica, por lo que necesita de tratamiento a largo plazo (Botto et al., 2014). Entre los síntomas más destacados se encuentran alteraciones del humor, tristeza, sentimientos de vacío, desesperanza, anhedonia, cambios en apetito y sueño e ideas suicidas, además de cambios a nivel cognitivo que impactan en el funcionamiento diario de las personas (American Psychiatric Association [APA], 2014). Según Turuel et al. (2021), la depresión se ha convertido en una enfermedad silenciosa que aumenta alarmantemente su prevalencia; de manera ocasional, todos los seres humanos pueden sentirse melancólicos, normalizando el estar triste, cansado y sin interés para nada, pero estos síntomas se pueden convertir en un problema serio de salud cuando alteran el ritmo de vida.

Además, hoy se conoce que los primeros síntomas de depresión aparecen durante la infancia o la adolescencia y muchas veces resulta complejo diagnosticarlos a tiempo. Según Robles et al. (2011), los signos de irritabilidad o las bajas calificaciones alertan de un posible estado de ánimo negativo que puede desembocar, en los adolescentes, en el deseo de no querer vivir más. Por ejemplo, una investigación en los Estados Unidos (EE. UU.), la *National Survey on Drug Use and Health* de 2008, refleja que alrededor del 9 % de los jóvenes de entre 12 y 17 años había experimentado por lo menos un episodio de depresión mayor y solo cerca del 40 % de ellos había recibido tratamiento (citado en García et al., 2021). Estos datos demuestran el alto porcentaje de jóvenes con depresión sin ningún tipo de tratamiento.

La Organización Panamericana de la Salud (OPS, 2017) revela que cerca de 300 millones de personas padecen de depresión en escala mundial. Indudablemente, la depresión cada vez es más prevalente; por ello, la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2018) hace un llamado a las diferentes entidades de salud a nivel mundial y alerta de que, para el año 2050, dicha enfermedad será el principal problema de salud, sobre todo en grupos vulnerables, como ancianos y jóvenes. A pesar de ello, la depresión aún presenta múltiples desafíos en relación con el estudio de su etiopatogenia (Botto et al., 2014). Al hablar de la etiología de la depresión, se evidencian factores biológicos, psicológicos, socioculturales y ambientales que, al interactuar entre sí, determinan el grado de resistencia o vulnerabilidad de los seres humanos y la probabilidad de pasar de un episodio a un trastorno de depresión mayor (Soutullo-Esperón y Collins, 2022).

Los trastornos mentales graves como la depresión mayor tienen un alto impacto en la vida de los individuos y del propio entorno, sobre todo cuando aparecen deseos de acabar con la vida. Habitualmente, el suicidio es un efecto patognomónico de la depresión; así lo revelan los estudios, que señalan que del 80 % al 90 % de los casos de suicidios tienen su origen en problemas de ánimo y depresión (Vidal et al., 2019; Navio y Pérez, 2020). Se conceptualiza el suicidio como un fenómeno complejo, universal, caracterizado por una “muerte causada por conducta perniciosa autoinfligida, con la intención de quitarse la vida” (Campillo y Fajardo, 2021, p. 565). Es importante conocer el proceso escalonado que envuelve el suicidio por depresión. Una persona entra en riesgo suicida cuando persisten ideas de muerte y pensamientos intrusivos acerca del poco sentido de la vida; posteriormente, los intentos suicidas son las acciones encaminadas a terminar con la vida, hasta que finalmente se consuma el suicidio (Tabares et al., 2020).

La OMS (2021) reporta que alrededor de 700 000 personas al año se suicidan; es la cuarta causa de muerte entre los jóvenes de 15 a 19 años, por lo que se considera como un problema destacado de salud pública. Ecuador no es la excepción, pues se encuentra entre los diez países con mayor incidencia de muerte intencional en adolescentes. La tasa de mortalidad por suicidio presenta variaciones según las provincias y regiones del país; así, las provincias de Bolívar, Pastaza y Tungurahua presentan las tasas más altas de suicidio, correspondientes a 18 por cada 100 000 habitantes (Ministerio de Salud Pública del Ecuador [MSP], 2021). Por lógica, este fenómeno es preocupante en nuestro contexto.

Algunos de los datos expuestos en investigaciones revelan que en la provincia de Tungurahua hubo 63 reportes de suicidio en el 2018; la cifra aumenta a 68 en el 2019, en el 2020 se dieron de 61 casos y en el 2021 el número el incrementa notablemente a 72 víctimas, la mayoría en edades correspondientes a la adolescencia. Además, estos datos podrían ser más elevados, ya que no todos los casos son reportados, especialmente los que se producen en familias de estratos económicos altos, en las que la reputación juega un papel importante (Tamayo et al., 2022). A este respecto, en el Ecuador se carece todavía de registros epidemiológicos de alcance nacional que brinden la información necesaria para hacer frente a la problemática del suicidio.

Indiscutiblemente, uno de los grupos más vulnerables que puede sufrir depresión y, consecuentemente, desarrollar riesgo suicida son los adolescentes; así lo menciona el trabajo de Medellín-Marín et al. (2022), en el que se indica que el trastorno depresivo es cada vez más frecuente entre los adolescentes y puede estar vinculado a los cambios hormonales durante la pubertad. Esta etapa de transición entre la niñez y la adultez, que empieza por cambios físicos, seguidos de cambios cognitivos y psicosociales, es un concepto relativamente nuevo, ya que en tiempos pasados solo se contemplaba el paso directo de niña a mujer o niño a hombre (Papalia et al., 2012). En relación con lo expuesto, la adolescencia involucra esa etapa crucial de desarrollo, con ciertas características específicas.

Los años de la adolescencia son conocidos como un tiempo de rebeldía con un alto nivel de confusión emocional, conflictos familiares, búsqueda de la identidad, relaciones amorosas, cambios en el uso del tiempo libre y consumo de sustancias (Gómez, 2008). Además, los jóvenes presentan dificultades de comunicación con sus padres o familiares de apoyo, lo que impide entender las problemáticas que viven y la posible sintomatología que se está desarrollando en ellos (Schmidt et al., 2007). En este contexto, es oportuno prestar atención a la juventud en desarrollo ante posibles signos del fenómeno de la depresión para así evitar consecuencias negativas, como el suicidio.

Dentro de los estudios relevantes que vinculan la depresión y suicidio en adolescentes, como punto de partida para nuestra investigación, destacamos el de Medellín-Marín et al. (2022), en el que se intentó conocer la relación entre la depresión y el riesgo suicida en 252 estudiantes de educación secundaria del estado de Nuevo León, en México. Los resultados denotan una correlación positiva entre las variables; un 68.7 % de los estudiantes presentaron depresión mínima, un 12.3 % depresión leve, un 10.7 % depresión moderada y un 8.3 % grave. Además, estos adolescentes se encontraban en un alto riesgo de suicidio, con necesidad de atención de salud inmediata.

El trabajo “Suicidal behaviour in adolescents: Educational interventions in Mexico” relata un esfuerzo por detectar la prevalencia de las conductas suicidas en una institución de educación secundaria en México e implementar intervenciones educativas adecuadas. Los datos exponen

una tentativa suicida del 14.1 % en los 383 estudiantes encuestados. Tras la intervención educativa, se evidenció un aumento estadísticamente significativo en las habilidades de autoconciencia de los adolescentes y las familias, así como un compromiso a nivel comunitario para ampliar sus conocimientos en temas relacionados con la depresión (Arenas-Monreal et al., 2022). La investigación deja abierto un punto clave a discutir respecto a los instrumentos de medición utilizados en los centros educativos y las intervenciones oportunas en las conductas suicidas de los jóvenes.

Los autores Sandoval et al. (2018) buscaron determinar si el riesgo suicida estaba asociado al *bullying* y la depresión en estudiantes de colegios. Demostraron en los resultados que el 20 % de los 289 escolares presentaban riesgo suicida y algún tipo de depresión. Además, en el marco de los estudios epidemiológicos del suicidio en esta región, encontraron datos interesantes; entre un 16 % y un 24 % de adolescentes había experimentado alguna vez deseo de morir y el 3 % ya había cometido algún intento de suicidio. Se concluyó que la salud mental de los adolescentes estudiados estaba comprometida y que había una mayor frecuencia de riesgo suicida ante la presencia de detonantes como la familia, el abuso entre compañeros e intentos previos de acabar con la vida.

En el país, el estudio que más se acerca al contexto nacional vigente es el titulado "Epidemiology of suicide among adolescents and young adults in Ecuador", que investiga la epidemiología del suicidio en adolescentes y jóvenes del Ecuador y registra los datos de mortalidad por esta causa en la población mencionada entre el 2001 y el 2014. Los resultados reflejan una cifra de 4855 suicidios, en los que el riesgo más alto se ubica en edades de 15 a 24 años y en las regiones de la Amazonía y de la Sierra. El método más utilizado es el ahorcamiento, seguido del envenenamiento. Existe una gran crítica frente a los programas de salud y educación para jóvenes, puesto que los registros de efectividad son bajos y las tasas de suicidio aumentan (Gerstner et al., 2018).

Actualmente, en el contexto ecuatoriano, se advierten cifras más altas de cuadros de depresión y suicidio en la población juvenil, sobre todo en la provincia de Tungurahua. A pesar de que las organizaciones internacionales hacen un llamado a los sistemas de salud para hacer frente a esta problemática, las acciones del día a día con los adolescentes que atraviesan problemas emocionales son pocas o nulas. Por ello, los objetivos de la investigación son: 1) evaluar el índice de depresión en un grupo de adolescentes de Tungurahua, 2) determinar el riesgo suicida en un grupo de adolescentes de Tungurahua, y 3) analizar la relación existente entre la depresión y el riesgo suicida en un grupo de adolescentes de esta provincia. Se estima que se encontrará una relación positiva entre depresión y riesgo suicida en el grupo de estudio; con ello, se persigue concienciar a las autoridades y a los adultos responsables acerca de la necesidad de un trabajo profundo con cualquier joven que presente signos de depresión, así como sensibilizar sobre la importancia de las intervenciones oportunas y del cuidado de la salud mental de los ecuatorianos.

MÉTODOS

La presente investigación tiene un diseño no experimental, porque se observan fenómenos en su contexto natural sin intervenir en su dinámica, y es de tipo cuantitativo, pues se recogen datos que van a ser analizados mediante instrumentos estadísticos, como el SPSS (Hernández et al., 2014). Tiene un alcance descriptivo y correlacional entre dos variables: la depresión y el riesgo suicida. Asimismo, es de corte transversal, es decir, se realiza en un tiempo determinado, correspondiente al mes de mayo de 2022.

Participantes

La muestra estuvo compuesta por 336 adolescentes de tres instituciones educativas de la provincia de Tungurahua, los cuales fueron seleccionados mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia. Esta modalidad está orientada a las muestras "formadas por los casos disponibles a los cuales tenemos acceso" (Battaglia, 2008, citado en Hernández-Sampieri et al., 2014). Se emplearon los siguientes criterios de inclusión: evaluaciones completamente llenas y firma del asentimiento informado y del consentimiento informado. Si bien en los registros de las instituciones educativas se indica un número mayor de matriculados (587), este número disminuye a 336 adolescentes bajo los criterios de inclusión mencionados.

Los datos sociodemográficos de la muestra examinada revelan que 173 (el 51 %) eran hombres y 163 (el 49 %), mujeres; el rango de edad de los participantes fue de 12 a 18 años ($M = 16$). La gran mayoría se autoidentifica con la denominación mestiza, en un 96 %. El sector de residencia urbano representa un 64 %. La mayoría de estudiantes, un 68 %, se encuentra en el nivel de estudio de bachillerato; el rendimiento escolar es bueno en un 38 %. Las familias se encuentran estructuradas por "papá y mamá" en un 70 % de los casos y la dinámica es muy buena en un 44 %. La situación económica es media, en un 58 %, y el dato que más llama la atención es que un 82 % de los encuestados no conoce antecedentes suicidas en la familia.

Instrumentos

El inventario de depresión de Beck (BDI-II) es un instrumento creado por Beck et al. (1996) que consta de 21 ítems en una escala de 4 opciones, que van desde 0 a 3 puntos. La interpretación propone los siguientes puntos de corte: 0 a 13 puntos, indica depresión mínima; 14 a 19 puntos, depresión leve; 20 a 28, depresión moderada, y 29 a 63, depresión grave. La versión del BDI-II ha sido estandarizada y validada en diferentes países. Entre las investigaciones más sobresalientes encontramos la de Brenlla y Rodríguez (2006), con un nivel de confiabilidad $\alpha = .93$. Los estudios nacionales muestran una consistencia interna de $\alpha = .86$ (Castro y Ortega, 2021). En la presente investigación, el índice de confiabilidad de Cronbach fue de .92 para los 21 ítems de la escala.

La escala de riesgo suicida (ERSP), creada por Plutchik y Van Praag (1989), constaba en su versión original de 26 ítems. Para el estudio, se utilizó la versión adaptada a la población española de Rubio et al. (1998), con 15 ítems. El objetivo es evaluar el riesgo suicida con preguntas de "sí" y "no", donde cada respuesta afirmativa equivale a 1 punto. El punto de corte para la interpretación es igual o mayor a 6 para riesgo suicida. El alfa de Cronbach es de 0.89. En investigaciones a escala nacional, encontramos valores de $\alpha = .70$ a $\alpha = .80$ (Arias & García, 2021). Con respecto al presente análisis, el índice de confiabilidad de Cronbach fue de .79 para los 15 ítems del test.

Procedimiento

A fin de llevar a cabo la presente investigación, se realizó un acercamiento a las diferentes unidades educativas para socializar el proyecto; además, se contó con un cuerpo de revisión institucional de la Coordinación de Investigación de la PUCE- Ambato. La población de interés contestó a los instrumentos en línea mediante la plataforma Microsoft Forms. Con respecto a las consideraciones éticas, se elaboró un asentimiento y consentimiento informados, basados en los criterios y normas aceptadas por la comunidad científica (Asociación Americana de Psicología, 2010). Este documento fue

anexado en la parte inicial de la encuesta en línea para la autorización de los padres de familia y de los adolescentes. Cabe mencionar que se respetaron los criterios establecidos para la protección de datos y las normas éticas para la investigación según la Convención de Helsinki.

La recolección de información se realizó en el mes de mayo de 2022, en grupos de aproximadamente 15 personas, durante un tiempo estimado de 20 minutos. Al tiempo que se les enviaba el link de los cuestionarios, se impartía una capacitación sobre las medidas generales de la investigación. Una vez recopilados los datos, se procedió a depurar y codificar los mismos. Posteriormente, se realizaron los análisis estadísticos correspondientes, a fin de cumplir con los objetivos de la investigación, mediante el programa estadístico SPSS Statistic 25.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presenta el análisis descriptivo del nivel de depresión y riesgo suicida considerando la frecuencia y el porcentaje. Posteriormente, se exponen el análisis descriptivo global de las evaluaciones de depresión y riesgo suicida, el análisis de la correlación entre las dos variables y el cálculo del coeficiente de determinación entre estas.

Tabla 1. Análisis del nivel de depresión

	Frecuencia	Porcentaje
Nivel de depresión		
Mínima	212	63.1 %
Leve	46	13.7 %
Moderada	48	14.3 %
Grave	30	8.9 %

Nota: 336 participantes

El análisis de los resultados de la Tabla 1 muestra los niveles de depresión encontrados en la investigación, en la que 212 adolescentes, equivalente al 63.1 %, tienen depresión mínima. El 13.7 % poseen depresión leve; el 14.3 %, depresión moderada, y el 8.9 %, depresión grave. Es decir, toda la muestra presenta algún grado de depresión. Es relevante el hecho de que el 14.3 % tengan depresión moderada y el 8.9 % sufran depresión grave dentro de una población no clínica, como son los estudiantes de diversas unidades educativas.

Tabla 2. Análisis del nivel de riesgo suicida

	Frecuencia	Porcentaje
Nivel de riesgo suicida		
No tiene riesgo	253	75.3 %
Si tiene riesgo	83	24.7 %

Nota: 336 participantes

Con relación a la Tabla 2, que expone el nivel de riesgo suicida, los datos indican que 253 adolescentes, el 75.3 %, no tienen riesgo suicida, mientras que 83 adolescentes, equivalente al 24.7 %, sí lo presentan. Este último porcentaje revela que, dentro de la población de jóvenes, existe un número de casos de riesgo suicida significativo.

Tabla 3. Análisis descriptivo de las evaluaciones de depresión y riesgo suicida

	Mínimo	Máximo	Media	Des. Típ.
Depresión	0	56	12.083	10.483
Riesgo suicida	0	15	4.164	3.139

Nota: 336 participantes

En la Tabla 3, se observa que en la variable depresión las medias de las puntuaciones obtenidas equivalen a 12.083, con una desviación de 10.48. Tomando en cuenta que el inventario de depresión de Beck propone los siguientes puntos de corte: de 0 a 13 puntos, depresión mínima; de 14 a 19 puntos, depresión leve; de 20 a 28 puntos, depresión moderada, y de 29 a 63, depresión grave; los 336 participantes se encuentran en el primer rango, que corresponde a depresión mínima. Con respecto a la escala de riesgo suicida de Plutchik, la media de las puntuaciones es 4.164, con una desviación de 3.139. Con un punto de corte igual o mayor a 6, los valores reflejan índices bajos en riesgo suicida. De tal manera que, en este caso, el riesgo suicida de la población examinada tiende a la baja.

Para conocer la normalidad de la población y qué coeficiente de correlación utilizar en la presente investigación, se realizó una prueba de Kolmogorov-Smirnova, con la que se determinó que la distribución de las puntuaciones no fue normal y que, por lo tanto, se debía utilizar el coeficiente de correlación de Spearman.

Tabla 4. Correlación entre depresión y riesgo suicida (Rho de Spearman)

	Depresión	Riesgo suicida
Depresión	1.000	.753**
Riesgo Suicida		1.000

Nota: ** La correlación es significativa al nivel 0.01 (bilateral).

La Tabla 4 expone la existencia de una correlación positiva y significativa entre depresión y riesgo suicida .753 ($p < .01$), es decir, a mayor depresión, mayor riesgo suicida en los adolescentes del estudio.

Paralelamente, se realizó el análisis de la varianza, medida que revela en qué porcentaje la presencia de la variable independiente predice el cambio de la variable dependiente. Por tanto, se elaboró el siguiente análisis con las variables depresión y riesgo suicida.

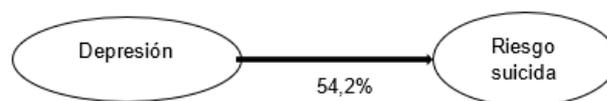


Figura 1. Covarianza entre depresión y riesgo suicida

En la Figura 1 se aprecia el coeficiente de determinación (R^2), que representa la proporción de la varianza total de la variable explicada por la regresión. El coeficiente de determinación, también llamado R cuadrado, refleja la bondad del ajuste de un modelo a la variable que pretende explicar, de tal manera que, en este caso, se aprecia que la presencia de la depresión predice hasta en un 54.2 % el cambio en la varianza del riesgo suicida.

La investigación encontró que la variable independiente evaluada (depresión) alcanzó niveles moderados (14.3 %) y graves (8.9 %); la intensidad señalada resulta significativa en una población escolar. Sin embargo, estos datos encuentran relación con otras investigaciones que trabajaron con muestras similares (Veytia et al., 2012), en las cuales se constató que los adolescentes de bachillerato pueden presentar sintomatología depresiva hasta en un 15.6 %. Paralelamente, otros estudios nacionales realizados en estudiantes adolescentes revelaron una prevalencia de la depresión del 25.9 % (Muñoz et al., 2021). Diversos autores han señalado a esta población como un grupo vulnerable que presenta mayor probabilidad de sufrir depresión que otros grupos etarios (Miranda et al., 2000; Blum, 2000; Gómez y Rodríguez, 1997).

Con respecto a la variable riesgo suicida, la investigación revela que, aunque la media de todo el grupo de los participantes examinados se encuentra por debajo de la media de riesgo suicida, existe un grupo de riesgo (24.7 %). Estos datos coinciden con el trabajo de Araneda et al. (2021), que señala que la prevalencia de ideación suicida en adolescentes ha ido aumentando a nivel mundial: en Estados Unidos, la ideación, planificación e intento de suicidio en adolescentes se da en un 12.1 %, 4 % y 4.1 % de los casos, respectivamente (Nock et al., 2013); mientras que en Perú, un 19.9 % de los adolescentes presentaron riesgo suicida (Hernández et al., 2019). Estos valores son particularmente altos en las poblaciones adolescentes; la literatura revela que en la etapa de la adolescencia, las investiduras relacionales, las rupturas frustrantes, la inmadurez y la carga de las responsabilidades estimulan las autolesiones y los deseos de acabar con la vida (Benarous et al., 2020; Olliac et al., 2018; Cortés, 2014). Otra investigación caracteriza a los adolescentes como un grupo expuesto a continuas situaciones de vulnerabilidad, aislamiento y exclusión que pueden terminar en suicidio (Sánchez-Sánchez, 2018).

En este estudio se buscó analizar la relación existente entre la depresión y el riesgo suicida en un grupo de adolescentes de Tungurahua. Dentro de los resultados de la investigación, se destaca la correlación alta positiva y estadísticamente significativa entre estas dos variables, 0.753 ($p < 0.01$). Estos resultados son acordes a los hallados en adolescentes del Perú (Flores et al., 2014), en los que se encontró una correlación moderada entre depresión y riesgo suicida (0.560). Asimismo, los resultados de nuestro estudio guardan relación con otras investigaciones (Amezquita et al., 2008; Ceballos-Ospino et al., 2015), en las cuales también se encontraron relaciones positivas y significativas entre depresión y riesgo suicida. Estos resultados no son ajenos a los reportados mundialmente por organizaciones de la salud.

Finalmente, la covarianza obtenida en la investigación revela que la presencia de la variable riesgo suicida se explica por la presencia de la variable depresión hasta un 54.2 %. El resultado concuerda con la investigación de Baños (2022) y la literatura refiere que son factores de riesgo para el desarrollo de ideas suicidas. Objetivo: evaluar un modelo explicativo de la depresión y la ansiedad como predictores de ideación suicida en adultos peruanos. Métodos: estudio descriptivo, transversal, de diseño predictivo, con una muestra de 566 adultos peruanos que accedieron a responder medidas de autoinforme sobre depresión, ansiedad e ideación suicida. Se realizó un modelo de ecuaciones estructurales para evaluar el modelo explicativo. Se aplicaron el Patient Health Questionnaire-2, el Generalized Anxiety Disorder-2, y el Inventario de Frecuencia de Ideación Suicida. Para evaluar el ajuste del modelo se utilizó el modelamiento de ecuaciones estructurales y estimador robusto de mínimos cuadrados ponderados ajustados a la media y la varianza. Resultados: la depresión ($\beta = 0,52$, $p = 0,01$, quien encontró

que los síntomas depresivos explican en un 52 % la ideación suicida dentro de una muestra peruana. Otro estudio realizado por Vázquez et al. (1998) sobre intento suicida en adolescentes mexicanos, determinó que en un 36.6 % la depresión está acompañada de aislamiento y soledad; asimismo, predijo los intentos suicidas de los participantes. Paralelamente, el trabajo de Sandoval-Ato et al. (2018) using validated surveys to measure suicide risk, bullying and depression. Statal association data were obtained using generalized linear models. Results: Out of 289 schoolchildren, 20% was at suicide risk and had some type of depression. Among those on the upper tertile of the bullying scale, 38% had suicidal ideation, while those who were depressed, 63% had suicidal ideation. The frequency of suicide risk increased as a result of bullying score (aPR: 1.83, 95% CI: 1.13-2.99, p value = 0.015 expone que el estar deprimido incrementa un 232 % las posibilidades de riesgo suicida en población escolar adolescente. Así, se considera la depresión como un trastorno que actúa silenciosamente como factor de riesgo de presentar riesgo suicida.

CONCLUSIONES

Resulta evidente que la depresión en adolescentes presenta una prevalencia significativa que compromete su salud y los coloca como un grupo etario vulnerable, cuyo riesgo se ha ido incrementando en los últimos años. Aunque este estudio no hace más que ratificar una problemática preexistente, apoya la necesidad de un mayor nivel de investigación de alcance descriptivo y explicativo en torno a este fenómeno.

El riesgo suicida, que puede incluir la fantasía e ideación suicida, mas no el intento de suicidio, es una condición que no aparece en la mayoría de los participantes de este estudio, cuya media se halla por debajo del punto de corte. Sin embargo, casi una cuarta parte de los examinados presenta riesgo suicida; estas cifras se encuentran por sobre las arrojadas por otros estudios, lo que nuevamente revela la necesidad de mayor investigación, sobre todo de alcance explicativo, a este respecto.

En cuanto a la relación existente entre las variables de estudio, la investigación mostró una correlación alta positiva y estadísticamente significativa entre las dos. Estos resultados son acordes a la teoría, pues, tradicionalmente, el riesgo, la ideación y el intento de suicidio se han visto como síntomas dentro de un trastorno más amplio: la depresión. Sin embargo, no se desconoce la presencia de otras teorías explicativas, como la teoría de la mente suicida o la teoría contextual fenomenológica del suicidio, ni la ocurrencia del fenómeno dentro de otras patologías, habitualmente relacionadas con el control de impulsos o el consumo de sustancias.

La contundencia de las correlaciones encontradas se fortalece con los resultados de la covarianza hallada entre las variables; la variable independiente (depresión) predice en más de un 50 % la ocurrencia de la variable dependiente (riesgo suicida). Estos datos resultan significativos a nivel explicativo, pues brindan un considerable esclarecimiento respecto a la dinámica del riesgo suicida en adolescentes.

A partir de lo expuesto, una de las limitaciones del presente estudio es que su alcance correlacional no permitió explicar las razones que se encuentran detrás de los resultados obtenidos. Por ello, se recomienda, en futuras investigaciones, profundizar en los datos encontrados e incluso ampliar la muestra evaluada, a fin de permitir un alcance explicativo de la relación de las variables.

Agradecimientos: Agradecemos a las instituciones educativas de la provincia de Tungurahua que participaron en el desarrollo de esta

investigación, así como a la PUCE- Ambato por el apoyo brindado al desarrollo de esta investigación.

Contribución de los autores: G.M.: Construcción del estado del arte, elección de instrumentos psicométricos, levantamiento de datos y participación en la elaboración de la discusión y las conclusiones.

M.M.: Procesamiento de datos, participación en la elaboración de la discusión y las conclusiones, y revisiones finales.

Fuente de financiamiento: La investigación no recibió financiamiento externo.

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

REFERENCIAS

- American Psychiatric Association [APA]. (2014). *Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales DSM-5 (5a. ed.)*. Editorial Médica Panamericana.
- Amezquita, M. E., González, R. E. y Zuluaga, D. (2008). Prevalencia de depresión e ideación suicida en estudiantes de 8o, 9o, 10o y 11o grado, en ocho colegios oficiales de Manizales. *Hacia Promoc. Salud*, 13 (1), 143–153. <https://www.redalyc.org/pdf/3091/309126690010.pdf>
- Araneda, N., Sanhueza, P., Pacheco, G. y Sanhueza, A. (2021). Suicidio en adolescentes y jóvenes en Chile: riesgos relativos, tendencias y desigualdades. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 45, 1. <https://doi.org/10.26633/rpsp.2021.4>
- Arenas-Monreal, L., Hidalgo-Solórzano, E., Chong-Escudero, X., Durán-De la Cruz, J., González-Matus, N., Pérez, S. y Valdez-Santiago, R. (2022). Suicidal behaviour in adolescents: Educational interventions in Mexico. *Health & social care in the community*, 30 (3), 998–1005. doi: 10.1111/hsc.13277
- Arias, P. R. y García, F. E. (10 de Septiembre de 2021). *Escala de Riesgo Suicida de Plutchik: Análisis Preliminar de su Validez en Ecuatorianos*. *Neurocorp Ecuador*. <https://www.neurocorpcuador.com/post/escala-de-riesgo-suicida-de-plutchik-an%C3%A1lisis-preliminar-de-su-validez-en-ecuatorianos>.
- Asociación Americana de Psicología. (2010). Principios éticos de los psicólogos y código de conducta. *Práctica de Investigación: La Psicología En El Ámbito Jurídico. Reflexiones Ético-Clinicas a Través de Un Estudio Cualitativo de Casos*, 1–16. file:///Users/Ricart/Downloads/APA 2010.pdf.
- Baños, J. (2022). Síntomas depresivos y ansiedad como predictores de ideación suicida en adultos. *Universidad de San Martín de Porres*, 20 (4), 675–682. <http://www.medisur.sld.cu/index.php/medisur/article/view/5391>
- Benarous, X., Guedj, M.-J., Garny de la Rivière, S., Guilé, J.-M. y Périsset, D. (2020). Conductas suicidas en la adolescencia. *EMC - Tratado de Medicina*, 24 (3), 1–7. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1636-5410\(20\)44025-5](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1636-5410(20)44025-5)
- Botto, A., Acuña, J. y Jiménez, J. P. (2014). La depresión como un diagnóstico complejo. Implicancias para el desarrollo de recomendaciones clínicas. *Revista Médica de Chile*, 142 (10), 1297–1305. <https://doi.org/10.4067/S0034-98872014001000010>
- Brenlla, M.E. y Rodríguez, M. (2006). Adaptación Argentina del Inventario de Depresión de Beck-II (BDI-II) [Adaptation of the Beck Depression Inventory II (BDI-II) for Argentinean population]. En A.T. Beck, R.A. Steer & G.K. Brown (Eds.), BDI-II. Inventario de Depresión de Beck (pp. 11–37). Paidós.
- Blum, R. (2000). Un modelo conceptual de salud del adolescente. En E. Dulanto (Ed.), *El adolescente* (pp. 656–672). Mc Graw Hill.
- Campillo, C. y Fajardo, G. (2021). *Prevención del suicidio y la conducta suicida*. 564–569. <https://doi.org/10.24875/GMM.21000205>.
- Castro, P. D. A. y Ortega, C. G. Q. (2021). Adaptación y propiedades psicométricas del inventario de depresión de beck (bdi-ii) en adolescentes ecuatorianos. *South Florida Journal of Development*, 2 (5), 7271–7288. <https://doi.org/10.46932/sfjdv2n5-068>.
- Ceballos-Ospino, G. A., Suarez-Colorado, Y., Suescún-Arregocés, J., Gamarra-Vega, L. M., González, K. E. y Sotelo-Manjarres, A. P. (2015). Ideación suicida, depresión y autoestima en adolescentes escolares de Santa Marta. *Duazary*, 12 (1), 15. <https://doi.org/10.21676/2389783x.1394>.
- Cortés, A. (2014). Conducta suicida adolescencia y riesgo. *Revista Cubana de Medicina General Integral*, 30 (1), 132–139. <https://www.medigraphic.com/pdfs/revcubmedgenint/cmi-2014/cmi141m.pdf>
- Flores, N., Perales, Y. y Gómez, W. (2014). Depresión e ideación suicida en los adolescentes de una Institución Educativa Pública del distrito de Chongos Bajo. *Ágora Rev. Cient.*, 03 (01), 265–274. <http://www.revistaagora.com/index.php/cieUMA/article/viewFile/50/54>.
- García, L., Pacheco, L., Pérez, G., Tuz, M. y Estrada, S. (2021). Prevalencia del binomio ansiedad y depresión en hombres y mujeres estudiantes de psicología. *Integración Académica En Psicología*, 9 (25), 45–53. <https://integracion-academica.org/antiores/38-volumen-9-numero-25-2021/300-prevalencia-del-binomio-ansiedad-y-depresion-en-hombres-y-mujeres-estudiantes-de-psicologia>
- Gerstner, R. M. F., Soriano, I., Sanhueza, A., Caffé, S. y Kestel, D. (2018). Epidemiology of suicide among adolescents and young adults in Ecuador. *Revista Panamericana de Salud Publica/Pan American Journal of Public Health*, 42, 1–7. <https://doi.org/10.26633/RPSP.2018.100>.
- Gómez, C. y Rodríguez, N. (1997). Factores de riesgo asociados al síndrome depresivo en la población colombiana. *Revista Colombiana de Psiquiatría*, 26 (1), 23–35. <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-677146>
- Gómez, E. (2008). Adolescencia y familia: revisión de la relación y la comunicación como factores de riesgo o protección. *Revista Intercontinental de Psicología y Educación*, 10 (2), 105–122. <https://www.redalyc.org/pdf/802/80212387006.pdf>
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. Mc Graw Hill Education.
- Hernández-Vásquez, A., Vargas-Fernández, R., Díaz-Seijas, D., Tapia-López, E. y Bendezu-Quispe, G. (2019). Prevalencia de comportamientos suicidas y sus factores asociados en estudiantes adolescentes peruanos: análisis de encuesta de 2010. *Medwave*, 19 (11), e7755. <https://doi.org/10.5867/medwave.2019.11.7753>.
- Medellín-Marin, E., Roger, A., Carolina, S., Rodríguez-González, K. Y. y Ramoz-Martínez, L. (2022). Depresión y Riesgo Suicida en Estudiantes de Secundaria. *Revista Salud y Administración*, 9 (25). <https://revista.unsis.edu.mx/index.php/saludyadmon/article/view/234>
- Ministerio de Salud Pública del Ecuador. (2021). *Lineamientos Operativos para la Atención a personas con Intención y/o Intentos suicidas en Establecimientos del Ministerio de Salud Pública del Ecuador*.
- Miranda, C. A., Gutiérrez, J. C., Bernal, F. y Escobar, C. A. (2000). Prevalencia de depresión en estudiantes de medicina de la Universidad del Valle. *Revista Colombiana de Psiquiatría*, 29(3), 251–259. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0034-74502000000300005&script=sci_abstract&lng=es

- Muñoz, V., Arevalo Alvarado, C. L., Tipán Barros, J. M. y Morocho Malla, M. I. (2021). Prevalencia de depresión y factores asociados en adolescentes. *Revista Ecuatoriana de Pediatría*, 22 (1), 6–13. <https://doi.org/10.52011/0008>.
- Navio, M. y Pérez, V. (2020). *Depresión y suicidio 2020* (Wecare-u. Healthcare Communication Group (ed.)). <https://www.consaludmental.org/publicaciones/Depresion-suicidio-2020.pdf>
- Nock, M. K., Green, J. G., Hwang, I., McLaughlin, K. A., Sampson, N. A., Zaslavsky, A. M. y Kessler, R. C. (2013). Prevalence, correlates, and treatment of lifetime suicidal behavior among adolescents: results from the National Comorbidity Survey Replication Adolescent Supplement. *JAMA psychiatry*, 70 (3), 300–310. doi: 10.1001/2013.jamapsychiatry.55.
- Olliac, B., Benarous, X., Revet, A., Cohen, D., Falissard, B. y Raynaud, J. (2018). Life Events: Worries and Suicide Attempts Implications in Adolescents. *Neuropsychiatry*, 08 (01), 8–17. <https://doi.org/10.4172/neuropsychiatry.1000318>.
- Organización Mundial de la Salud OMS. (17 de junio de 2021). Una de cada 100 muertes es por suicidio. <https://www.who.int/es/news/item/17-06-2021-one-in-100-deaths-is-by-suicide>.
- Organización mundial de la Salud OMS. (2018). Depresión. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/depression>.
- Organización Panamericana de Salud [OPS]. (2017). Depresión y otros trastornos mentales comunes. *Organización Panamericana de la Salud*, 1–24. <http://iris.paho.org/xmlui/bitstream/handle/123456789/34006/PAHONMH17005-spa.pdf>
- Papalia, D. E., Feldman, R. D., Martorell, G., Berber Morán, E. y Vázquez Herrera, M. (2012). *Desarrollo humano* (12a ed.). McGraw-Hill Interamericana.
- Robles, F. J., Sánchez, A. y Galicia, I. X. (2011). Relación del bienestar psicológico, depresión y rendimiento académico en estudiantes de secundaria. *Psicología Iberoamericana*, 19 (2), 27–37. <https://doi.org/10.48102/pi.v19i2.227>
- Rubio, G., Montero, I., Jáuregui, J., Villanueva, R., Casado, M. A., Marín, J. J. y Santo Domingo, J. (1998). Validación de la escala de riesgo suicida de Plutchik en población española. *Archivos de Neurobiología*, 61 (2), 143-152. https://www.huvn.es/archivos/cms/enfermeria-en-huvn/archivos/publico/cuestionarios/Cuestionarios-2/escala_de_plutchick.pdf
- Sánchez-Sánchez, T. (2018). Autolesiones en la adolescencia. Significados, perspectivas y prospección para su abordaje terapéutico. *Revista de Psicoterapia*, 29 (110), 185–209. <https://doi.org/10.33898/rdp.v29i110.196>.
- Sandoval-Ato, R., Vilela-Estrada, M. A., Mejía Álvarez, C. R. y Caballero Alvarado, J. (2018). Suicide risk associated with bullying and depression in high school. *Revista Chilena de Pediatría*, 89(2), 208–215. <https://doi.org/10.4067/S0370-41062018000200208>.
- Schmidt, V., Marconi, A., Messoulam, N., Maglio, A., Molina, F. y Gonzalez, M. (2007). La Comunicación del Adolescente con Sus Padres: Construcción y Validación de Una Escala desde un Enfoque Mixto. *Revista de Psicología Social Aplicada*, 17 (1), 5–22. <https://etci.com.ar/descargas/Caracterizacion-de-la-comunicacion.pdf>
- Soutullo-Esperón, C. y Collins B, C. (2022). Depresión mayor en niños y adolescentes. *Pediatría Integral. Órgano de Expresión de La Sociedad Española de Pediatría Extrahospitalaria y Atención Primaria*, 26 (2), 35–51. www.sepeap.org,
- Tabares, A., Núñez, C., Osorio, M. y Aguirre, A. (2020). Riesgo e Ideación Suicida y su Relación con la Impulsividad y la Depresión en Adolescentes Escolares. *Revista Iberoamericana de Diagnóstico y Evaluación – e Avaliação Psicológica*, 54 (1). <https://doi.org/10.21865/ridep54.1.12>
- Tamayo Viera, J. O., Pérez Yauli, V. L., Molina Arcos, I. A. y Arroba Freire, E. M. (2022). Caracterización del suicidio y su incidencia en la provincia de Tungurahua: estudio descriptivo y análisis estadístico. *Revista Científica UISRAEL*, 9 (1), 81–99. <https://doi.org/https://doi.org/10.35290/rcui.v9n1.2022.467>
- Turuel, G., Gaytán, P., Leyva, G. y Pérez, V. H. (2021). Depresión en México en tiempos de pandemia. *Coyuntura demográfica*, (19), 63-69. https://ri.iberomx/bitstream/handle/iberomx/5758/TBGM_Art_20.pdf?sequence=1
- Vázquez P., E., González V., E., Rojo Q. y Figueroa L., R. (1998). Intento de suicidio en adolescentes. *Boletín Clínico de la Secretaría de Salud Pública del Estado de Sonora*, 15 (2), 77-85.
- Veytia, M., González, N., López, A., Andrade, P. y Oudhof, H. (2012). Depresión en adolescentes: El papel de los papeles vitales estresantes. *Salud Mental*, 35 (1), 37–43. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33252012000100006&Ing=es&nrm=iso&tIng=es%0A https://www.mendeley.com/catalogue/9b6638fc-8a90-3ac9-820f-300c5e132607/?utm_source=desktop&utm_medium=1.19.8&utm_campaign=open_catalog&userDocumen.
- Vidal, J., Ruiz, L. y Mejía, C. (2019). Influencia de la depresión en la ideación suicida de los estudiantes de la selva peruana. *Horizonte Médico*, 19 (1), 53–58. <http://dx.doi.org/10.24265/horizmed.2019.v19n1.9>

Gobernanza de la gestión de riesgos de desastres en el cantón Gonzalo Pizarro, Ecuador

Juan Pablo Morales Corozo¹, Ana Campos², Magda Francisca Cejas Martínez³

^{1,2}Universidad Nacional Experimental de los Llanos Ezequiel Zamora

³Universidad Nacional del Chimborazo, Ecuador

Autor para correspondencia: j.p.shevarajo@gmail.com

Recibido: 22/11/2023 Aprobado: 25/03/2023

DOI: <https://doi.org/10.26621/ra.v1i28.860>

RESUMEN

La preocupación de todos los países es, sin duda, la vulnerabilidad ante los desastres, motivo por el cual la gestión de riesgos se ha ido construyendo de manera teórica y práctica en los últimos treinta años. El Ecuador es privilegiado por su ubicación geográfica, pues alberga una megadiversidad de fauna y flora originada por las variaciones climáticas y las condiciones particulares de cada uno de los ecosistemas. Debido a las construcciones en zonas periféricas y a las alteraciones de los ecosistemas, se han desarrollado desastres que han provocado daños materiales y pérdidas humanas. En el ámbito de las ciencias sociales, la gobernanza de riesgos de desastres está adquiriendo cada vez más interés a nivel nacional, con la finalidad de gestionar las políticas públicas frente al incremento de eventos peligrosos y desastres en diferentes regiones del Ecuador. El propósito de la presente investigación es establecer indicadores de evaluación de la gobernanza a nivel del cantón Gonzalo Pizarro y analizar cómo estos han variado en el tiempo, a fin de establecer mecanismos para mejorar la red de actores locales en materia de reducción de riesgos de desastres. A nivel nacional no existe una herramienta para evaluar el desempeño, por lo que este índice de gestión de riesgos es novedoso y puede ser un insumo referencial para ser utilizado por cantones, parroquias, provincias y regiones, con el objetivo de verificar el nivel de gobernanza local y establecer mecanismos de oportunidad para la mejora continua.

Palabras clave: riesgos de desastres, gobernanza, políticas locales, índice global de riesgo

ABSTRACT

The concern of all countries is undoubtedly vulnerability to disasters, which is why risk management has been built theoretically and practically in the last thirty years. Ecuador is privileged by its geographical location, as it is home to a megadiversity of fauna and flora due to climatic variations and particular conditions of each of the ecosystems. Due to the social behavior of constructions in peripheral areas and the alterations of the ecosystems, disasters have developed, causing material damage and human losses. In the field of social sciences, disaster risk governance is gaining more and more interest at the national level, to manage public policies in the face of the increase in dangerous events and disasters in different regions of Ecuador. The purpose of this research is to establish governance evaluation indicators at the level of the Gonzalo Pizarro canton and how these have varied over time to establish mechanisms to improve the network of local actors in terms of disaster risk reduction. At the national level there is no tool to evaluate performance, so this risk management index is novel and can be a referential input to be used by cantons, parishes, provinces, and regions, to verify the level of local governance and establish timely mechanisms for continuous improvement.

Keywords: disaster risks, governance, local policies, global risk index

Juan Pablo Morales Corozo  orcid.org/0000-0002-4538-4488

Ana Campos orcid.org/0000-0002-7886-105X

Magda Francisca Cejas Martínez  orcid.org/0000-0002-0618-3608

INTRODUCCIÓN

Los desastres en América Latina se han convertido, a lo largo de los años, en circunstancias cotidianas, las cuales han provocado pérdidas materiales y humanas en un tiempo determinado. De acuerdo a uno de los criterios de Lavell (1993), que se mantiene hasta el día de hoy, estos fenómenos son de tipo social, pues, de forma integral, abarcan respuestas y acciones civiles y políticas. El origen de estos sucesos se debe a la acumulación de procesos históricos en un sector en particular donde se desarrolla una comunidad. Desde el punto de las ciencias sociales, se han realizado análisis con respecto a la naturaleza social de los desastres. Actualmente, uno de los debates más significativos en el campo de la prevención y mitigación contrasta con el desarrollo de los países en los que se analiza el estudio social de los desastres. A pesar de la amplia investigación en el campo de la gestión de riesgos de desastres, no existe un solo estudio que aborde adecuadamente la realidad local, enfocándose de manera general en un país o región. La evaluación de patrones de variaciones de las dinámicas terrestres, las condiciones hidrometeorológicas y otros aspectos influyen en la predicción de los desastres.

La falta de cambios de patrones de comportamiento ha permanecido como un problema dentro de la planificación, teniendo como consecuencia variaciones significativas en la relación hombre–naturaleza y generando fenómenos inesperados e inmanejables que tienen un gran impacto en la población, la cual, en muchos de los casos, no se encuentra preparada para los posibles escenarios y los principales daños. Muchas veces, el fenómeno se aborda desde una posición reactiva y de una manera desordenada, lo que genera una serie de importantes problemas que se contraponen a la cotidianidad de las dinámicas sociales y se toman como una interrupción de la normalidad. Los condicionantes sociales y ambientales de los desastres, junto con la naturaleza de las relaciones entre los desastres y el desarrollo, han sido objeto de una creciente atención por parte de investigadores y practicantes en el área de los riesgos y los desastres (Lavell, 2005).

Algunos sectores se encuentran expuestos a varias amenazas, las cuales se convierten en riesgos socialmente inducidos; este hecho es definido por Merlinsky y Tobías (2016) como la construcción social del riesgo. La expansión urbana y la morfología crecientemente difusa traen consigo problemas de fragmentación territorial. Como consecuencia, se generan procesos antrópicos que alteran el ambiente e incrementan la vulnerabilidad. Narváez et al. (2020) and to develop a theoretical-methodological proposal helping to set out and elaborate on the problem of the social construction of risk. In the case of the Ecuadorian Coast, intermediary cities with new settlements in risky areas are now common. In this research, the study of the neighborhoods Cruz María and Rosa María 2 (in the cities Quevedo and Milagro, respectively) manifiestan que este crecimiento acelerado incentiva la aparición de asentamientos humanos informales en zonas periféricas, donde las construcciones son precarias, no se cuenta con tecnología y no se cumplen las normas debido a los escasos recursos. Recientemente, investigadores han examinado los efectos de la urbanización y cómo las infraestructuras, especialmente las de servicios básicos, orientan la expansión hacia una zona específica, que se ve alterada por las dinámicas sociales y la generación de conurbaciones y urbanizaciones complejas. Las alteraciones edafológicas, las alteraciones de la vegetación y las variaciones geológicas del suelo generan daños irreversibles que incrementan la vulnerabilidad, exponiendo a la población en situación de riesgo.

La preocupación de todos los países es, sin duda, la vulnerabilidad ante los desastres. Por este motivo, la gestión de riesgos se ha ido constru-

yendo de manera teórica y práctica en los últimos treinta años, en gran medida gracias a los aportes científicos de varias disciplinas relacionadas con las dinámicas sociales y la interacción del hombre–medio ambiente. En la actualidad, la gestión de riesgos es considerada un componente esencial en el desarrollo, el cual depende de los procesos de una región en particular. Se deben modificar las condiciones de riesgos existentes actuando prioritariamente sobre las causas que los producen, para así evitar que una exigencia se transforme en desastre o para reducir sus efectos (Gatti et al., 2017).

El Ecuador es privilegiado por su ubicación geográfica, pues alberga una megadiversidad de fauna y flora originada por las variaciones climáticas y las condiciones particulares de cada uno de los ecosistemas. Debido a las construcciones en zonas periféricas y a las alteraciones de los ecosistemas, se han desarrollado desastres que han provocado daños materiales y pérdidas humanas. La gestión de riesgos de desastres es uno de los temas analizados por parte de los gobiernos autónomos descentralizados. De acuerdo con Da Silva et al. (2018), en los últimos veinte años ha existido un incremento de eventos que han ocasionado impactos negativos en zonas geográficas caracterizadas por ser vulnerables debido a la acumulación de alteraciones del entorno causadas por cambios sociales ligados al ordenamiento territorial. Para reducir el riesgo de desastres, el poder público y la sociedad necesitan conocer los motivos y las consecuencias de un evento externo a fin de desarrollar políticas y estrategias para minimizar las vulnerabilidades.

Los lineamientos de la gestión de riesgos en Ecuador se basan en cinco principios fundamentales: (1) la precaución aplicada, cuando la información es limitada y el margen de incertidumbre es considerable; (2) la autoprotección, donde se adoptan medidas para la prevención y para mejorar las capacidades para afrontar las amenazas; (3) la responsabilidad, referente a los generadores de emergencias o desastres, que tienen la obligación de responder por sus efectos; (4) la prevalencia del interés público en una emergencia o desastre, y, por último, (5) la concurrencia de competencias, principio relacionado con la agrupación de esfuerzos para actuar ante una emergencia o desastre, tomando en cuenta el Sistema Nacional Descentralizado de Gestión de Riesgos y el principio de responsabilidad subsidiaria.

El gobierno central tiene un papel fundamental que permite una articulación transversal en la que se toman en cuenta a varios actores de los distintos sectores públicos y privados, de la sociedad civil y de la academia en pro del desarrollo. Esta red de actores tiene como propósito la reducción de riesgos de desastres involucrando a todos los niveles de gobierno. Los gobiernos autónomos descentralizados municipales deben formular planes de gestión de riesgos de desastres para originar procesos que asocien a todos los organismos de atención a emergencias a nivel territorial (Calderón y Frey, 2017). En varios casos a nivel nacional se han creado políticas públicas y locales, respaldando los acuerdos de gobernabilidad vertical dentro de los niveles de gobierno, en las que se han incluido instrumentos legales de descentralización de la gestión de riesgos de desastres.

Los recientes desarrollos en el campo de la reducción de riesgos de desastres han estimulado la necesidad de analizar la gobernanza del riesgo bajo la perspectiva de varios niveles y actores. El problema de los gobiernos locales es cómo abordar la gestión en las zonas periféricas, donde existen construcciones precarias y barrios marginales. En ese sentido, hay poca claridad en la actuación de los gobiernos locales, en su toma de decisiones y en cómo se sintetizan y valorizan los niveles de gobernanza.

En el ámbito de las ciencias sociales, la gobernanza de riesgos de desastres va teniendo cada vez más interés a nivel nacional, con la finalidad de gestionar las políticas públicas. Con el incremento de eventos peligrosos y desastres en diferentes regiones del Ecuador, se han experimentado cambios en cuanto a la red de actores en las esferas públicas (Segalla y Escañuela, 2021). La gobernanza surge como una herramienta de gestión que promueve alianzas estratégicas. El propósito de la presente investigación es establecer indicadores de evaluación de la gobernanza a nivel del cantón Gonzalo Pizarro y analizar cómo estos han variado en el tiempo, a fin de establecer mecanismos para mejorar la red de actores locales en materia de reducción de riesgos de desastres.

Los desastres, según Achahuanco (2022), tienen una dimensión territorial desde la que se puede analizar cómo estos se producen por procesos mal ejecutados y por una inadecuada gestión. En el Ecuador, el ordenamiento territorial es uno de los instrumentos de vital importancia dentro de una provincia, región, cantón o parroquia para realizar una adecuada gestión de riesgo. De acuerdo con el Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias (SNGRE, 2019), incluirlo dentro del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial permite realizar el análisis cualitativo y cuantitativo del tipo de riesgo y sus dimensiones. Los gobiernos municipales, tomando en cuenta sus competencias en materia de gestión de riesgos, deben proponer modelos de ordenamiento territorial en los que se visibilicen los riesgos existentes a nivel local para su gestión.

Los desastres generan impactos económicos y sociales considerables; su intensidad depende del nivel de exposición y del grado de vulnerabilidad. Soriano et al. (2020) realizan un análisis de las tendencias de las variaciones climáticas e hidrometeorológicas que afectan al riesgo y que deben describirse como una parte fundamental en los planes de desarrollo y ordenamiento territorial. Para tener un control de forma continua de las zonas críticas donde existe concurrencia de eventos, se deben tomar en cuenta una base referencial del territorio cantonal y las evaluaciones de riesgos. De esta manera, el diagnóstico territorial se vincula a la planificación para determinar los recursos existentes dentro de una localidad (Alberca y Chacón, 2020).

El ordenamiento territorial comprende un diagnóstico inicial de una región, provincia, cantón o parroquia, en el que se proponen acciones para mejorar el modelo existente y las formas de gestión. La incorporación de los mapas de amenaza y riesgo en la planificación no solo evita ocupar terrenos inapropiados para la urbanización y definir áreas de conservación y protección, sino que, además, permite determinar los tratamientos urbanísticos que se deben implementar para reducir las condiciones de riesgo en aquellas zonas determinadas como peligrosas (Gutiérrez, 2017). Las condiciones morfológicas y sus variaciones, sin planificación en el desarrollo, condicionan la capacidad del territorio y originan impactos que alteran las actividades humanas. La planificación territorial abarca componentes interrelacionados entre sí que forman parte de la dinámica social, estos son: el biofísico, el ambiental, el económico-productivo, el sociocultural, los asentamientos humanos y el político-institucional. El ordenamiento territorial actúa dentro de la variación de los espacios locales y la distribución de los asentamientos desde los núcleos urbanos con funciones propias, con vistas a su integración en áreas supranacionales (Gutiérrez, 2017).

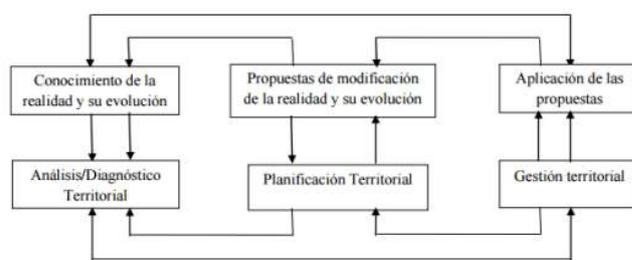


Figura 1. Proceso para la elaboración del PDyOT (Acurio, 2019)

Desde el año 1970 hasta 2019, a nivel de América Latina, se reportaron 2309 desastres, los cuales ocasionaron 510 204 muertes, pérdidas económicas de aproximadamente 437 000 millones de dólares y, consecuentemente, un retroceso económico. Ecuador es propenso al desarrollo de desastres por varios factores; uno de ellos está relacionado con la planificación urbana. Según Bello et al. (2020), incorporar la gestión de riesgos en los planes de desarrollo tiene varios resultados, entre los que se incluye la formulación de normativas y leyes que generen mecanismos para interaccionar con los actores locales públicos y privados.

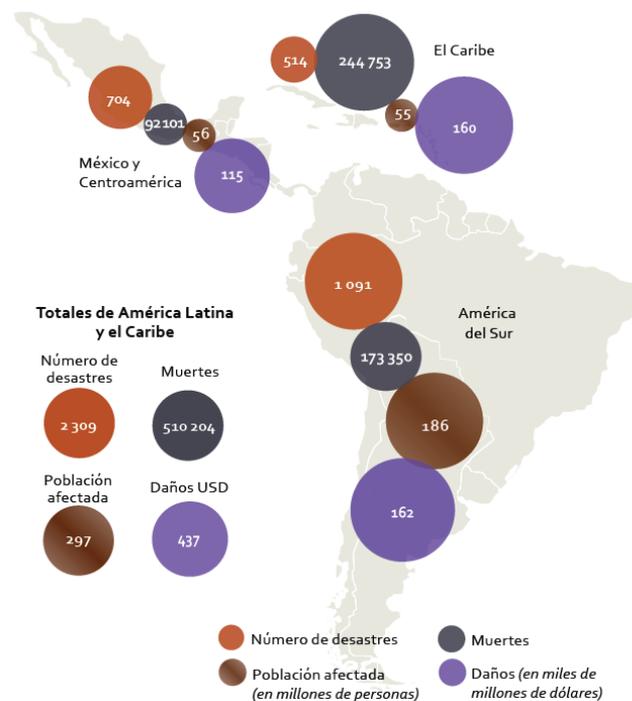


Figura 2. Desastres en América Latina y el Caribe desde 1970 hasta 2019 (Bello et al., 2020)

En el marco del ordenamiento territorial y el uso de suelo, se debe tomar en cuenta la compacidad del suelo y su relación con la gestión de riesgos, pues es un factor relacionado con los espacios de conservación y la vulnerabilidad. A su vez, la complejidad muestra la interacción entre la dinámica urbana y la diversidad con la que se desarrolla el tejido social en torno a la economía, el ambiente y la sociedad. La eficiencia metabólica, relacionada con la conversión de materiales y energía, influye en la dinámica social, especialmente en el aprovechamiento eficiente de los recursos y en el tratamiento de los desechos sólidos. La cohesión social se refiere a la variación del crecimiento económico tomando en cuenta la capacidad de la ciudad para recuperarse de un desastre en el espacio de desarrollo de la democracia (Tumini, 2016). La estrategia nacional se enfoca en la reducción de riesgos de desastres integrando agendas basadas en esta temática e involucrando a diferentes actores. Los daños e

impactos potenciales se podrían reducir de manera considerable con la aplicación de políticas públicas. La tensión originada por la aplicabilidad de estas políticas se genera en diferentes niveles de gobierno (Fontana y Conrero, 2017). así, gestionar los riesgos se centra en la intervención de los servicios de emergencias una vez materializado el riesgo. Las acciones del gobierno central buscan gestionar de manera eficaz el manejo del desastre y poner en marcha soluciones mediante decisiones políticas. Bajo este argumento, los diferentes niveles de gobierno establecen estrategias tomando en cuenta un análisis para pronosticar los desastres y determinar si se destinan recursos para su intervención; en este proceso, se parte del principio de subsidiariedad, es decir, se reconoce la autonomía de los gobiernos municipales y su responsabilidad para hacerse cargo de competencia exclusiva en el momento de la materialización del desastre. Es necesaria la aplicación de políticas de reducción de riesgos de desastres a través de planes y agendas para dar sentido a los fenómenos que suceden imprevistamente y que tienen impactos significativos sobre el territorio y la sociedad (Fontana y Conrero, 2017).

La gobernanza de gestión de riesgos de desastres se puede definir como aquellas políticas que posibilitan la interacción de los actores públicos y privados para la toma de decisiones con base en sus competencias y a través de la cooperación interinstitucional; la forma en que se desarrolle el sistema de gestión permitirá evidenciar la calidad de dicha gobernanza, tomando en cuenta cada uno de los componentes (Segalla y Escañuela, 2021). El desarrollo de las localidades supone una dependencia de los recursos naturales, por lo que se deben gestionar de manera integral la sostenibilidad ambiental y la social a fin de revertir los riesgos de desastres (Calderón y Frey, 2022). La planificación y el ordenamiento territorial obligan a la participación de diferentes actores en la gestión pública, la cual es un factor fundamental para la comprensión de los sistemas complejos de riesgos. La gobernanza de la gestión de riesgos involucra a todas las escalas territoriales mediante la homologación de criterios de los actores locales, sin generar pérdida de autonomía para los entes territoriales (Ramírez, 2015).

De acuerdo a Jerez y Ramos (2022), la gobernanza es una estrategia integral que agrupa varias acciones, de índole social, ambiental, económico, jurídico y político, enfocadas en dimensionar modelos normativos para el tratamiento de la vulnerabilidad; para ello, se toma en cuenta la pluralidad de actores y las condiciones de riesgo desde los ámbitos económico y político. El análisis de diferentes escenarios permite desarrollar un sistema para la toma de decisiones a través de procesos colectivos, en los que se consideran los elementos necesarios para la reducción de desastres; estos elementos ayudan a intensificar la relación interinstitucional para el cumplimiento de un propósito. Bajo el principio de la coordinación de competencias, se garantiza el equilibrio en el ejercicio de las funciones de cada uno de los actores, según lo establecido por el Sistema Nacional Descentralizado de Gestión de Riesgos.

La buena gobernanza se asocia con mecanismos participativos, procesos de gestión basados en la transparencia y el libre acceso a la información a fin de contribuir a la disminución de la exposición frente a las amenazas. Según Sarmiento et al. (2020), se requiere una buena relación fluida entre los actores para la articulación de las políticas locales, tomando en cuenta los niveles territoriales y sus dinámicas complejas de coordinación. Asimismo, es primordial la democratización e inclusividad dentro de la gobernanza, desde una visión a largo plazo. Acontecimientos recientes en el campo de la gestión demuestran que la relación directa entre los actores facilita el desarrollo y ordenamiento territorial, de tal forma que, una vez materializado un desastre, este ocasiona un impacto menor.

Al nivel del cantón Gonzalo Pizarro, hasta el momento, no se ha abordado el desempeño de la aplicabilidad de las políticas locales de gestión de riesgos. El efecto de la gobernanza de riesgos no ha sido investigado anteriormente para verificar la implementación de estrategias y, a partir de las mismas, evaluar los resultados obtenidos con respecto a la aplicación de la toma de decisiones. Bajo la vertiente correctiva, dentro del desarrollo territorial, se deben realizar actividades que implican variaciones en el entorno social, como decisiones costosas para el gobierno local, que pueden no ser aceptadas socialmente. En este sentido, la vertiente prospectiva tiene como objetivo la prevención de más impactos, por lo que se apoya en una visión científica y técnica, anclada a la gestión socioeconómica local. Se plantea un ordenamiento territorial basado en las formas de adaptación de los asentamientos humanos; para ello, se toma en cuenta la evaluación de riesgos y se determinen las zonas más aptas para implementación de infraestructura. La forma más acertada para la toma de decisiones encaminadas al desarrollo local en materia de gestión de riesgos de desastres es a partir de un análisis cualitativo y cuantitativo de la gobernanza, en el que se establezcan índices que muestren el estado de la aplicación de políticas territoriales para la reducción de riesgos.

MÉTODOS

La investigación se desarrolla en el cantón Gonzalo Pizarro, ubicado al oeste de la provincia de Sucumbíos, en Ecuador; con una extensión de 2 242.089 km², representa el 12.38 % del territorio provincial. Limita con los siguientes territorios: al norte, con el cantón Sucumbíos; al sur, con el cantón El Chaco, de la provincia de Napo; al oeste, con los cantones de Pimampiro, de la provincia de Imbabura, y el cantón Cayambe, de la provincia de Pichincha, y al este, con el cantón Cascales, de la provincia de Sucumbíos.

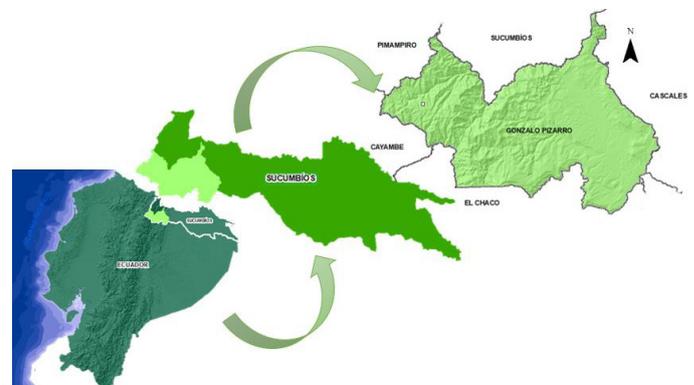


Figura 3. Ubicación del cantón Gonzalo Pizarro (Alvear, 2020)

Las condiciones biofísicas ambientales del cantón incluyen pendientes fuertes en las zonas altas, localizadas en las parroquias de Puerto Libre y El Reventador, y pendientes bajas en las parroquias de Gonzalo Pizarro y Lumbaqui, acompañadas de precipitaciones altas que llegan a los 5000 mm al año; asimismo, se encuentran zonas de conservación pertenecientes al Sistema Nacional de Áreas Protegidas. Estos factores, sumados a las variaciones geológicas, de cobertura y uso de suelo, y las dinámicas sociales, han generado la presencia de asentamientos humanos expuestos a una cierta vulnerabilidad a desastres. Si bien existe un Comité de Operaciones de Emergencia que integra a todos los actores locales para la intervención en una emergencia, no se ha evaluado si los modelos de políticas locales son adecuados para actuar de forma eficaz y no se ha analizado cómo la aparición de nuevos instrumentos técnicos proporcionados por el Sistema Nacional Descentralizado de Gestión de

Riesgos ha tenido un grave efecto en las dinámicas complejas de relación entre las diferentes instituciones a causa de sus competencias. La falta de indicadores ha permanecido como un problema a la hora de evaluar el desempeño de la gestión.

Para la realización de este estudio, se ha optado por la aplicación del método diseñado por el Banco Internacional de Desarrollo, debido a que se consideran variables relacionadas con las condiciones institucionales, presupuestarias y legales para ser tomadas en cuenta en los procesos de reducción de riesgos a nivel cantonal. Según Carreño et al. (2007), esta metodología proporciona de forma cuantitativa las condiciones locales de aplicación de políticas con base en niveles referentes. El índice de gestión de riesgos permite la obtención del nivel de desempeño. Para la formulación de este índice se han realizado cuatro etapas: (1) el diagnóstico local, en el que se realizó una recopilación de información acerca de la intervención en los desastres, identificando los tiempos de respuesta, recursos utilizados y criterios para la toma de decisiones, de acuerdo con las competencias exclusivas en materia de gestión de riesgos; (2) el análisis de la capacidad de respuesta según las competencias de cada uno de los actores; (3) la identificación de las debilidades y fortalezas del Comité de Operaciones de Emergencias en el que se integra a todos los actores locales, y (4) la consolidación de la información, tomando en cuenta los diferentes instrumentos legales y determinando el nivel de aplicación.

Este índice de gestión de riesgos cuantifica cómo las percepciones son asimiladas a nivel cantonal, las medidas de prevención y mitigación, el manejo de la respuesta y, por último, la aplicación de políticas locales y la protección financiera. El índice se obtiene con la siguiente ecuación:

$$IGR = \frac{(IGR_{IR} + IGR_{RR} + IGR_{MD} + IGR_{PF})}{4}$$

Donde:

- IGR_{IR} Percepción individual del riesgo
- IGR_{RR} Medidas de prevención y mitigación
- IGR_{MD} Respuesta y recuperación posdesastre
- IGR_{PF} Institucionalización y transferencia de riesgos

Cada uno de los subíndices para cada política pública se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$IGR_{c(IR,RR,MD,PF)}^t = \frac{\sum_{i=1}^N w_i I_{ic}^t}{\sum_{i=1}^N w_i} |_{(IR,RR,MD,PF)}$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La presente investigación cuenta con la recopilación de los eventos peligrosos registrados desde el año 2014 hasta el año 2021; como se puede apreciar en la figura 4, el año en el que han ocurrido más eventos es 2019, con un total de 27, mientras que los años con menos eventos son 2014 y 2017, con un total de 16 en cada uno.

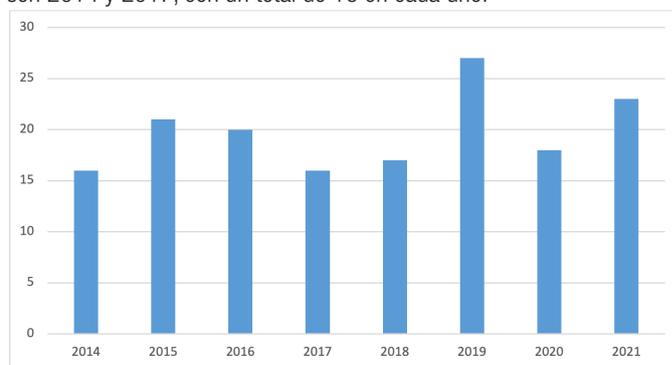


Figura 4. Cantidad de eventos peligrosos registrados desde 2014 hasta 2021 (Corozo, 2023)

Tabla 1. Indicadores de identificación del riesgo

INDICADOR	Descripción	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
IR 1	Existe una base de datos de pérdidas, desastres y eventos peligrosos	1	1	2	3	4	4	5	5
IR 2	Se tiene un monitoreo de las amenazas	1	1	1	2	4	4	5	5
IR 3	Existen mapas de amenazas	1	1	1	2	3	4	5	5
IR 4	Se realiza la evaluación de vulnerabilidad y riesgos	1	1	1	1	3	3	3	5
IR 5	La información se encuentra disponible para la comunidad	1	1	1	1	2	4	3	5
IR 6	Se realiza una capacitación en gestión de riesgos	1	1	1	1	2	4	3	5
RR 1	Se considera la gestión de riesgos en el PDOT	1	1	1	1	1	3	3	3
RR 2	Se realiza la protección ambiental y el control de las riberas de los ríos	1	1	1	1	1	2	2	3
RR 3	Se han implementado técnicas de control de eventos peligrosos	1	1	1	1	1	1	2	2
RR 4	Se ha realizado la reubicación de viviendas en zonas de riesgos	1	1	1	1	1	1	2	2
RR 5	Se ha realizado la actualización de normas de construcción	1	1	1	1	1	1	1	1
RR 6	Se realiza una intervención en bienes públicos para prevención de riesgos	1	1	1	1	1	1	1	1
MD 1	Se organizan y coordinan las operaciones de emergencia	1	3	4	4	4	4	4	4
MD 2	Existen sistemas de alerta y se planifican las respuestas en caso de emergencia	1	1	1	1	1	1	1	1
MD 3	Existen herramientas, infraestructura y equipos para la intervención de emergencias	1	1	1	1	1	2	2	2
MD 4	Se han realizado simulaciones y simulacros en coordinación con los organismos de atención a emergencias	1	1	1	1	1	1	1	1

INDICADOR	Descripción	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
MD 5	Se realiza una capacitación con la comunidad	1	1	2	2	2	2	2	2
MD 6	Se ha realizado la planificación para el caso de reconstrucción y rehabilitación	1	1	1	1	1	1	1	1
PF 1	Existe una organización con los organismos de atención a emergencias basada en el sistema descentralizado de gestión de riesgos	1	1	1	1	2	4	4	4
PF 2	Existen recursos destinados para la atención a emergencias	1	1	2	2	2	2	2	5
PF 3	Se realiza la localización y movilización de recursos municipales para casos de emergencias	1	1	1	1	3	3	3	3
PF 4	Se han implementado redes y fondos de seguridad social para casos de desastres	1	1	1	1	1	1	2	3
PF 5	La cobertura de seguros y estrategias de transferencia de pérdidas de activos públicos	1	1	1	1	1	1	1	1
PF 6	Cobertura de seguros y reaseguros de vivienda y del sector privado	1	1	1	1	1	1	1	1

Resaltando los datos significativos de la tabla anterior, se observa un incremento gradual de los indicadores de riesgos; así, es posible tener una visión general del proceso de implementación de las políticas de gestión de riesgos a nivel cantonal, tomando en cuenta las competencias y los principios de subsidiariedad, coordinación, interés público o social, y concurrencia.

En la tabla 2 se muestran los pesos calculados para cada tipo de conjunto de indicadores compuesto para las diferentes políticas, basados en el proceso analítico-jerárquico.

Tabla 2. Pesos para el conjunto de indicadores

Peso	IR	RR	MD	PF
W1	0.5208	0.2917	0.5833	0.375
W2	0.4792	0.25	0.1667	0.3542
W3	0.4583	0.2083	0.2292	0.3333
W4	0.375	0.2083	0.1667	0.2292
W5	0.375	0.1667	0.2917	0.1667
W6	0.375	0.1667	0.1667	0.1667

En la figura 5 se representa el índice de gobernanza de gestión de riesgos y su desarrollo desde el 2014, cuando se tenía un concepto débil de la gestión de riesgos y el porcentaje de gobernanza era del 7.12 %. Mientras que, hasta el año 2021, la gobernanza asciende gradualmente a un valor de 24.88 %, lográndose realizar cambios considerables en materia de gestión de riesgos de desastres, también dentro del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial.

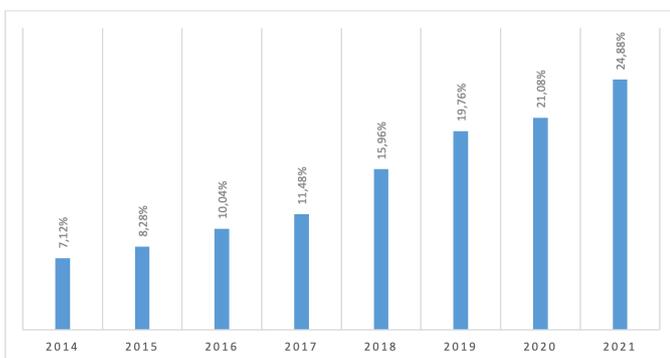


Figura 5. Índice de gobernanza de riesgos

CONCLUSIONES

El índice de gestión de riesgos es una herramienta integral que mide el nivel de desempeño de la implementación de la gestión de riesgos de desastres a nivel cantonal, que incluye las bases conceptuales de gobernanza en cuatro conjuntos de acción, relacionados con la percepción social e institucional, y la distribución y manejo de los recursos para las diferentes actividades reactivas de intervención en eventos peligrosos o desastres.

Desde el año 2014 hasta el año 2021, la gobernanza de gestión de riesgos ha venido incrementándose de manera gradual, debido, en gran parte, a la aplicación de las herramientas proporcionadas por el Sistema Descentralizado de Gestión de Riesgos de Desastres, que ha permitido la implementación del sistema cantonal de gestión de riesgos.

A nivel nacional, no existe una herramienta para evaluar el desempeño, por lo que este índice de gestión de riesgos es novedoso y puede ser un insumo referencial para ser utilizado por cantones, parroquias, provincias y regiones, con el objetivo de verificar el nivel de gobernanza local y establecer mecanismos de oportunidad para la mejora continua.

El índice de riesgos (IR) dentro de los parámetros permite verificar cómo se realizan las actividades primarias de evaluación, posibilita la elaboración de mapas de riesgos y ayuda a verificar la cantidad de recursos disponibles para el caso de intervención durante un evento peligroso o desastre.

El indicador de reducción de riesgos (RR) está relacionado con las actividades de prevención y mitigación, la coordinación con los diferentes organismos de atención a emergencias, la implantación de obras públicas y la asignación de presupuesto a través de instrumentos de gestión que permitan involucrar a la comunidad.

El indicador de manejo de desastres (MD) es de tipo reactivo y tiene relación con las tácticas utilizadas en el momento de un evento peligroso o desastre; permite la obtención de resultados optimizando la utilización de los recursos y la interacción entre los diferentes organismos de atención a emergencias.

Agradecimiento: A la Unidad de Gestión de Riesgos del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Gonzalo Pizarro y a las entidades públicas y privadas que forman parte del Comité de Operaciones de Emergencia del cantón Gonzalo Pizarro.

Contribución de los autores: Juan Pablo Morales Corozo, con la recopilación de información y la condensación de los resultados en las diferentes matrices de evaluación. Magda Francisca Cejas Martínez, con la redacción del documento y recopilación bibliográfica. Ana Campos, con el análisis de los resultados y el desarrollo de las conclusiones.

Fuente de financiamiento: Esta investigación no recibió financiamiento externo.

Conflictos de intereses: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Declaración de disponibilidad de datos: los datos sin procesar se encuentran disponibles con los autores M. Cajas, A. Campos y J. Morales.

REFERENCIAS

- Achahuanco, H. P. (2022). Ordenamiento territorial y su relación con la gestión del riesgo de desastres en el distrito de Sicuani 2021. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/87508>
- Acurio, M. (2019). *Participación del ejército ante la prevención y reducción de riesgos frente a desastres naturales, año 2019* [Escuela Militar de Chorrillos Coronel Francisco Bolognesi]. <https://repositorio.escuelamilitar.edu.pe/handle/EMCH/509>
- Alberca, J. F. y Chacón, M. F. (2020). *Participación del ejército ante la prevención y reducción de riesgos frente a desastres naturales, año 2019* [Escuela Militar de Chorrillos Coronel Francisco Bolognesi]. <https://repositorio.escuelamilitar.edu.pe/handle/EMCH/509>
- Alvear, C. (2020). *PDOT GONZALO PIZARRO*. https://drive.google.com/drive/folders/1x4t9i5QWoaJdq6wf1c4E2WLjZYFLpkW_
- Bello, O., Bustamante, A. y Pizarro, P. (2020). *Planificación para la reducción del riesgo de desastres en el marco de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. <https://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/20.500.13082/31789>
- Calderón, D. y Frey, K. (2017). El ordenamiento territorial para la gestión del riesgo de desastres en Colombia. *Territorios*, 36, 239-264. <https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/territorios/a.4795>
- Calderón, D. R. y Frey, K. (2022). Redes y gobernanza del riesgo de desastre en Bogotá, Colombia. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 31(1), 177-195. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v31n1.88049>
- Carreño, L., Cardona, O. D., Marulanda, C. y Barbat, A. (2007). Índice para evaluar el desempeño y la efectividad de la gestión de riesgos (DRMi). *Extraído de: http://www.desenredando.org/public/articulos/2007/articulos_omar/IGR_La_Red.pdf Consulta, 29*, 02-12.
- Corozo, J. P. M. (2023). Comportamiento dinámico de los eventos peligrosos y desastres en el Cantón Gonzalo Pizarro, Ecuador. *Rein-cisol.*, 2(3). <https://doi.org/10.5281/zenodo.7500341>
- Da Silva, L. M., Da Fonseca, M. N. y Pinheiro, E. G. (2018). Gestión de riesgo de desastres y los planes municipales de contingencia: Estudio de caso en el municipio de Palmeira/PR. *Contribuciones a las Ciencias Sociales*, octubre.
- Fontana, S. y Conrero, S. (2017). Estrategias de gobierno para gestionar el riesgo de desastres : *Estado Abierto. Revista sobre el Estado, la administración y las políticas públicas*, 1(2).
- Gatti, C., García, A., Vera, J. y Fontanet, F. (2017). La construcción de herramientas de Gestión Integral del Riesgo de Desastres a nivel local. La experiencia del Municipio de Gral. San Martín. *Revista Internacional de Cooperación y Desarrollo*, 4(1), 7-29.
- Gutierrez, S. A. (2017). *Redes sociales de gestión del riesgo de desastres en el Perú*. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/8671>
- Jerez, D. O. y Ramos, R. J. (2022). La gobernanza del riesgo en América Latina y la dimensión política de los desastres. *Estudios de la Gestión: Revista Internacional de Administración*, 11. <https://doi.org/10.32719/25506641.2022.11.9>
- Lavell. (1993). Ciencias sociales y desastres naturales en América Latina: Un encuentro inconcluso. *Revista EURE-Revista de Estudios Urbano Regionales*, 19(58).
- Lavell. (2005). Desastres y desarrollo: Hacia un entendimiento de las formas de construcción social de un desastre: el caso del huracán Mitch en Centroamérica. A. Fernández (comp.), *Comarcas vulnerables: riesgos y desastres en Centroamérica y el Caribe*, 11-44.
- Merlinsky, M. G. y Tobías, M. A. (2016). Inundaciones y construcción social del riesgo en Buenos Aires: Acciones colectivas, controversias y escenarios de futuro. *Cuadernos del Cendes*, 33(91), 45-63.
- Narváez, I., Durán, G., Menoscal Cevallos, J. J. y Bayón, M. (2020). Espacio urbano periférico y la construcción social del riesgo en ciudades intermedias. *Cuadernos de Vivienda y Urbanismo*, 13, 4.
- Ramírez, D. C. (2015). El análisis de redes en la gobernanza del riesgo de desastres naturales en Colombia. *CIUDADES EN TRANSFORMACIÓN. Cambio Climático Global, Desastres Naturales y Resiliencia Urbana.*, 107.
- Sarmiento, J. P., Correa, C. P. C., Sandoval, V. y Hoberman, G. (2020). Cohesión social como base del mejoramiento de la gobernanza en asentamientos informales. *Investigaciones Geográficas*, 59. <https://doi.org/10.5354/0719-5370.2020.56953>
- Segalla, V. y Escañuela, V. (2021). La gobernanza del riesgo de desastres a nivel organizacional: Un análisis desde los gobiernos locales. *Studia Politiæ*, 53. <https://doi.org/10.22529/sp.2021.53.05>
- SNGRE. (2019). *Servicio nacional de gestión de riesgos y emergencias y plan de desarrollo y ordenamiento territorial*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpccajpcglclefindmkaj/https://sni.gob.ec/documents/10180/3830914/gestionriesgo/664a56d6-7e33-4308-9cf7-66e7976a48d8
- Soriano, L., Astudillo, A., Silva, M. y Rosero, L. (2020). *Construcción social ante desastres y el gobierno cantonal*. <https://www.reciamuc.com/index.php/RECIAMUC/article/view/572>
- Tumini, I. (2016). Acercamiento teórico para la integración de los conceptos de Resiliencia en los indicadores de Sostenibilidad Urbana. *Revista de Urbanismo*, 34. <https://doi.org/10.5354/ru.v0i34.40056>

Síntesis de un compuesto pollucita/ferrihidrita/hematita: pellets para la adsorción de fosfatos a partir de agua residual sintética

Diana Guaya¹, Rocío Jiménez², Adriana Angamarca¹

¹Universidad Técnica Particular de Loja. San Cayetano Alto, Loja, Ecuador

²Universidad Regional Amazónica Ikiám, Napo, Ecuador

Autor para correspondencia: deguaya@utpl.edu.ec

Recibido: 04/01/2023 Aprobado:

DOI: <https://doi.org/10.26621/ra.v1i28.867>

RESUMEN

Ante el crecimiento de la eutrofización, es necesario contar con tecnologías orientadas al tratamiento terciario de aguas residuales. En este estudio se emplea una moscovita natural, de la que se obtiene un compuesto pollucita/ferrihidrita/hematita en forma de pellets como principales fases mineralógicas. En un sistema batch, se valoró la efectividad de la adsorción de fosfatos por parte de la moscovita en polvo (P1M2—Fe—Al) y del compuesto (pellets). La adsorción ocurrió mediante adsorción física y química, lo cual fue corroborado mediante ensayos de fraccionamiento de fosfato; los mecanismos de adsorción fueron: atracción electrostática y reacciones de complejación monodentada y bidentada. La adsorción de fosfato es viable en condiciones normales del agua residual tratada, ya que no requiere ajuste de pH. El adsorbente en pellets presentó una adsorción relativamente lenta, debido a la difusión intraparticular, mecanismo que rige la adsorción de fosfato; en dos horas de adsorción, fue posible adsorber el 50 % de fosfato. El adsorbente en polvo presentó mejor adsorción en comparación con los pellets, ya que la calcinación bloquea los canales de acceso para la adsorción de fosfato a grupos oxi-hidróxido de Al³⁺-Fe³⁺. La regeneración de los pellets fue limitada, lo que evidenció la posibilidad de disposición final del adsorbente como mejorador de suelos, aportando nutrientes para el crecimiento de plantas. El uso del compuesto pollucita/ferrihidrita/hematita puede contribuir a solventar la problemática de las altas concentraciones de nutrientes en el agua residual tratada y a la recuperación de fosfatos que pueden ser devueltos al suelo.

Palabras clave: eutrofización, pollucita, óxido de hierro, adsorción, fosfato

ABSTRACT

Due to the water eutrophication, it is necessary to develop technologies aimed at the tertiary treatment of wastewater. In this study, a natural muscovite is used, obtaining a pollucite/ferrihydrite/hematite composite in the form of pellets as the main mineralogical phases. In a batch arrangement, the effectiveness of the adsorption of phosphates by the powdered muscovite (P1M2—Fe—Al) and the composite (pellets) was evaluated. The adsorption occurred by physical and chemical adsorption which was corroborated by phosphate fractionation tests; the adsorption mechanisms were: electrostatic attraction and monodentate and bidentate complexation reactions. that governs phosphate adsorption; in two hours of adsorption it was possible to adsorb 50 % of phosphate. The powdered adsorbent presented better adsorption compared to the pellets since calcination blocks the access channels for the adsorption of phosphate to iron and aluminum oxyhydroxide groups. The regeneration of the pellets was limited, which evidenced the possibility of final disposal of the adsorbent as a soil improver, providing nutrients for plant growth. The use of the pollucite/ ferrihydrite/hematite composite can contribute to solving the problem of high concentrations of nutrients in the treated wastewater and to the recovery of phosphates that can be returned to the soil.

Keywords: eutrophication, pollucite, iron oxide, adsorption, phosphate

Diana Guaya  orcid.org/0000-0002-5872-7208

Rocío Jiménez  orcid.org/0000-0001-5335-8987



INTRODUCCIÓN

El fósforo (P) es clave en la producción de fertilizantes y su demanda anual se ha incrementado debido al crecimiento poblacional. Por tanto, se prevé que las rocas fosfóricas se agoten y que la producción de fertilizantes fosfatados disminuya dramáticamente en unos años (Khan y Ansari, 2005). La eutrofización es un grave problema de los cuerpos de agua superficiales, que provoca la alteración del entorno natural y de la diversidad biológica. Si bien la eutrofización es un fenómeno natural, este puede acelerarse por el aumento de la concentración de nutrientes, nitrógeno (amonio) y fósforo (fosfatos), en la descarga de aguas residuales sobre fuentes de agua dulce (Guaya et al., 2017).

El fósforo, como nutriente, es parte del desarrollo sostenible; por tanto, su recuperación a partir de aguas residuales recibe considerable atención. La necesidad de reciclar el fósforo a partir de agua residual es inminente y, a la vez, contribuye al cuidado de fuentes hídricas susceptibles de eutrofización (Verstraete et al., 2009; Bacelo et al., 2020). Son varios los métodos utilizados para remover fosfatos a partir de aguas residuales: adsorción, tratamientos químicos, intercambio iónico, tratamientos biológicos y cristalización (Yeoman et al., 1988). Entre estos, la adsorción es la técnica más viable debido a su accesibilidad económica, eficacia y fácil aplicación. El éxito de este proceso depende mayormente del adsorbente; para este fin, se investigan materiales como los siguientes: zeolitas (Guaya et al., 2016; Yin et al., 2018), residuos industriales (cenizas volantes, escorias de acero) y arcillas.

Las arcillas son minerales filosilicatos naturales de bajo costo distribuidos ampliamente en la naturaleza. Estos minerales dependen, en su mayoría, de sus propiedades físico-químicas, estructura, composición química, capacidad de intercambio iónico y área superficial (Karimi y Salem, 2011). La carga negativa de la superficie de las arcillas las convierte en potenciales adsorbentes catiónicos. El uso de arcillas en aplicaciones medioambientales se enfoca en remover contaminantes de aguas residuales —metales pesados, contaminantes orgánicos, biocidas y colorantes (Awad et al., 2019)— y fosfatos (Reitzel et al., 2013; Buzetky et al., 2017). La modificación de arcillas incorporando cationes a su estructura es una técnica habitual, siendo el hierro efectivo para la remoción de fosfatos desde soluciones acuosas (Guaya et al., 2016).

La remoción de fosfato usando bentonitas naturales y modificadas con hierro (Zamparas et al., 2012) mostró que la bentonita modificada incrementó su capacidad en un 350 % respecto a la natural. La capacidad de adsorción de seis bentonitas modificadas con hierro (Fe) y aluminio (Al), y una mezcla de estos metales (Shanableh y Elsergany, 2013), mostró que los adsorbentes modificados alcanzaron mayor capacidad de adsorción de fosfatos.

El objeto del presente trabajo es la evaluación de la capacidad de adsorción de fosfatos empleando una moscovita natural en polvo y un composito derivado de este material. Por lo tanto, en este estudio se pretende la obtención de un composito y su posterior evaluación en la adsorción de fosfatos, con los siguientes objetivos: a) modificar una moscovita natural con Al^{3+} - Fe^{3+} , b) obtener pellets calcinados, c) evaluar la temperatura de calcinación, d) evaluar la capacidad de adsorción de fosfato en función del pH, e) determinar las isoterms de adsorción, f) determinar la cinética de adsorción, g) fraccionar el fosfato adsorbido en el composito, y h) evaluar la capacidad de regeneración del composito.

MÉTODOS

Colección de arcilla

La arcilla natural (P_1M_2) fue colectada en la cuenca sedimentaria miocénica de Loja (Ecuador), en el afloramiento San Cayetano (700 306E; 9 561 302N; 2 097msnm). Inicialmente, el material arcilloso se trató en un molino de discos vibratorios y se tamizó por vía seca, por malla # 200 ($\phi=0.075$ mm). La muestra se calcinó a una temperatura de 500 °C para eliminar materia orgánica.

Obtención del composito

Se añadieron 30 gramos de arcilla natural a 250 mL en una solución de $FeCl_3$ 0.1 M y de $AlCl_3$ 0.1 M, ajustando a pH 7.5 con NaOH (1 M). En un sistema de reflujo, se mantuvo en agitación constante a 400 rpm durante tres horas, a 150 °C (Guaya, Cobos, Valderrama et al., 2022). Finalmente, la arcilla en la forma de Al^{3+} - Fe^{3+} (P_1 - M_2 - Fe - Al) se lavó con agua destilada hasta no detectar cloruros mediante la prueba de $AgNO_3$ y, posteriormente, se realizó el secado a 100 °C.

Obtención de pellets

La adaptación morfológica del composito en forma de pellets se realizó empleando 46 % de P_1 - M_2 - Fe - Al , 54 % de agua desionizada y 0.5 % de carboximetilcelulosa, hasta conseguir una mezcla homogénea. Con ayuda de una jeringuilla, se formaron pellets, con secado posterior en una estufa a 80 °C por 12 horas. Finalmente, se calcinó a temperaturas de 1000 °C, 1050°C y 1100°C con rampa de calentamiento de 2.5 °C \cdot min⁻¹ durante 3 horas.

Caracterización físico-química de los materiales

El área superficial se determinó usando el método de adsorción de punto simple en un equipo de quimisorción automático (Chemisorb 2720), con una mezcla de gas, 30 % N_2 y 70 % He. La composición química de las muestras se analizó mediante fluorescencia de rayos X (Bruker S1-TURBOSD Hand-held XRF Analyzers). Además, el punto de carga cero (PZC) se obtuvo mediante el método del cambio de pH en un rango de 4–10. Los adsorbentes (0.25 g) se equilibraron en 25 mL de solución con diferentes fuerzas iónicas (H_2O desionizada; 0.01 y 0.05 M NaCl) durante 24 h a 200 rpm y 18 \pm 2 °C (Guaya et al., 2015). La caracterización mineralógica se efectuó mediante difracción de rayos X (BRUKER D8 ADVANCE). Se realizó microscopía electrónica de barrido a fin de conocer la morfología de los materiales. Finalmente, los grupos funcionales de los adsorbentes se caracterizaron por espectroscopía infrarroja de transformada de Fourier (FTIR, Thermo scientific).

Adsorción de fosfatos

Se preparó una solución patrón de fosfato (1000 mg-L⁻¹, $P-PO_4^{3-}$) a partir de NaH_2PO_4 . Los ensayos de adsorción se realizaron a temperatura ambiente (18 \pm 2 °C), a 400 rpm. Una vez culminados los ensayos de adsorción, se empleó una centrífuga (Sigma 2-16P) para separar el sobrenadante a 2000 rpm por 10 min; el sobrenadante se filtró a través de membrana de 0.45 μ m. Se determinó el pH y la concentración inicial y final de los experimentos. La concentración del anión fosfato (PO_4^{3-}) se determinó por el método colorimétrico del ácido vanadomolibdofosfórico 4500-P C (McCrary, 2011), usando un espectrofotómetro UV/Visible (Jenway). Los ensayos se realizaron por triplicado y los valores promedio se reportan.

Efecto de la temperatura de calcinación

Los pellets calcinados (0.25 g) a las temperaturas de 1000, 1050 y 1100 °C se equilibraron durante 24 horas con 25 mL de solución de fosfato de 25 mg·L⁻¹. Se determinó la capacidad de adsorción de fosfato en el equilibrio (Q_e) en mg de fosfato (P-PO₄³⁻) adsorbido por unidad de masa en g de adsorbente mediante la Ec. 1:

$$Q_e = \frac{(C_i - C_f) \times v}{m} \quad \text{Ec. 1}$$

Donde:

C_i y C_f concentración inicial y final de fosfato en la solución (mg·L⁻¹)

m : masa del adsorbente (g)

v : volumen de solución (L)

Efecto del pH en la adsorción de fosfatos

Se pesaron 0.25 g de adsorbente en 25 mL de solución de 25 mg·L⁻¹ (P-PO₄³⁻) con pH en el rango de 4 a 10, empleando NaOH y HCl, según fuese necesario. La suspensión se colocó en un agitador rotatorio a 200 rpm hasta alcanzar el equilibrio en 24 h. Se calculó la capacidad de adsorción en función de la Ec. 1.

Cinéticas de adsorción

Se emplearon 0.25 de adsorbente en 25 mL de solución de 50 mg·L⁻¹ (P-PO₄³⁻) a pH 7.5±0.2 (conforme a las condiciones esperadas en agua residual tratada). La suspensión se colocó en un agitador rotatorio a 200 rpm. Se extrajeron muestras de forma periódica en intervalos de tiempo previamente definidos hasta alcanzar el equilibrio a las 24 h. Los datos experimentales se ajustaron a varios modelos cinéticos. El modelo de pseudo-primer orden propone que la adsorción con el tiempo es directamente proporcional a la diferencia en la concentración de saturación, según la Ec. 2:

$$\ln(Q_e - Q_t) = \ln Q_e - k_1 t \quad \text{Ec. 2}$$

Donde:

Q_t : Cantidad adsorbida por unidad de masa de adsorbente (mg·g⁻¹)

k_1 : Constante cinética de primer orden (min⁻¹)

El modelo cinético de pseudo-segundo orden propone la quimisorción y es aplicado a sistemas heterogéneos, de acuerdo con la Ec. 3:

$$\frac{t}{Q_t} = \frac{1}{k_2 Q_e^2} + \frac{t}{Q_e} \quad \text{Ec. 3}$$

Donde:

k_2 : Constante cinética de segundo orden [mg·(g·min)⁻¹]

El modelo de difusión intraparticular descrito por Webber y Morris considera que el proceso es lento, contiene múltiples etapas y se fundamenta en el transporte de las moléculas de la fase acuosa hacia la superficie sólida, según la Ec. 4:

$$Q_t = k_i t^{1/2} \quad \text{Ec. 4}$$

Donde:

k_i = constante de velocidad de difusión (mg·(g·min)^{-1/2})

Capacidad máxima de adsorción

La capacidad máxima de adsorción es una medida de la eficacia del adsorbente. El adsorbente 0.25 g se equilibró en 25 mL de solución (1 a 2000 mg·L⁻¹ P-PO₄³⁻), ajustada a pH 7.5±0. La descripción de los mecanismos ocurridos durante la adsorción se realizó en función de los modelos isotérmicos de Langmuir y Freundlich (Liang et al., 2013).

El modelo de Langmuir sugiere la adsorción en monocapa sobre una superficie con número finito de sitios idénticos, de acuerdo con la Ec. 5:

$$\frac{C_e}{Q_e} = \frac{C_e}{Q_m} + \frac{1}{K_L Q_m} \quad \text{Ec. 5}$$

Donde:

C_e : concentración en equilibrio de la solución fosfato (mg·L⁻¹)

K_L : constante de equilibrio (L·mg⁻¹)

Q_m : cantidad máxima que puede ser adsorbida (mg·g⁻¹)

El modelo isotérmico de Freundlich asume que la superficie del adsorbente es heterogénea y posee distintas afinidades, ocurriendo adsorción física, según la Ec. 6:

$$\ln Q_e = \ln K_F + \frac{1}{n} \ln C_e \quad \text{Ec. 6}$$

Donde:

K_F : constante en equilibrio de Freundlich (mg·g⁻¹) (g·L^{-1/n})

n : exponente de Freundlich ($n > 1$ representa una adsorción favorable)

Fraccionamiento de fosfato

Los adsorbentes (0.25 g) se equilibraron con 25 mL de una solución de 25 mg·L⁻¹ (P-PO₄³⁻) y pH 7.5±0.2. El sobrenadante y los sólidos resultantes se recuperaron para ensayos posteriores. El sobrenadante se destinó a análisis de la concentración, mientras que el sólido se lavó repetidas veces y, finalmente, fue llevado a secado para los ensayos posteriores. La fracción de fosfato débilmente unida a la estructura se extrajo en 20 mL de cloruro de amonio (NH₄Cl) (1 mol·L⁻¹ y pH 7). La fracción unida al Al³⁺-Fe³⁺ se determinó con dos extracciones consecutivas, con 20 mL de una solución de hidróxido de sodio (NaOH) (0.1 mol·L⁻¹) seguida de una extracción de cloruro de sodio (NaCl) (1 mol·L⁻¹). El fosfato unido al sodio a los metales alcalinos tuvo lugar con dos extracciones consecutivas de ácido clorhídrico (HCl) (0.5 mol·L⁻¹). Finalmente, el fósforo residual se calculó mediante un balance de materia entre el fósforo adsorbido y las fracciones extraídas previamente.

Estudios de desorción

Los adsorbentes (0.25 g) se equilibraron con 25 mL de una solución de 25 mg·L⁻¹ (P-PO₄³⁻) y pH 7.5±0.2. El sobrenadante y el sólido resultante se recuperaron para ensayos posteriores; el sólido se lavó repetidas veces y, finalmente, fue llevado a secado. El adsorbente recuperado (0.25 g) fue equilibrado con 20 mL de solución de regeneración de 0.1 M NaHCO₃ (pH 8.5) durante 24 h. La cantidad de PO₄³⁻ recuperado fue calculada con la Ec. 8:

$$Q_{des} = C_{eq} \times \frac{m}{v} \quad \text{Ec.8}$$

Donde:

Q_{des} : capacidad de desorción (mg·g⁻¹)

C_{eq} : concentración en el equilibrio en la solución desorbente (mg·L⁻¹)

m: masa de adsorbente (g)

v: volumen de solución regenerante (L)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización de materiales

La composición química de los materiales (Tabla 1) muestra como elementos mayoritarios a SiO₂, Al₂O₃ y Fe₂O₃. En P₁M₂-Fe-Al se comprobó el incremento de la composición en Al₂O₃ y Fe₂O₃, con ligera reducción de potasio y calcio tras la modificación con Al₃₊-Fe₃₊, lo cual se atribuye a los mecanismos de intercambio iónico. En los pellets de arcilla es posible verificar que la composición química se mantiene prácticamente constante tras la calcinación.

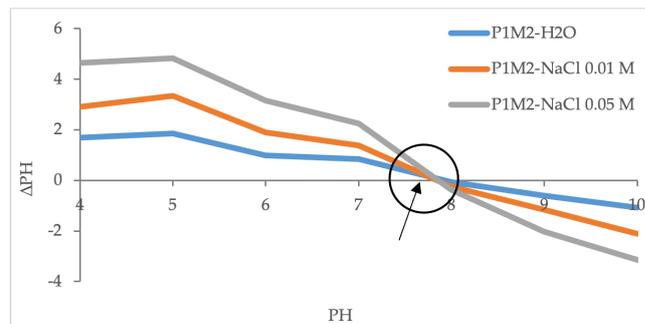
Tabla 1. Composición química de los adsorbentes

Elemento	P ₁ -M ₂	P ₁ -M ₂ -Fe-Al	Pellets
	%	%	%
Al ₂ O ₃	10.9	12.6	12.9
SiO ₂	63.4	52.2	56.4
K ₂ O	2.1	1.5	1.6
CaO	0.8	0.4	0.4
TiO ₂	0.4	0.4	0.4
Fe ₂ O ₃	6.7	13.1	13.5
AS	51	104	3

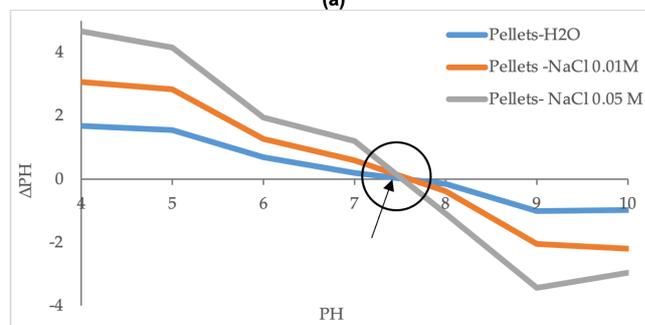
AS: área superficial de los materiales (m²·g⁻¹)

El área superficial fue 51 m²·g⁻¹ de la arcilla natural, comparable a otros materiales de origen natural. Tras la incorporación de Al³⁺-Fe³⁺ en la arcilla, se incrementó el área superficial hasta 104 m²·g⁻¹, lo que se atribuye a la incorporación de estos elementos en el espaciado interlamilar y a la formación de (oxi)hidróxido de Al³⁺-Fe³⁺, que aumentan el área superficial (Guaya, Cobos, Valderrama et al., 2022). Tras la calcinación de P₁-M₂-Fe-A, se produce un cambio repentino en el área superficial a valores de 3 m²·g⁻¹. Este efecto es causado por la pérdida de agua y la deshidroxilación de los materiales arcillosos (Guaya, Maza et al., 2022).

El punto de carga cero de los adsorbentes se representa en la Figura 1; en el caso de P₁-M₂-Fe-Al tiene un valor de punto de carga cero de pH 7.8, en comparación con el determinado para los pellets, cuyo valor es de pH 7.5. La ligera variación del punto de carga cero respecto al valor de 7.5 que corresponde a los pellets puede estar asociada a la sustitución de los átomos de silicio, que genera un cambio en las cargas (Guaya, Maza et al., 2022).



(a)



(b)

Figura 1. Punto de carga cero de los adsorbentes: (a) arcilla natural P₁-M₂, (b) compuesto (pellets)

Los difractogramas de rayos X de los materiales (Figura 2) muestran que P₁-M₂ se encuentra constituida por moscovita, cuarzo y anortita como principales fases mineralógicas. Los picos en P₁-M₂ corresponden con los del patrón de moscovita (Ref. Cod. 1 538 776). Se identificó sistema cristalino de tipo monoclinico correspondiente al grupo espacial C 1 2/c 1, con parámetros de celda a[Å]: 5.21, b[Å]: 8.99, c[Å]: 20.07. Los principales picos de moscovita en 2θ: 8.87 (002), 20.84 (111), 22.87 (112), 25.46 (11-4), 27.84 (114), 31.23 (115), 34.96 (116), 36.52 (13-3), 42.41 (04-3), 45.78 (224) y 54.85 (048). Tras la activación con Al³⁺-Fe³⁺ (P₁-M₂-Fe-Al), se conserva la moscovita acompañada de cuarzo, sin que se hayan podido identificar nuevas formas cristalinas. Se evidencia un ligero incremento de d002, que se atribuye al aumento de la distancia de la interlamilar de la moscovita, lo que hace referencia a la sustitución isomórfica del silicio con Al³⁺-Fe³⁺. Particularmente, el potasio que contiene la moscovita no es posible intercambiarlo fácilmente, en comparación con otros iones metálicos. Tras la calcinación a 1100°C, se identificaron nuevas fases cristalinas: pollucita, hematita y ferrihidrita, compatibles con los patrones Ref. Cod. 9 013 674, Ref. Cod. 1 526 260 y Ref. Cod. 9 011 571, respectivamente. Se ha identificado, para pollucita, un sistema cristalino cúbico correspondiente al grupo espacial I a - 3 d, con parámetros de celda a[Å]: b[Å]: c[Å]: 13.65, con principales picos en 2θ: 24.33 (321), 30.92 (332), 33.31 (431), 35.76 (521), 40.94 (611), 42.37 (541), 45.72 (444), 50.08 (642), 57.73 (753). La hematita se corresponde a un sistema trigonal con grupo espacial I a - 3 d, con parámetros de celda a [Å]: b[Å]: c[Å]: 5.14 y c[Å]: 14.06, con picos principales en 2θ : 20.79 (101), 35.10 (110), 40.22 (113), 49.74 (107), 54.38 (211). Para ferrihidrita, se identifica un sistema hexagonal correspondiente al grupo espacial P 63 m c, con parámetros de celda a[Å]: b[Å]: c[Å]: 5.89 y c[Å]: 9.12, con picos principales en 2θ: 26.58 (102), 36.50 (201), 39.40 (004).

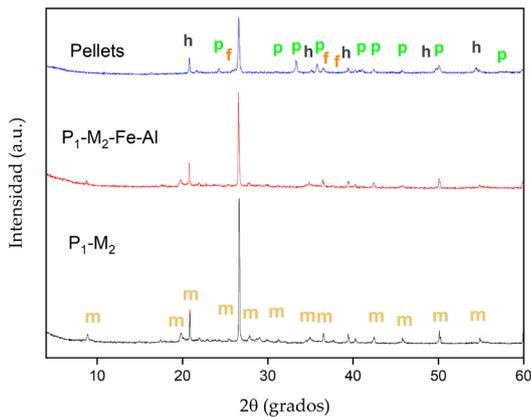


Figura 2. Difractogramas de rayos X de los materiales adsorbentes: (a) arcilla natural (P_1-M_2), (b) arcilla activada Fe-Al ($P_1-M_2-Fe-Al$), (c) compuesto (pellets)

Las microfografías de microscopía electrónica de barrido (Figura 3) demuestran una morfología heterogénea. El material en estado natural contiene partículas de diferentes tamaños, con agregados de forma plana y alargada desde 10 μm hasta 90 μm . Tras la incorporación de $Al^{3+}-Fe^{3+}$ cambia su morfología, asociando la precipitación de pequeñas partículas depositadas en la superficie. Así, la precipitación de (oxi)hidróxidos de $Al^{3+}-Fe^{3+}$ podrían actuar como sitios específicos de adsorción para el fosfato. Tras la calcinación del material, se generan formas poliédricas y otras más o menos esféricas y cúbicas, con tamaños entre 2 μm hasta 30 μm .

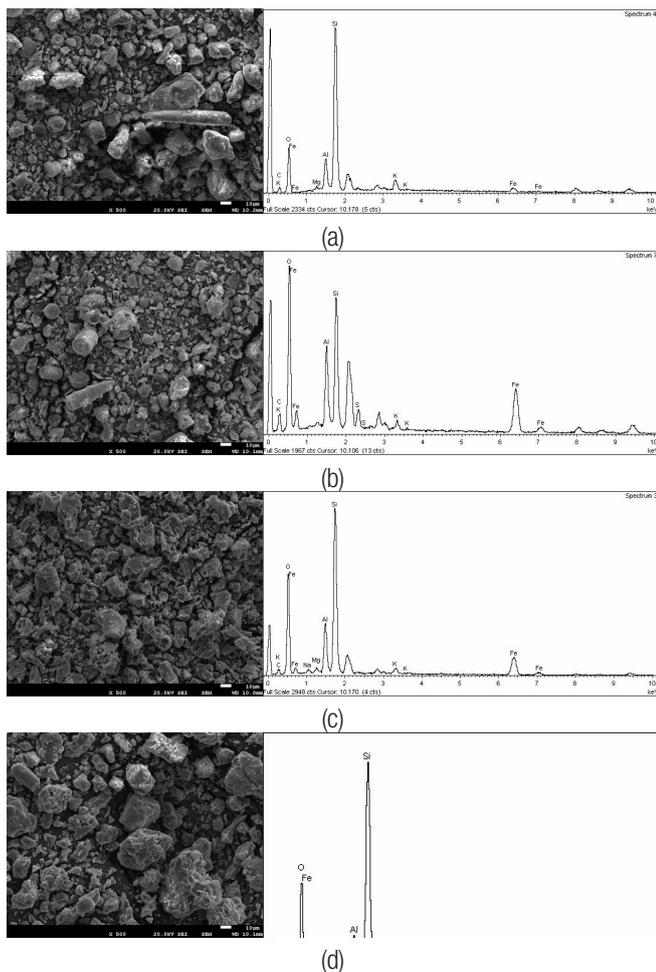


Figura 3. Microscopía electrónica de barrido de los materiales adsorbentes: (a) arcilla natural P_1-M_2 , (b) arcilla activada $P_1-M_2-Fe-Al$, (c) compuesto (pellets) y (d) pellets saturados con fosfato

Los espectros de infrarrojo (Figura 4) muestran los principales grupos funcionales del material arcilloso en estado natural, ubicados en los números de onda a: 520, 625, 686, 696, 778, 796, 922, 1007, 1629, 3624 y 3390 cm^{-1} . En el material modificado $P_1-M_2-Fe-Al$ existen cambios en ubicación e intensidad de las bandas. En el material modificado, las bandas entre 520 y 625 cm^{-1} corresponden al estiramiento por vibración del enlace Si-O en el plano (Albukhari et al., 2021). Los cambios comprendidos entre 686 y 796 cm^{-1} corresponden a enlaces Al-Al-OH y Al-Fe-OH, debido al intercambio iónico y a la sustitución isomórfica de $Al^{3+}-Fe^{3+}$ (Kumar y Jena, 2022). En la región correspondiente al estiramiento por vibración del enlace Si-O en el plano, en el rango comprendido entre 922 y 1007 cm^{-1} , existen cambios importantes tanto en el material arcilloso modificado $P_1-M_2-Fe-Al$ como en los pellets calcinados del material. Las bandas en la región de 1629 cm^{-1} , correspondientes a frecuencias OH de moléculas de agua, sufren cambios; en $P_1-M_2-Fe-Al$, la banda cambia a 1632 cm^{-1} , mientras que en los pellets esta banda prácticamente desaparece. También ocurren cambios en las bandas 3624 y 3390 cm^{-1} de estiramientos por vibración de los grupos hidroxilos (OH) y agua (Robben y Gesing, 2013). El material, tras la modificación con $Al^{3+}-Fe^{3+}$, muestra la interacción de estos grupos OH, lo que se atribuye a la formación de (oxi)hidróxidos de $Al^{3+}-Fe^{3+}$. Las altas temperaturas provocan la pérdida de agua y de grupos hidroxilos con cambios entre 3624 y 3390 cm^{-1} .

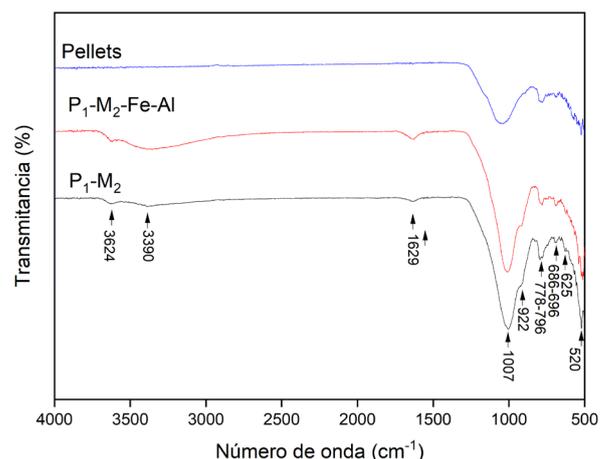


Figura 4. Espectros de infrarrojo de los materiales adsorbentes: (a) arcilla natural P_1-M_2 , (b) arcilla activada $P_1-M_2-Fe-Al$ y (c) compuesto (pellets)

Temperatura de calcinación

La capacidad de adsorción de fosfato en los pellets en función de su temperatura de calcinación (Figura 5) denota que, a mayor temperatura, la capacidad de adsorción disminuye progresivamente.

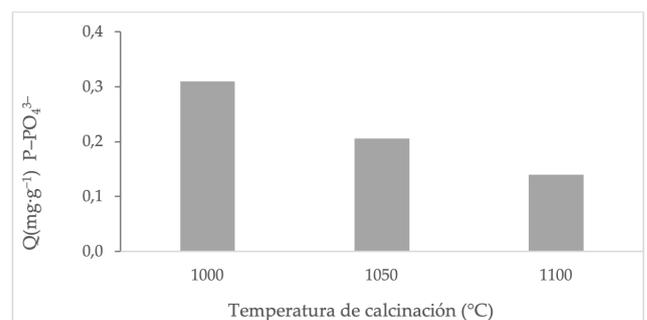


Figura 5. Relación entre la temperatura de calcinación y la capacidad de adsorción de compuesto (pellets)

Tomando como referencia la capacidad de adsorción que se obtuvo a 1000 °C, al incrementar la temperatura de calcinación a 1050 °C y 1100 °C, se reduce considerablemente la adsorción, en un 34 y 55 %, respectivamente; el área superficial es igual a 3 m²·g⁻¹ a una temperatura de 1100 °C. Por tanto, la reducción de la porosidad y del área superficial es causada por la temperatura de calcinación, debido a los efectos de vitrificación por las altas temperaturas, lo que promueve la reducción de la capacidad de adsorción de fosfato (Eden y Daramola, 2021). Al evaluar la estabilidad de los pellets en suspensión, a 1000 °C y 1050 °C los pellets son frágiles y se disgregan fácilmente. Sin embargo, a 1100 °C los pellets no se destruyen, por lo que se consideró como la condición óptima para trabajar con las pruebas de adsorción en batch. La estabilidad y resistencia de estos materiales son determinadas por la forma de preparación que tienen (Hosseini et al., 2020).

Efecto del pH sobre la capacidad de adsorción

El efecto del pH de la solución sobre la capacidad de adsorción de fosfato (Figura 6) muestra que los pellets tienen mayor capacidad de adsorción en la zona de pH ácido, en la que el fosfato se encuentra en la forma de ácido H₃PO₄ y aniónica H₂PO₄⁻, respectivamente. La adsorción se reduce conforme avanza hacia la zona neutra de pH con las formas aniónicas de fosfato (H₂PO₄⁻ y HPO₄²⁻) y es menor aún en la zona de pH básico (HPO₄²⁻ y PO₄³⁻) (Guaya, Cobos, Camacho et al., 2022). La adsorción se explica en términos de adsorción física, mediante atracción electrostática. El punto de carga cero del compuesto pollucita/ferrihidrita/hematita es igual a pH_{PZC} a 7.5; por tanto, debajo del pH_{PZC}, en la zona ácida, se generan cargas positivas sobre la superficie del adsorbente por la protonación de grupos OH⁺. En la zona básica, por encima del pH_{PZC}, se generan cargas negativas por la deprotonación de los grupos OH⁻ (Guaya et al., 2016). El anión fosfato es atraído electrostáticamente hacia las cargas positivas del adsorbente, incrementando potencialmente la capacidad de adsorción. Los grupos protonados (—OH⁺) de la superficie del adsorbente se desplazan, siendo ocupados por iones fosfato. Mientras que, por repulsión electrostática, se reduce la adsorción de fosfato a la superficie de los pellets; debido al incremento de iones hidroxilo (—OH⁻), se genera una fuerte competición con aniones fosfato (Guaya et al., 2017).

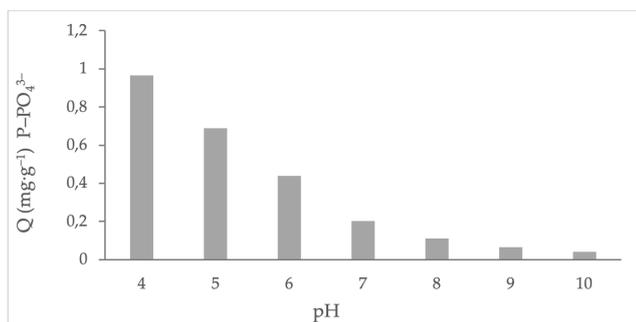


Figura 6. Adsorción en función del pH inicial de la solución

Capacidad máxima de adsorción

Los datos experimentales de la capacidad de adsorción de fosfato, ajustados a las isotermas de Langmuir y Freundlich (Tabla 2), muestran R² ~1 para Langmuir, para P₁—M₂—Fe—Al y el compuesto.

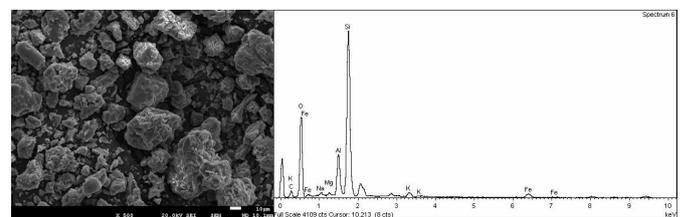
Tabla 2. Parámetros de las isotermas de Langmuir y Freundlich

Material	Q _{max} (mg·g ⁻¹)	Langmuir			Freundlich		
		Q _{max} (mg·g ⁻¹)	K _L (L·mg ⁻¹)	R ²	K _F (L·mg ⁻¹)	n	R ²
P ₁ —M ₂ —Fe—Al	4.9	4.6	0.02	0.99	1.7	6.3	0.93
Pellets	1.5	1.3	0.14	0.99	0.54	8.3	0.74

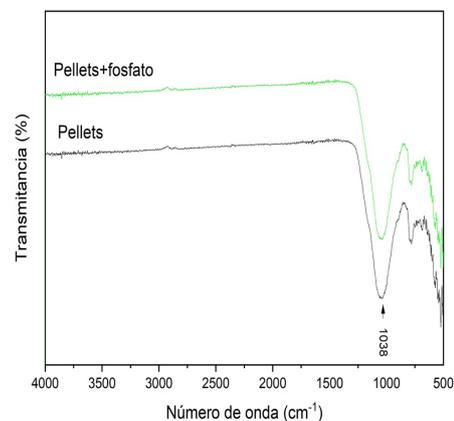
Se produce la adsorción en monocapa sobre la superficie de los pellets debido a la existencia de los grupos Fe—(OH) y Al—(OH), mediante complejación de esferas internas. Los resultados sugieren la intervención en menor medida de la adsorción física en multicapas, mediante complejación de esferas externas (Albayati y Jassam, 2019).

La capacidad máxima de adsorción obtenida en el compuesto pollucita/ferrihidrita/hematita (pellets) es muy baja en comparación con P₁—M₂—Fe—Al. El área superficial en los polvos es una ventaja frente a la reducida superficie específica de los pellets. Aunque los adsorbentes en polvo promueven altas capacidades de adsorción, su aplicación a gran escala se dificulta en reactores tipo batch; más aún en equipos en continuo, en los que se requieren grandes cantidades de energía. Al contar con formas estructuradas, como los pellets, se facilita el empaquetamiento en equipos para trabajo en continuo (Guaya, Maza et al., 2022).

En el compuesto se pudo constatar la presencia de fosfato como pequeñas partículas precipitadas en la superficie del adsorbente, cambiando la morfología del material a una superficie mayormente rugosa (Figura 7). La caracterización mediante infrarrojo muestra una variación de la intensidad y el desplazamiento de ciertas bandas específicas. La variación, específicamente en la zona de 3624 y 3390 cm⁻¹, corrobora que la adsorción ocurre en los grupos (Fe—(OH) y Al—(OH) existentes en la superficie del material (Awwal et al., 2011).



(a)



(b)

Figura 7. Microscopía electrónica de barrido de los materiales adsorbentes: (a) pellets saturados con fosfato y espectros de infrarrojo de los materiales adsorbentes, (b) compuesto (pellets) antes y después de la adsorción con fosfato

Cinéticas de adsorción

La cinética de adsorción de fosfato en el compuesto (Figura 8) ocurre de forma lenta; el equilibrio se alcanza en aproximadamente 2 horas, removiendo cerca del 50 % de fosfato inicial cuando se emplea una solución de 7 mg.L⁻¹ y 0.5 g de adsorbente, en comparación con el 23 % de remoción que se alcanza cuando se emplea una solución de 7 mg.L⁻¹ y se reduce la cantidad de adsorbente a 0.25 g. Asimismo, se debe señalar que cuando se empleó una solución con mayor concentración, a 25 mg.L⁻¹ y 0.25 g de adsorbente, únicamente se obtuvo el 7 % de remoción.

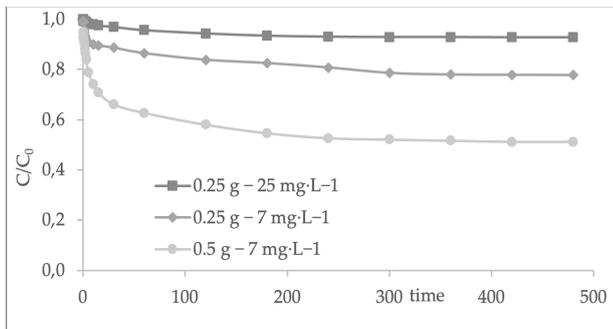


Figura 8. Cinética de adsorción de fosfato en compuesto (pellets)

Los datos experimentales ajustados a diversos modelos cinéticos (Tabla 3) muestran buen ajuste a pseudo-segundo orden, con R²=0.99. Por tanto, los resultados corroboran que la adsorción ocurre por quimisorción (Weber y Morris, 1963), debido a enlaces químicos entre el adsorbente y los grupos (oxi)hidróxido (Fe—(OH) y Al—(OH)). Sin embargo, también sugieren la ocurrencia de adsorción de tipo física, en vista de la atracción electrostática entre las cargas positivas existentes en el adsorbente y las cargas negativas del ión fosfato. Por otra parte, el mecanismo de difusión intraparticular describe la adsorción en tres fases. Primero, una adsorción instantánea (K¹¹), en la que el adsorbato se transporta hacia la superficie externa del adsorbente. En la segunda etapa (K¹²), el adsorbato se difunde en los poros del adsorbente con una tasa de adsorción lenta. Finalmente, la tercera etapa (K¹³) representa el equilibrio; la difusión hacia el interior del adsorbente ocurre lentamente debido a la baja concentración de adsorbato (Guaya et al., 2021).

Con los iones fosfatos, la difusión de película (D_f) tiene un valor superior a la difusión de partícula (D_p). La agitación disminuye el espesor de la película que rodea al adsorbente, dando lugar a la difusión de película. La difusión de partícula se encuentra limitada, disminuyendo la velocidad de difusión de fosfato hacia el centro del adsorbente, lo que genera una adsorción en monocapa (Valderrama et al., 2010).

Tabla 3. Parámetros de las cinéticas de adsorción de fosfato en pellets

Modelo	Parámetros cinéticos	Pellets
Pseudo-primer orden	Q _e (mg g ⁻¹)	0.10
	K ₁ (h ⁻¹)	0.59
	R ²	0.96
Pseudo-segundo orden	Q _e (mg g ⁻¹)	0.13
	K ₂ (g (mg h) ⁻¹)	0.02
	R ²	0.99

Modelo	Parámetros cinéticos	Pellets
Difusión intraparticular	K ₁₁ (g (mg.h) ^{-1/2})	0.24
	R ²	0.91
	K ₁₂ (g (mg h) ^{-1/2})	0.04
	R ²	0.96
Difusión de película	K ₁₃ (g (mg h) ^{-1/2})	0.03
	R ²	0.91
Difusión de partícula	D _f (m ² .s ⁻¹)	1.5610 ⁻⁰⁷
	R ²	0.90
Difusión de partícula	D _p (m ² .s ⁻¹)	2.6 x10 ⁻⁰⁹
	R ²	0.90

Fraccionamiento de fósforo

Se determinó un importante porcentaje de fosfato asociado de forma lábil al compuesto (Tabla 4). El 33.03 % corresponde al fosfato ligado físicamente al adsorbente, validándose así su aplicación como mejorador de suelo para el crecimiento de plantas.

Tabla 4. Porcentajes de fraccionamiento del fosfato a partir del adsorbente

Q _e (mg g ⁻¹)	LB (mg·g ⁻¹)	%	(Fe/Al)-P (mg·g ⁻¹)	%	(Na/K/Ca)- P (mg·g ⁻¹)	%	R-P (mg·g ⁻¹)	%
0.141	0.045	33.03	0.02	42.98	0.01	5.50	0.02	18.49

La fracción ligada a los elementos metálicos constituye el 42.98 % del total de fosfato ligado, promovido por la presencia de grupos (oxi)hidróxido (Fe—(OH) y Al—(OH)) mediante el mecanismo de complejación de esfera interna. El 5.50 % corresponde a la fracción de fosfato ligado a los elementos alcalinos a través de reacciones de precipitación. Finalmente, el fósforo residual, 17.2 %, representa la cantidad de fosfato unido al adsorbente por otros mecanismos diferentes a los antes descritos.

Desorción de fosfatos

El porcentaje de desorción equivalente al 41 % (Tabla 5) explica la limitada capacidad de regeneración del adsorbente. Se corrobora que el proceso de adsorción de fosfato está influenciado en su mayoría por adsorción de tipo química, que es irreversible. Sin embargo, el adsorbente, a pesar de tener una regeneración limitada, ofrece la posibilidad de ser aplicado como mejorador de suelo.

Tabla 5. Porcentajes de desorción de fosfato a partir del adsorbente

Q _e (mg·g ⁻¹)	Desorción %
0.13±0.02	41±0.9

CONCLUSIONES

Se empleó una moscovita natural para la obtención de un adsorbente que sirva para la recuperación de fosfato a partir de agua residual de tipo sintética. Se realizó la incorporación de Al3+-Fe3+ en la estructura de la zeolita mediante intercambio iónico, sustitución isomórfica y complejación de esfera interna y externa. Se obtuvo un compuesto pollucita/ferrihidrita/hematita en la forma de pellets. La formación de los pellets y su calcinación a diferentes temperaturas indican que, a mayor temperatura, crece la

estabilidad de los pellets y se reduce significativamente la capacidad de adsorción. La reducción del área superficial del composito ocurre por efecto de la temperatura, que provoca la deshidroxilación y pérdida de grupos funcionales, fundamentales para la adsorción. Los mecanismos relacionados con la adsorción de fosfato en el composito ocurren por formación de complejos de esfera interna y externa. Los datos cinéticos revelan que la adsorción se produce en tres etapas diferentes: la primera, de adsorción rápida de tipo física; en la segunda, se reduce la tasa de adsorción de tipo químico hasta finalmente, en la tercera etapa, alcanzar el equilibrio. La regeneración limitada y una fracción importante de fósforo lábil encontrado sugieren la posibilidad de aplicación al suelo como un liberador lento de nutrientes. Este material tiene el potencial de recuperar nutrientes a partir del agua residual, como el fósforo (fosfato), que puede ser utilizado para el mejoramiento de suelos.

Contribución de los autores: Conceptualización, Guaya, Jiménez; metodología, Guaya, Angamarca; validación, Guaya, Angamarca; investigación, Guaya, Angamarca; recursos, Guaya; curación de datos, Guaya, Angamarca; redacción y preparación del borrador original, Guaya, Jiménez; redacción, revisión y edición Guaya, Jiménez; visualización, Guaya, Jiménez; adquisición de financiación, Guaya. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del documento.

Fuente de financiamiento: Esta investigación fue financiada por la Universidad Técnica Particular de Loja.

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

REFERENCIAS

- Albayati, T. M. y Jassam, A. A. A. (2019). Synthesis and characterization of mesoporous materials as a carrier and release of prednisolone in drug delivery system. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, 53, 101176. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jddst.2019.101176>
- Albukhari, S. M., Salam, M. A. y Abukhadra, M. R. (2021). Effective retention of inorganic Selenium ions (Se (VI) and Se (IV)) using novel sodalite structures from muscovite; characterization and mechanism. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 120, 116–126. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jtice.2021.02.026>
- Awad, A. M., Shaikh, S. M. R., Jalab, R., Gulied, M. H., Nasser, M. S., Benamor, A. y Adham, S. (2019). Adsorption of organic pollutants by natural and modified clays: A comprehensive review. *Separation and Purification Technology*, 228, 115719. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.seppur.2019.115719>
- Awual, Md. R., El-Safty, S. A. y Jyo, A. (2011). Removal of trace arsenic(V) and phosphate from water by a highly selective ligand exchange adsorbent. *Journal of Environmental Sciences*, 23(12), 1947–1954. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1001-0742\(10\)60645-6](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1001-0742(10)60645-6)
- Bacelo, H., Pintor, A. M. A., Santos, S. C. R., Boaventura, R. A. R. y Botelho, C. M. S. (2020). Performance and prospects of different adsorbents for phosphorus uptake and recovery from water. *Chemical Engineering Journal*, 381, 122566. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cej.2019.122566>
- Buzetzký, D., Nagy, N. M. y Kónya, J. (2017). Use of La-, Ce-, Y-, Fe-bentonites for removing phosphate ions from aqueous media. *Periodica Polytechnica Chemical Engineering*, 61(1), 27–32. <https://doi.org/10.3311/PPCh.9871>
- Eden, C. L. y Daramola, M. O. (2021). Evaluation of silica sodalite infused polysulfone mixed matrix membranes during H₂/CO₂ separation. *Materials Today: Proceedings*, 38, 522–527. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.02.393>
- Guaya, D., Cobos, H., Camacho, J., López, C. M., Valderrama, C. y Cortina, J. L. (2022). LTA and FAU-X Iron-Enriched Zeolites: Use for Phosphate Removal from Aqueous Medium. In *Materials* (Vol. 15, Issue 15). <https://doi.org/10.3390/ma15155418>
- Guaya, D., Cobos, H., Valderrama, C. y Cortina, J. L. (2022). Effect of Mn²⁺/Zn²⁺/Fe³⁺ Oxy(Hydroxide) Nanoparticles Doping onto Mg-Al-LDH on the Phosphate Removal Capacity from Simulated Wastewater. In *Nanomaterials* (Vol. 12, Issue 20). <https://doi.org/10.3390/nano12203680>
- Guaya, D., Jiménez, R., Sarango, J., Valderrama, C. y Cortina, J. L. (2021). Iron-doped natural clays: Low-cost inorganic adsorbents for phosphate recovering from simulated urban treated wastewater. *Journal of Water Process Engineering*, 43, 102274. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2021.102274>
- Guaya, D., Maza, L., Angamarca, A., Mendoza, E., García, L., Valderrama, C. y Cortina, J. L. (2022). Fe³⁺/Mn²⁺ (Oxy)Hydroxide Nanoparticles Loaded onto Muscovite/Zeolite Composites (Powder, Pellets and Monoliths): Phosphate Carriers from Urban Wastewater to Soil. *Nanomaterials*, 12(21). <https://doi.org/10.3390/nano12213848>
- Guaya, D., Valderrama, C., Farran, A., Armijos, C. y Cortina, J. L. (2015). Simultaneous phosphate and ammonium removal from aqueous solution by a hydrated aluminum oxide modified natural zeolite. *Chemical Engineering Journal*, 271, 204–213. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2015.03.003>
- Guaya, D., Valderrama, C., Farran, A. y Cortina, J. L. (2016). Modification of a natural zeolite with Fe(III) for simultaneous phosphate and ammonium removal from aqueous solutions. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 91(6), 1737–1746. <https://doi.org/10.1002/jctb.4763>
- Guaya, D., Valderrama, C., Farran, A. y Cortina, J. L. (2017). Simultaneous nutrients (N,P) removal by using a hybrid inorganic sorbent impregnated with hydrated manganese oxide. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 5(2), 1516–1525. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2017.02.030>
- Hosseini, S., Moghaddas, H., Masoudi Soltani, S. y Kheawhom, S. (2020). Technological Applications of Honeycomb Monoliths in Environmental Processes: A review. *Process Safety and Environmental Protection*, 133, 286–300. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.psep.2019.11.020>
- Karimi, L. y Salem, A. (2011). The role of bentonite particle size distribution on kinetic of cation exchange capacity. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 17(1), 90–95. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2010.12.002>
- Khan, F. y Ansari, A. A. (2005). Eutrophication: an ecological vision. *The Botanical Review*, 71(4), 449–482.
- Kumar, M. M. y Jena, H. (2022). Direct single-step synthesis of phase pure zeolite Na–P1, hydroxy sodalite and analcime from coal fly ash and assessment of their Cs⁺ and Sr²⁺ removal efficiencies. *Microporous and Mesoporous Materials*, 333, 111738. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2022.111738>
- Liang, X., Zang, Y., Xu, Y., Tan, X., Hou, W., Wang, L. y Sun, Y. (2013). Sorption of metal cations on layered double hydroxides. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 433, 122–131. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2013.05.006>
- McCrary, M. H. (2011). *Standard methods for the examination of water and wastewater (12th ed.)*.

- Moharami, S. y Jalali, M. (2013). Removal of phosphorus from aqueous solution by Iranian natural adsorbents. *Chemical Engineering Journal*, 223, 328–339. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cej.2013.02.114>
- Reitzel, K., Andersen, F. Ø., Egemose, S. y Jensen, H. S. (2013). Phosphate adsorption by lanthanum modified bentonite clay in fresh and brackish water. *Water Research*, 47(8), 2787–2796. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.watres.2013.02.051>
- Robben, L. y Gesing, T. M. (2013). Temperature-dependent framework–template interaction of $\text{In}_6(\text{H}_2\text{O})_8[\text{ZnPO}_4]_6$ sodalite. *Journal of Solid State Chemistry*, 207, 13–20. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jssc.2013.08.022>
- Shanableh, A. M. y Elsergany, M. M. (2013). Removal of phosphate from water using six Al-, Fe-, and Al-Fe-modified bentonite adsorbents. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 48(2), 223–231. <https://doi.org/10.1080/10934529.2012.717820>
- Valderrama, C., Barios, J. I., Caetano, M., Farran, A. y Cortina, J. L. (2010). Kinetic evaluation of phenol/aniline mixtures adsorption from aqueous solutions onto activated carbon and hypercrosslinked polymeric resin (MN200). *Reactive and Functional Polymers*, 70(3), 142–150. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.reactfunctpolym.2009.11.003>
- Verstraete, W., Van de Caveye, P. y Diamantis, V. (2009). Maximum use of resources present in domestic “used water.” *Bioresource Technology*, 100(23), 5537–5545. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.05.047>
- Weber, W.J. y Morris, J. C. (1963). Kinetics of adsorption carbon from solutions. *Journal Sanitary Engineering Division Proceedings. American Society of Civil Engineers*, 89, 31–60.
- Yeoman, S., Stephenson, T., Lester, J. N. y Perry, R. (1988). The removal of phosphorus during wastewater treatment: A review. *Environmental Pollution*, 49(3), 183–233. [https://doi.org/10.1016/0269-7491\(88\)90209-6](https://doi.org/10.1016/0269-7491(88)90209-6)
- Yin, H., Yang, C., Jia, Y., Chen, H. y Gu, X. (2018). Dual removal of phosphate and ammonium from high concentrations of aquaculture wastewaters using an efficient two-stage infiltration system. *Science of the Total Environment*, 635, 936–946. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.218>
- Zamparas, M., Gianni, A., Stathi, P., Deligiannakis, Y. y Zacharias, I. (2012). Removal of phosphate from natural waters using innovative modified bentonites. *Applied Clay Science*, 62–63, 101–106. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2012.04.020>

Riesgo biológico asociado al tratamiento de aguas residuales: caso de estudio usando la metodología BIOGAVAL

María Fernanda Cuenca-Lozano¹, Mayra Fernanda Espinosa Armijos¹, Diana Guaya¹

¹Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador

Autor para correspondencia: mfcuenca70@utpl.edu.ec

Recibido: 24/01/23 Aprobado: 24/04/23

DOI: <https://doi.org/10.26621/ra.v1i28.874>

RESUMEN

Como antecedentes se puede comentar que en las aguas residuales están presentes muchos microorganismos patógenos y peligrosos para la salud; algunos de los identificados son los virus, bacterias, hongos, protozoos y helmintos. En el proceso de tratamiento de aguas residuales, los trabajadores de las plantas podrían estar expuestos a estos patógenos y a problemas graves de salud. Los objetivos de este estudio son: definir los agentes biológicos, determinar el nivel de riesgo biológico mediante la cuantificación de variables propuestas por el método y analizar la metodología BIOGAVAL, su factibilidad y las ventajas de su aplicación. Se utiliza la metodología BIOGAVAL, creada para actividades en las cuales no se manipulan deliberadamente agentes biológicos, como es el caso de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR). Esta metodología utiliza variables como las siguientes: determinación de los puestos a evaluar, identificación del agente biológico implicado, cuantificación de las variables determinantes del riesgo, clasificación del daño, vía de transmisión, tasa de incidencia del año anterior, vacunación, frecuencia de realización de tareas de riesgo, medidas higiénicas adoptadas, cálculo del nivel de riesgo biológico e interpretación de los niveles de riesgo biológico. Las principales conclusiones muestran que los agentes microbiológicos peligrosos se originan a partir de los vertidos que descargan los establecimientos y actividades cercanas. Para la aplicación, se definen los siguientes microorganismos: *Escherichia Coli*, *Salmonella spp*, *Shigella spp* y *Áscaris Lumbricoides*. El nivel del riesgo se determina como "aceptable". La metodología BIOGAVAL se plantea como una alternativa práctica, útil y de bajo costo; se considera factible su aplicación en actividades sin intención deliberada de manipulación de agentes biológicos, frente a métodos cuantitativos de muestreo bacteriológico en aire o superficies, así como frente a la detección de bioaerosoles.

Palabras clave: agua residual, riesgo laboral, riesgo biológico, metodología BIOGAVAL

ABSTRACT

In wastewater are present many microorganisms that are pathogenic and dangerous to health; among some of those identified are viruses, bacteria, fungi, protozoa, and helminths. In the process of wastewater treatment, the workers of the plants could be exposed to these pathogens and serious health problems. The objectives of this study are to define the biological agents, determine the level of biological risk by quantifying the variables proposed by the method and analyze the BIOGAVAL methodology, its feasibility, and the advantages of its application. The BIOGAVAL methodology is used, which has been created for activities in which biological agents are not deliberately handled, as is the case of wastewater treatment plants (WWTP). This methodology uses variables such as the following: determination of the jobs to be evaluated, identification of the biological agent involved, quantification of the variables determining the risk, classification of the damage, transmission route, incidence rate of the previous year, vaccination, frequency of performing risk tasks, hygienic measures adopted, calculation of the biological risk level and interpretation of the biological risk levels. The principal conclusions show that hazardous microbiological agents originate from discharges from nearby establishments and activities. For the application, the following microorganisms are defined: *Escherichia Coli*, *Salmonella spp*, *Shigella spp*, and *Áscaris Lumbricoides*. The risk level is determined as "acceptable". The BIOGAVAL methodology is proposed as a practical, useful, and low-cost alternative; it is considered feasible its application in activities without the deliberate intention of handling biological agents, against quantitative bacteriological sampling methods in air or surfaces, as well as against the detection of bioaerosols.

Keywords: wastewater, biological risk, BIOGAVAL methodology

María Fernanda Cuenca-Lozano  orcid.org/0000-0002-3734-7695

Mayra Fernanda Espinosa Armijos

Diana Guaya  orcid.org/0000-0002-5872-7208



INTRODUCCIÓN

En las aguas residuales están presentes muchos microorganismos patógenos y peligrosos para la salud; entre algunos de los identificados están los virus, bacterias, hongos, protozoos y helmintos. En el proceso de tratamiento de aguas residuales, los trabajadores de las plantas podrían estar expuestos a estos patógenos y a problemas graves de salud. Factores como la fuente, las propiedades fisicoquímicas, el volumen de las aguas residuales o el funcionamiento de la planta de tratamiento pueden influir en la presencia y la concentración de microorganismos (Amoah et al., 2022)

Las acciones que se realizan en las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) han sido el foco de atención en los últimos años debido a la contaminación de los recursos hídricos y a la escasez inminente del recurso (Ba-Alawi et al., 2020). El crecimiento de la población, la urbanización y la falta de saneamiento hacen difícil la tarea de mantener el agua segura y limpia. El cambio climático se considera otro factor importante; las variaciones en la temperatura del aire superficial y en los patrones de precipitación influyen, por ejemplo, en las concentraciones de *Escherichia coli* en aguas superficiales (Iqbal et al., 2019). Adicionalmente, en las dos últimas décadas, las investigaciones se han enfocado en el estudio de la gestión del agua y de las aguas residuales, generando datos alarmantes respecto a la escasez del agua y su relación con factores como el aumento de la población y las prácticas industriales y agrícolas (Demirel et al., 2022).

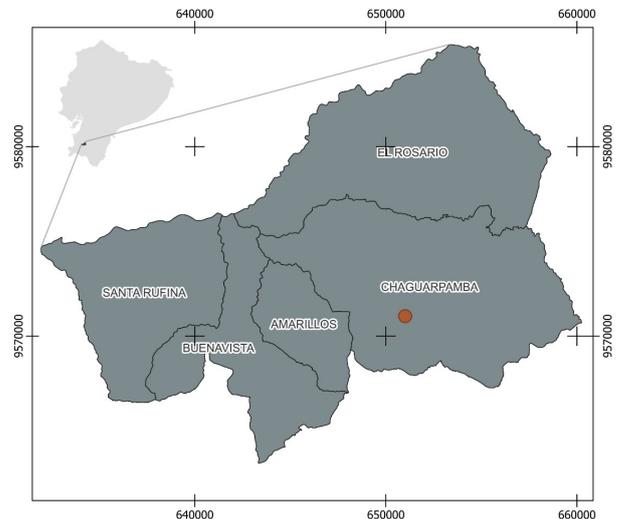
Otros enfoques se centran en la evaluación de los riesgos para la salud de los trabajadores de las PTAR; para ello, existen metodologías cuantitativas y cualitativas que determinan el nivel del riesgo. En la práctica, conseguir este objetivo es particularmente difícil debido a la gran variedad de agentes patógenos presentes en las aguas residuales, la exposición de cada proceso, la probabilidad de infección y la susceptibilidad de los trabajadores, aspectos que también se ven influenciados por la infectividad del patógeno, su concentración y el tiempo de exposición (Amoah et al., 2022). Para el análisis de los factores antes mencionados, se presenta un estudio de caso en una planta de tratamiento de aguas residuales ubicada en el cantón Chaguarpamba, al norte de la provincia de Loja, en la región sur de Ecuador. Entre los antecedentes del lugar de estudio, se indica la falta de cobertura del alcantarillado, que se convierte en un foco de contaminación, en altas proporciones, para los cuerpos de agua y las actividades agropecuarias (G. A. D Municipal Chaguarpamba, 2019). La metodología BIOGAVAL se aplica convencionalmente para la estimación del riesgo laboral en actividades en las que hay una exposición no intencionada a microorganismos. En este tipo de actividades, se desaconseja el muestreo bacteriológico rutinario y sistemático del aire, superficies, mobiliario, suelos, etc., por su alto coste y baja eficacia; además, este tipo de muestreo solo aporta datos sobre puntos concretos y en un momento determinado, lo cual no permite que se adapten a otros ambientes y situaciones (Instituto Valenciano de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2018). Sobre la valoración de los riesgos laborales, el Ministerio de Relaciones Labores de Ecuador ofrece, entre sus herramientas, una matriz que incluye los distintos riesgos para una evaluación global del puesto de trabajo. En esta evaluación se incluyen los riesgos biológicos; sin embargo, no se identifica una metodología específica. Por ende, en el presente trabajo se considera que la metodología BIOGAVAL es la adecuada para este tipo de actividades. Particularmente, este estudio plantea, a partir de la definición de los agentes biológicos y la determinación del nivel de riesgo biológico, el análisis de esta metodología, la factibilidad de su aplicación y las ventajas de su uso como alternativa práctica, útil y de bajo costo.

MÉTODOS

Lugar de estudio

La evaluación de riesgo biológico se realizó en la planta de tratamiento de agua residual del cantón Chaguarpamba, ubicado al sur del Ecuador, en la provincia de Loja (Figura 1).

Figura 1. Localización del lugar de estudio



Se realizó el análisis del personal que labora en la PTAR tomando en cuenta las actividades que realizan durante las jornadas de trabajo, el nivel de exposición y la frecuencia con la que intervienen durante el tratamiento de agua residual. En conformidad con la metodología BIOGAVAL (Instituto Valenciano de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2018) sobre agentes biológicos y enfermedades en instalaciones depuradoras de agua, se tomaron como referencia los informes microbiológicos reportados. De esta manera, fue posible considerar los organismos centinela, que son los que habitualmente se encuentran en las actividades a evaluar. Posteriormente, se valoró el agente en función del riesgo de infección y de propagación según la clasificación de microorganismos establecida en el Real Decreto 664/97. Para la determinación de las vías de ingreso de microorganismos, se puntuaron las indirectas y directas con puntuación de (1) y la vía aérea con puntuación de (2). Si en algún caso, para uno de los organismos en estudio, se encontraron varias vías de transmisión, los puntajes se sumaron para obtener la puntuación correcta. En una PTAR no existe una intención deliberada de manejar agentes biológicos por parte de los operadores y/o trabajadores durante el desarrollo de actividades. Por lo tanto, la tasa de incidencia en actividades sanitarias se calcula con la Ecuación 1. De esta forma, se relaciona el número de casos nuevos de una enfermedad en un intervalo de tiempo determinado con el riesgo de contagio en la población en estudio.

$$\text{Tasa de incidencia} = \frac{\text{Casos nuevos en el período considerado}}{\text{Población expuesta}} \times 100 \quad \text{Ec. 1}$$

La tasa de incidencia de una enfermedad se calculó en función de la información provista por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), la Dirección Epidemiológica del Ecuador y el Ministerio de Salud Pública, empleando la puntuación de acuerdo con la tasa de incidencia por cada 100 000 habitantes.

La vacunación se constituye como otra variable que permite cuantificar el riesgo biológico de los trabajadores, tomando en cuenta el porcentaje de personal vacunado frente a un agente biológico al que se encuentra expuesto. Para ello, se tomó información de Talento Humano y se realizaron entrevistas personales a cada uno de los trabajadores.

El registro de actividades de cada trabajador se utilizó como instrumento para evaluar el tiempo de exposición a los agentes biológicos en estudio; se consideraron exclusivamente aquellas tareas que son propias de la PTAR según la frecuencia de su realización.

Para la variable de medidas higiénicas, a través de recorridos por la PTAR, se validó con el personal operativo el uso de las herramientas, procedimientos y equipos que emplean en sus tareas. Se realizaron entrevistas al personal, a los técnicos y al director de Obras Públicas usando el formulario de la BIOGAVAL, un cuestionario de 42 ítems sobre medidas higiénicas, con el fin de recabar información sobre la adopción de medidas para minimizar riesgos biológicos. Finalmente, la Ecuación 2 permitió cuantificar en porcentaje las medidas adoptadas por la institución.

$$\text{Porcentaje} = \frac{\text{Respuestas afirmativas}}{\text{Respuestas afirmativas} + \text{Respuestas negativas}} \times 100 \quad \text{Ec. 2}$$

Cálculo del Nivel de Riesgo Biológico

El nivel de riesgo biológico al que están expuestos los trabajadores de la PTAR del GAD municipal de Chaguarpamba se calculó en función de la Ecuación 3. Se utilizó esta ecuación considerando los parámetros obtenidos en la investigación *in situ*, como se expone en la metodología.

$$R = G + T + P + F + V - MH \quad \text{Ec. 3}$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir del fundamento de la metodología BIOGAVAL, complementada con los resultados de laboratorio de la empresa, los organismos encontrados en la PTAR del GAD municipal de Chaguarpamba, causantes de enfermedades en los trabajadores, son, principalmente, *Escherichia Coli*, *Shigella spp*, *Salmonella* y *Áscaris lumbricoides*.

Se clasificaron los microorganismos en función del riesgo de infección. Por lo tanto, *Escherichia Coli*, *Shigella spp*, *Salmonella spp* y *Áscaris Lumbricoides* obtuvieron una puntuación de 2 debido a su peligrosidad, pues podrían causar una enfermedad y constituir un peligro para los trabajadores si bien el riesgo de propagación es poco probable.

La valoración de la forma de propagación de los microorganismos con los que se trabajó en el estudio se realizó a partir de los análisis de laboratorio de la PTAR.

Según la información recabada, *Escherichia Coli* es un microorganismo transmitido por vía directa de tipo oral, al ingerir alimentos y agua contaminados; sin embargo, su transmisión también puede darse por vía indirecta. *Shigella spp*, *Salmonella spp* y *Áscaris Lumbricoides* se transmiten, por lo general, por ingerir comida o agua contaminada y por contacto con una persona infectada.

Considerando que la población ecuatoriana está constituida por 17 781 537 habitantes, de acuerdo con los datos del registro de la Dirección Epidemiológica referente al agua, se identificó que en el año 2021 *Shigella spp* y *Salmonella spp* fueron los agentes biológicos responsables del mayor número de casos. Por otra parte, a través del

Ministerio de Salud Pública del Ecuador, se valoró también la incidencia de *Escherichia Coli* y *Áscaris Lumbricoides*.

En cuanto a la variable de vacunación, se conoció que los trabajadores no cuentan con un esquema completo de vacunas frente a todos los agentes biológicos analizados en este estudio. Por tanto, el riesgo biológico de los trabajadores es inminente si no se utilizan medidas higiénicas adecuadas. Sin embargo, se identificó que el 100 % de los trabajadores están vacunados contra la hepatitis A y el tétanos.

Así mismo, se analizaron las actividades que se realizan en los diferentes puestos de trabajo en relación con el contacto con los agentes biológicos durante la jornada laboral, sin considerar el tiempo dedicado a otras actividades que no implican exposición a los microorganismos. Así, se obtuvo información del tiempo destinado a las diversas actividades relacionadas con sus labores y de la frecuencia de exposición a los agentes biológicos. Para ello, se consideraron jornadas laborales de ocho horas diarias.

A través del cuestionario de la metodología BIOGAVAL, se analizó el grado de adecuación de las instalaciones de la PTAR, los procedimientos de buenas prácticas y la disponibilidad o ausencia de equipos de protección personal, como elementos para determinar el porcentaje de cumplimiento de las medidas higiénicas propuestas. En este sentido, se obtuvo un porcentaje menor al 50 %, lo que hace referencia a la inexistencia de protocolos que permitan garantizar la salud de los trabajadores en la PTAR. Finalmente, se determinó el nivel de riesgo biológico (R) al que están expuestos los trabajadores según sus actividades diarias en la PTAR (Tabla 1). Para ello, se consideraron las variables a las que se ha hecho referencia previamente.

Tabla 1. Resultados obtenidos de la aplicación de la metodología BIOGAVAL en los diferentes puestos de trabajo

Puesto a evaluar	Agente biológico	G	T	P	F	V	Mh	R
Operadores	<i>Escherichia coli</i>	2	2	1	3	1	0	7
	<i>Shigella spp</i>	2	2	1	3	1	0	7
	<i>Salmonella spp</i>	2	1	2	3	1	0	7
	<i>H. Ascaris lumbricoides</i>	2	2	2	3	1	0	8
Laboratorista	<i>Escherichia coli</i>	2	2	1	2	1	0	6
	<i>Shigella spp</i>	2	2	1	2	1	0	6
	<i>Salmonella spp</i>	2	1	2	2	2	0	5
	<i>H. Ascaris lumbricoides</i>	2	2	2	2	1	0	7
Técnico ambiental	<i>Escherichia coli</i>	2	2	1	2	1	0	6
	<i>Shigella spp</i>	2	2	1	2	1	0	6
	<i>Salmonella spp</i>	2	1	2	2	2	0	5
	<i>H. Ascaris lumbricoides</i>	2	2	2	2	1	0	7
Técnico de OOPP	<i>Escherichia coli</i>	2	2	1	1	1	0	5
	<i>Shigella spp</i>	2	2	1	1	1	0	5
	<i>Salmonella spp</i>	2	1	2	1	2	0	4
	<i>H. Ascaris lumbricoides</i>	2	2	2	1	1	0	6
Director de OOPP	<i>Escherichia coli</i>	2	2	1	1	1	0	5
	<i>Shigella spp</i>	2	2	1	1	1	0	5
	<i>Salmonella spp</i>	2	1	2	1	2	0	4
	<i>H. Ascaris lumbricoides</i>	2	2	2	1	1	0	6

Nota: G: Grupo del agente biológico; T: Vía de Transmisión; P: Probabilidad de contacto; F: Frecuencia de realización de tareas de riesgo; V: Vacunación; MH: Medidas Higiénicas

El estudio determina que los operadores son los trabajadores que se encuentran mayormente expuestos a estos agentes biológicos; el parámetro de cálculo es de 7 y 8 según cada microorganismo (Tabla 1), lo que se considera como un riesgo aceptable. Sin embargo, frente a este escenario, es importante tomar medidas de tipo preventivo, así como reducir el tiempo de exposición de los trabajadores antes, durante y después de los procesos en la PTAR. Esta metodología ha sido utilizada en otros estudios; Bolaños-Miguez y Escobar-Segovia (2022) señalan un nivel de riesgo biológico (R) para los agentes biológicos más comunes en tratamiento de aguas residuales, como *Leptospira interrogans*, virus de la hepatitis A, virus de la hepatitis B y SARS-CoV-2, igual y superior al nivel de acción biológica (CAB, por sus siglas en inglés), e inferior al nivel límite de exposición biológica (BEL, por sus siglas en inglés). En el estudio realizado en el cantón Chaguarpamba no se considera el SARS-CoV-2 para el análisis, pues la evidencia muestra que son necesarias pruebas que permitan evaluar el riesgo de propagación del virus a través de aguas residuales (Zarei et al., 2018). Algunos estudios han determinado la ineffectividad del SARS-CoV-2 en estas aguas; se han detectado fragmentos de ARN del virus que no se consideran una vía de transmisión del contagio y, aunque esto depende de factores de resistencia y temperatura de estos microorganismos, debido a la evidencia existente, este microorganismo no se asume como un riesgo para los trabajadores (Anand et al., 2022).

Otros estudios realizan una comparativa entre la metodología BIOGAVAL y el método GTC 45 y muestran una correlación positiva perfecta ($Rho=1.00$) en las variables de cumplimiento de las medidas higiénicas-nivel de deficiencia, así como en el nivel de exposición-frecuencia de realización de las actividades. Por otro lado, la determinación del nivel de incidencia-nivel de probabilidad no muestra una correlación significativa ($Rho = 0.103$). En definitiva, no existe correlación significativa ($Rho = 0.468$) entre el método BIOGAVAL y el método GTC 45 (Velásquez y Leal, 2019). La falta de protocolos y de aplicación de las medidas higiénicas se observa en las actividades de la PTAR de Chaguarpamba; este nivel de deficiencia señala la necesidad de implementación de protocolos con medidas preventivas eficientes.

Una de las problemáticas frente a la determinación del nivel del riesgo en actividades con exposición a agentes biológicos, debido a que está desaconsejado el muestreo bacteriológico rutinario y sistémico del aire o superficies por los altos costos y el grado de eficacia, es que los resultados no pueden extrapolarse al resto de ambientes o a otras situaciones, ya que son datos sobre puntos específicos (Instituto Valenciano de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2018). En una evaluación cuantitativa del riesgo microbiano (QMRA, por sus siglas en inglés), para estimar el riesgo para la salud del adenovirus humano (HAdV) por exposición a bioaerosoles en una planta de tratamiento de aguas residuales, se utiliza un modelo estocástico; sin embargo, aunque los agentes patógenos se detectan directamente, se indica que los métodos analíticos más utilizados para este fin son los biomoleculares (Carducci et al., 2018). Otras metodologías proponen la recolección de bioaerosoles en los trabajadores durante un periodo de tiempo determinado mediante muestreadores personales y fijos en una nave con cámara de rejilla y en una zona de tanques de aireación (Lu et al., 2020). Los métodos mencionados anteriormente se evalúan como de alto costo. A esto se suma la afirmación de que los microorganismos cultivables no son una sola entidad, es decir, se convierten en mezclas complejas; en cuanto a los bioaerosoles, la susceptibilidad del trabajador y el agente biológico influyen en la respuesta frente a estos. Además, se afirma que no es posible valorar todos los componentes de un bioaerosol con un solo método de muestreo y sobre las concentraciones, pues los datos son insuficientes (Instituto Valenciano de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2018). La información pone en evidencia la factibilidad de la uti-

lización de metodologías prácticas como la BIOGAVAL, que resultan útiles para la valoración del riesgo biológico, así como para orientar medidas preventivas y de control que requieran poco tiempo y tengan costos bajos. Por otro lado, con el fin de obtener resultados confiables, se consideran necesarios conocimientos previos y práctica en la materia para la aplicación de la metodología.

CONCLUSIONES

A partir de la determinación del nivel del riesgo biológico mediante la aplicación de la metodología, se muestra que los agentes microbiológicos peligrosos se originan a partir de los vertidos que descargan los establecimientos y actividades cercanas. Para la aplicación, se analizaron los microorganismos *Escherichia Coli*, *Salmonella spp*, *Shigella spp* y *Áscaris Lumbricoides*. El nivel del riesgo se determina como "aceptable". La metodología BIOGAVAL se plantea como una alternativa práctica, útil y de bajo costo; por tanto, se considera factible su aplicación en actividades sin intención deliberada de manipulación de agentes biológicos, como es el caso del tratamiento de aguas residuales, frente a métodos cuantitativos de muestreo bacteriológico en aire o superficies. Asimismo, se considera como alternativa frente a la detección de bioaerosoles, considerando que no es posible valorar todos los componentes de un bioaerosol con un solo método de muestreo, lo cual implica procedimientos costosos. La metodología ofrece la aplicación de variables pensadas para obtener resultados con fines preventivos, según la determinación del nivel de riesgo biológico, y para la evaluación de enfermedades transmisibles en los trabajadores y las trabajadoras. Se debe considerar la importancia de los conocimientos previos en la materia para evitar la subjetividad en la aplicación. Finalmente, la metodología ofrece herramientas para estructurar e implementar medidas de control frente a los riesgos biológicos.

Agradecimientos: Gad Municipal de Chaguarpamba de la Provincia de Loja.

Contribución de los autores: Conceptualización, Cuenca-Lozano; metodología, Cuenca - Lozano; validación, Cuenca - Lozano; análisis formal, Guaya, Cuenca - Lozano; investigación, Espinosa, Cuenca-Lozano; recursos, Espinosa, Cuenca - Lozano; curación de datos, Espinosa, Cuenca - Lozano; redacción y preparación del borrador original, Guaya, Cuenca - Lozano; redacción, revisión y edición Guaya, Cuenca - Lozano; visualización, Guaya, Cuenca - Lozano; adquisición de financiación, Cuenca - Lozano. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del documento". También se sugiere consultar la taxonomía CRediT para ver la explicación del término. La autoría, así como el orden en que figuran, debe limitarse a aquellos que hayan contribuido al artículo presentado.

Fuente de financiamiento: Esta investigación fue financiada por

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

REFERENCIAS

Amoah, I. D., Kumari, S. y Bux, F. (2022). A probabilistic assessment of microbial infection risks due to occupational exposure to wastewater in a conventional activated sludge wastewater treatment plant. *Science of The Total Environment*, 843, 156849. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156849>

- Anand, U., Li, X., Sunita, K., Lokhandwala, S., Gautam, P., Suresh, S., Sarma, H., Vellingiri, B., Dey, A., Bontempi, E. y Jiang, G. (2022). SARS-CoV-2 and other pathogens in municipal wastewater, landfill leachate, and solid waste: A review about virus surveillance, infectivity, and inactivation. *Environmental Research*, 203, 111839. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111839>
- Ba-Alawi, A. H., Ifaei, P., Li, Q., Nam, K., Djeddou, M. y Yoo, C. (2020). Process assessment of a full-scale wastewater treatment plant using reliability, resilience, and econo-socio-environmental analyses (R2ESE). *Process Safety and Environmental Protection*, 133, 259–274. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.psep.2019.11.018>
- Bolaños-Miguez, E. y Escobar-Segovia, K. (2022). Evaluation of risk levels due to exposure to biological agents during the process of collecting household urban solid waste; [Evaluación de los niveles de riesgo por exposición a agentes biológicos durante el proceso de recolección de residuos sólidos urb. *Proceedings of the LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology, 2022-July*. <https://doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.32>
- Carducci, A., Donzelli, G., Cioni, L., Federigi, I., Lombardi, R. y Verani, M. (2018). Quantitative microbial risk assessment for workers exposed to bioaerosol in wastewater treatment plants aimed at the choice and setup of safety measures. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(7). <https://doi.org/10.3390/ijerph15071490>
- Demirel, D. F., Gönül-Sezer, E. D. y Pehlivan, S. A. (2022). Analyzing the wastewater treatment facility location/network design problem via system dynamics: Antalya, Turkey case. *Journal of Environmental Management*, 320, 115814. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115814>
- Instituto Valenciano de Seguridad y Salud en el Trabajo. (2018). *Manual práctico para la evaluación del riesgo biológico en actividades laborales diversas. Biogaval - NEO*.
- Iqbal, M. S., Islam, M. M. M. y Hofstra, N. (2019). The impact of socio-economic development and climate change on E. coli loads and concentrations in Kabul River, Pakistan. *Science of The Total Environment*, 650, 1935–1943. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.347>
- Lu, R., Frederiksen, M. W., Uhrbrand, K., Li, Y., Østergaard, C. y Madsen, A. M. (2020). Wastewater treatment plant workers' exposure and methods for risk evaluation of their exposure. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 205, 111365. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111365>
- G. A. D Municipal Chaguarpamba, C. (2019). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Chaguarpamba*.
- Velásquez, Z. R. C. y Leal, P. R. (2019). Comparative study of methods for the valoration of biological risk; [Comparación de métodos utilizados en la valoración del riesgo biológico]. *Revista de La Asociación Española de Especialistas En Medicina Del Trabajo*, 28(2), 91 – 108. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85074034240&partnerID=40&md5=3d638456aab9991e1a24e5e621c73b79>
- Zarei, A., Biglari, H., Mobini, M., Dargahi, A., Ebrahimzadeh, G., Narooie, M. R., Mehrizi, E. A., Yari, A. R., Mohammadi, M. J., Baneshi, M. M., Khosravi, R. y Poursadeghiyan, M. (2018). Disinfecting poultry slaughterhouse wastewater using copper electrodes in the electrocoagulation process. *Polish Journal of Environmental Studies*, 27(4), 1907 – 1912. <https://doi.org/10.15244/pjoes/78150>

Diseño y fabricación de cuenca transfemoral de contención isquiática para prótesis de miembro inferior mediante el uso de tecnologías disruptivas

Amaury José Pino¹, Carmen María Bernal², Liliana Gavidia², Rosanna Elodith Diaz³

¹ Universidad Simón Bolívar-Caracas, Venezuela

² Universidad Internacional de Valencia, España

³ Universidad de Los Andes, Venezuela

* Autor para correspondencia: 16-90461@usb.ve

Recibido: 2022/10/07

Aprobado: 2023/03/14

DOI: <https://doi.org/10.26621/ra.v1i28.857>

RESUMEN

La alta incidencia de reportes sobre amputados de extremidad inferior que no tienen acceso a una prótesis y el uso de tecnologías disruptivas como alternativa a los problemas que acarrea la técnica tradicional de construcción de estos dispositivos han sido las principales motivaciones de la presente investigación. Se establecieron dos objetivos: desarrollar una cuenca o socket de contención isquiática que podrá ser utilizada en una prótesis de miembro inferior para un paciente amputado transfemoral, haciendo uso de fabricación digital (escáner, *software* CAD-CAM e impresora 3D FDM), y estudiar su viabilidad como método alternativo a las tecnologías tradicionales, lo cual permitirá ofrecer soluciones que incrementen la asequibilidad y accesibilidad de este tipo de dispositivos protésicos. A efectos de lo anterior, se realizó una revisión bibliográfica y se determinó una metodología para el proyecto, combinando la sucesión secuencial de acciones y la iteración de determinadas fases con retroalimentación, enfatizando la parametrización y las simulaciones, realizadas para asegurar un correcto diseño. Todo ello se enfocó en un caso clínico de paciente con amputación transfemoral; de esta forma, a partir de un archivo digital escaneado del muñón residual, se modeló y fabricó un encaje específico para el amputado y se simuló tres casos de carga crítica (choque de talón, apoyo medio y despegue). Por último, se llevó a cabo una evaluación y pruebas anatómicas en el paciente; se determinó que es posible fabricar cuencas transfemorales anatómicas de contención isquiática para prótesis de miembro inferior empleando tecnologías disruptivas.

Palabras clave: prótesis, tecnologías disruptivas, socket, contención isquiática, impresión 3D

ABSTRACT

-The high incidence of reports on lower extremity amputees who do not have access to a prosthesis and the use of disruptive technologies as an alternative to the problems caused by the traditional construction technique of these devices were the main motivations for this research. The objectives defined were to develop an ischial containment socket that can be used in a lower limb prosthesis for a transfemoral amputee patient, using digital manufacturing (scanner, CAD-CAM software, and 3D FDM printer), and to study its feasibility as an alternative method to traditional technologies which will allow offering solutions that increase affordability and accessibility for this type of prosthetic device. To achieve this, a bibliographical review was carried out and a methodology was followed in this project, with a sequence of actions and the iteration of certain phases with feedback, making emphasis on the parameterization and the simulations, carried out to ensure the correct design.

Amaury José Pino  orcid.org/0000-0001-6623-1707

Carmen María Bernal  orcid.org/0000-0003-2034-3038

Liliana Gavidia  orcid.org/0000-0002-9874-0386

Rosanna Elodith Diaz  orcid.org/0000-0002-1366-7424



It all focused on a clinical case of a patient with transfemoral amputation: a personalized socket was modeled and manufactured from a digital file scanned from the residual stump of the amputee, and three critical load cases (heel strike, mid-support, and take-off) were simulated. Finally, an anatomical evaluation and tests were carried out on the patient, determining that it is possible to manufacture anatomical transfemoral sockets for ischial containment for lower limb prostheses using disruptive technologies.

Keywords: prosthesis, disruptive technologies, socket, ischial containment, 3D printing

INTRODUCCIÓN

La Organización Mundial de la Salud (OMS), en su conjunto de normas ortoprotésicas (2017), estima que, actualmente, solo una de cada diez personas que necesita ayudas técnicas prioritarias, incluidas las prótesis y órtesis, tiene acceso a ellas. La situación es aún más desfavorable para los países de bajos y medios ingresos económicos (LMIC, por sus siglas en inglés), donde se estima que el 64 % de las personas viven con amputaciones a causa de traumatismos por accidentes de tránsito, lesiones por conflictos, infecciones o defectos de nacimiento no tratados, según un estudio reciente de Iniciativa Clinton de Acceso a la Salud (2020). Además, este estudio indica que la mayoría de las amputaciones realizadas cada año son de miembros inferiores, lo que representa más del 60 % de los 1.5 millones anuales; por consiguiente, este proyecto se centra en las prótesis de miembro inferior.

De acuerdo con la International Organization for Standardization (ISO, 2020, 8549-1), los dispositivos protésicos dan solución no solo a una limitación física, sino que también aumentan la independencia y contribuyen al bienestar, autodeterminación y participación en la sociedad de las personas que los utilizan.

La Iniciativa Clinton de Acceso a la Salud (2020) determinó que las principales barreras a las que se enfrentan los amputados de los países LMIC son financieras y logísticas, puesto que hay pocas unidades de servicios protésicos y la mayoría de la población proviene del medio rural, por lo que deben cubrir altos costos indirectos para acceder al servicio. Además, la fabricación tradicional de esta clase de dispositivos requiere diferentes tipos de equipos y maquinaria, tales como hornos, succión al vacío, taladros y otros, tanto para confeccionar el encaje que se amolda al muñón como para ensamblar la prótesis completa; por lo tanto, es difícil establecer nuevas unidades de producción ortoprotésica.

Bajo esta perspectiva, este proyecto se enfocó en el uso de las tecnologías disruptivas como alternativa para el desarrollo de dispositivos que podrían contribuir a ampliar la oferta de componentes protésicos para ser utilizados en la producción de prótesis completas o de sus partes, mejorando así la calidad de vida de las personas. En el campo de la protésica, estas tecnologías se centran en sustituir la maquinaria pesada por herramientas digitales, como escáneres, teléfonos móviles, ordenadores portátiles o impresoras 3D, con el fin de reducir costes y utilizar archivos digitales que subsanen las dificultades logísticas, especialmente en la fabricación de encajes adaptados al miembro residual del paciente.

Los primeros vestigios del uso de escáner y diseño asistido por computador (CAD, por sus siglas en inglés) para diseñar un encaje se sitúan en la década de los 90, cuando Rogers et al. (1991), realizando sus primeros proyectos mediante la tecnología de manufactura aditiva *selective laser sintering* (SLS por sus siglas en inglés), construyeron moldes utilizando un sistema CAD patentado y herramientas de fresado y vacío en el Centro de Ciencias de la Salud de la Universidad de Texas, en San Antonio.

Simultáneamente, Rogers et al. (1991) realizaron investigaciones con la impresión por estereolitografía (SLA, por sus siglas en inglés); sin embargo, años más tarde, Freeman y Wontorcik (1998), tras construir dos encajes utilizándola, concluyeron que en ese momento los costes eran demasiado altos para su funcionalidad. Poco tiempo después, autores como Lee et al. (1998) exploraron el modelado por deposición fundida del material (FDM, por sus siglas en inglés) y, en particular, más adelante, el uso de impresión 3D de baja gama, que también fue considerado en proyectos de Herbert et al. (2005) y de Faustini et al. (2006).

Con base en esta información, varios autores (Vargas, 2018; Murillo et al., 2019; López-Gualdrón et al., 2020; Pazmiño-Armijos et al., 2019), propusieron metodologías muy similares que aglutinaban todas las técnicas digitales, es decir, reconstrucción anatómica por escáner, modelado y simulación CAD/CAE/CAM y fabricación por FDM, SLA o SLS. Sin embargo, en los casos de estudio llevados a cabo por estos autores, así como por Velásquez (2018) y Gallardo (2018) no se deja constancia de la factibilidad de emplear las tecnologías disruptivas para el desarrollo específico de sockets de contención isquiática.

El objetivo fundamental de este proyecto consiste en demostrar la factibilidad y el proceso tecnológico conducente al desarrollo de una cuenca de contención isquiática para un paciente con amputación transfemoral, mediante el uso de tecnologías de manufactura aditiva o impresión 3D, específicamente del tipo de modelado por deposición fundida (FDM), y empleando materiales poco estudiados para estos fines, como el ácido poliláctico (PLA) y el termoplástico poliuretano (TPU). La finalidad es generar un modelo alternativo que permitirá incrementar la accesibilidad a los dispositivos protésicos para pacientes que requieran este tipo de interfaces anatómicas.

MÉTODOS

El tipo de investigación llevado a cabo fue tecnológico experimental, enfocado en el uso de tecnologías de impresión 3D y escáneres digitales para crear un socket específicamente diseñado para adaptarse a las necesidades del paciente. Basado en un caso clínico con amputación transfemoral, este proyecto se ha llevado a cabo entre Venezuela y España durante el año 2021 y parte del 2022. La metodología propuesta en el proyecto combinó la sucesión secuencial de acciones y la iteración de determinadas fases que requieren retroalimentación, enfatizando la parametrización directa en el paciente y las simulaciones, realizadas para asegurar un correcto diseño.

Para la elaboración del encaje se realizó, en primer lugar, la caracterización del paciente y el escaneo digital del muñón, estableciendo los requisitos o necesidades a satisfacer; seguidamente, se hizo el modelado del encaje y un análisis del comportamiento mecánico. Por último, se fabricó un prototipo y se realizaron pruebas funcionales en el paciente.

Materiales, equipos y softwares empleados

Los materiales empleados en la investigación fueron los siguientes:

Materias primas. Poliuretano termoplástico (TPU) y ácido poliláctico (PLA).

Softwares. Meshmixer, Ultimaker Cura y SolidWorks Simulation.

Maquinaria y equipos. Escáner 3D portátil, modelo 3D Scanner Pro de XYZ printing, e impresora 3D-FDM, modelo Creality CR10S.

Caso de estudio

Paciente masculino de 58 años con amputación transfemoral y muñón blando de longitud media. El paciente convive con la amputación desde 2018, utiliza muletas y su estilo de vida se clasificó dentro del nivel K2 descrito por Medicare (DMERC, 1994, pp. 95-145). De acuerdo con sus características y caracterización paramétrica (Figura 1), se seleccionó un encaje de contención isquiática.



Figura 2. Escaneo digital del miembro residual del paciente



Figura 1. Caracterización paramétrica del paciente

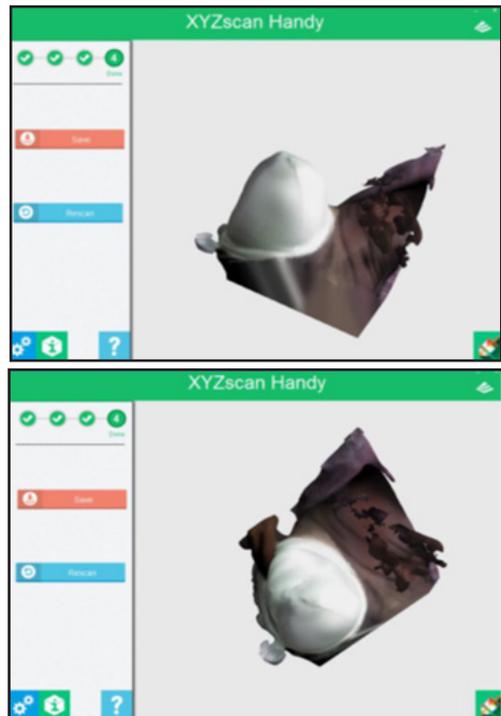


Figura 3. Imagen tridimensional del miembro residual (escaneado 3D)

Desarrollo del encaje

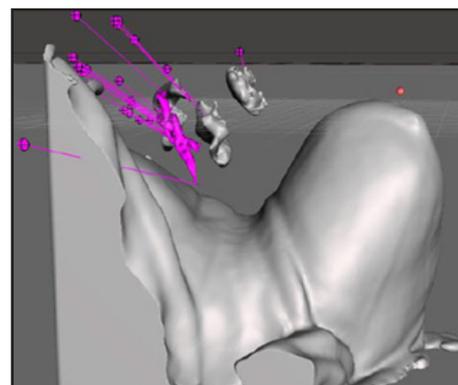
Reconstrucción tridimensional

Mediante el uso de un escáner tridimensional 3D portátil, se realizó un barrido de la superficie del muñón amputado en el paciente (Figura 2). Es importante destacar que este procedimiento no es invasivo, por lo que no representó ningún riesgo para el paciente. A través de este proceso se obtuvo una imagen tridimensional sin procesar del miembro residual del paciente (Figura 3). Fue necesario poner un calcetín protésico suave —calcetín protésico Knit Rite A-Plus— con el fin de homogeneizar la superficie física y generar el volumen final sobre el cual se desarrolló el diseño.

Modelado

Preparación del miembro residual

Una vez importada la superficie al entorno CAD (Meshmixer), se realizó una depuración del modelo tridimensional inspeccionando las interferencias e irregularidades del escaneo (Figura 4). Se suavizaron aquellas zonas que no se correspondían fielmente con la realidad y se determinó el área de la malla virtual de la geometría del muñón que serviría como modelo de referencia.



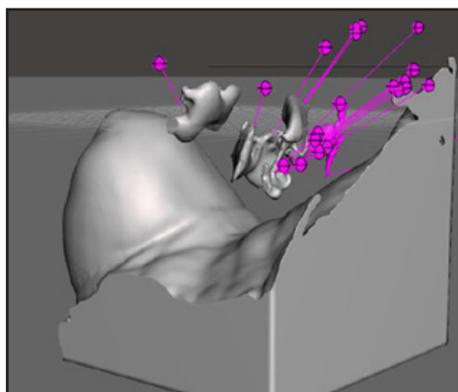


Figura 4. Proceso de depuración de imperfecciones del archivo digital

Posteriormente, se configuró el modelo virtual de acuerdo con los planos anterior, medial y superior (5.a) y se aisló el miembro residual del resto de superficies innecesarias para el diseño. Para ello, como se puede apreciar en la Figura 5, primero se eliminaron las interferencias e irregularidades del escaneo (5.b). Seguidamente, se seleccionó la superficie del muñón y se separó de la pelvis, creando independencia entre ellas y ocultando esta última (5.c). Luego, se inspeccionó la superficie y se cerró completamente (5.d). A continuación, se examinó la reconstrucción visualmente y se suavizaron aquellas zonas que no se correspondían fielmente con la realidad, como las arrugas finales del calcetín o la sujeción de la parte superior (5.e). Por último, se creó la malla virtual de la geometría del muñón que serviría como modelo de referencia para el modelado del liner y el socket (5.f).

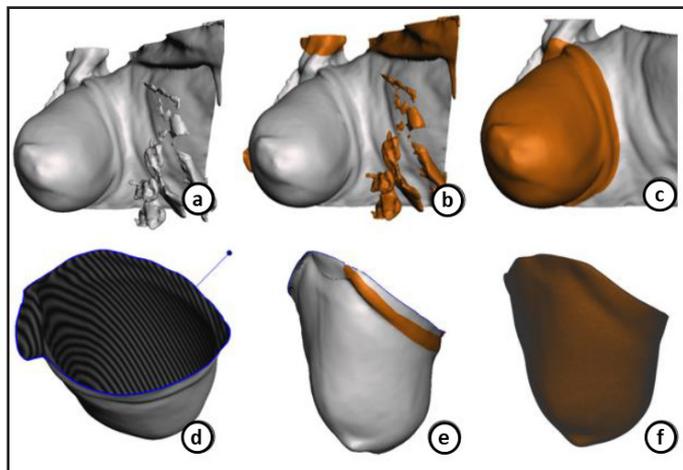


Figura 5. Proceso de preparación del miembro residual

Modelado del liner y encaje

El proceso de diseño del liner y del encaje van íntimamente ligados; muchos de los pasos realizados son comunes, por lo que se explican en la misma sección.

A continuación, siguiendo la referencia del miembro residual, se modeló el encaje. Este se dividió en dos partes, un marco flexible capaz de proporcionar al paciente la comodidad y el amortiguamiento necesario. En el intento de realizar un liner lo más similar posible a uno comercial para el sistema de succión, se incorporaron en la zona media del liner tres anillos de sellado para mejorar el vacío con el encaje protésico (Figura 6.d).

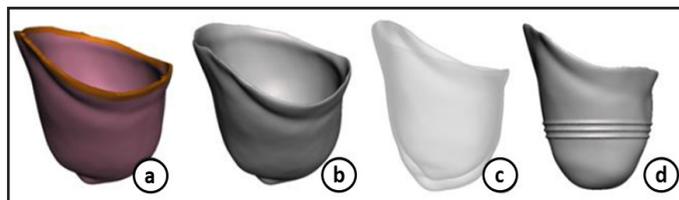


Figura 6. Proceso de modelado del liner protésico

La Figura 7 refleja el modelado de dos prototipos de marcos rígidos para la transmisión y distribución vectorial del peso del paciente.

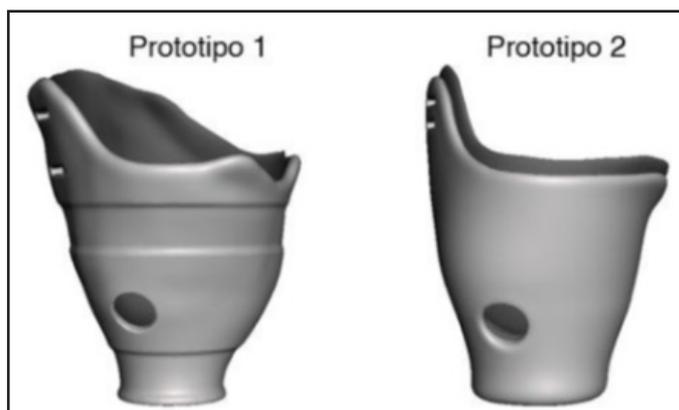


Figura 7. Proceso de modelado del liner protésico

En el diseño del prototipo 2 o prototipo definitivo del proyecto, se tomaron en cuenta varios aspectos a corregir observados en las pruebas del prototipo 1. Estos aspectos se muestran en el proceso de la Figura 8; se tomó en cuenta la alineación con el resto de la prótesis, considerando 5° en el plano sagital para compensar la contractura muscular del paciente (verificada durante la caracterización clínica) y, además, se realizó un incremento de material en las caras internas medial y lateral con el propósito de generar una pretensión en los músculos y encauzar el fémur en el apoyo medio, conforme a los estudios de Müller (2016). Su contorno se definió de acuerdo con los parámetros recogidos por Arévalo (s.f.) y la zona comprendida entre la cabeza del fémur y la espina iliaca anterosuperior (EIAS) se rotó 5° en el plano frontal para cerrar la superficie, ajustándola así a la anatomía del amputado a fin de evitar que se separe con el peso del paciente y que se genere inestabilidad durante su marcha.

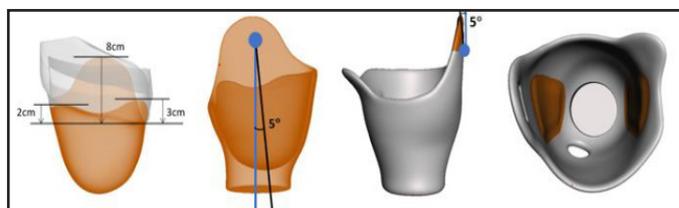


Figura 8. Principales modificaciones realizadas en el prototipo 2

Simulación

El ciclo de marcha es un proceso dinámico. Se optó por tres estudios estáticos que aglutinasen las situaciones de carga más críticas producidas durante la marcha: las fases de choque de talón, apoyo medio y despegue, como lo describieron Zhang et al. (2013). En este caso, se empleó un modelo simplificado del encaje rígido.

Material (valores para simulación)

Se usó como material PLA de impresión 3D, con las propiedades que se pueden observar en la Tabla 1; se asumió como material isotrópico elástico lineal, dado que su comportamiento plástico no era de interés.

Tabla 1. Propiedades definidas PLA. Villar (2019)

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	3300	MPa
Coefficiente de Poisson	0.39	N/D
Módulo cortante	318.9	MPa
Densidad de masa	1240	kg/m3
Límite de tracción	47	MPa
Límite de compresión	66	MPa
Límite elástico	55	MPa

Condiciones de contorno

Se estableció una sujeción de geometría fija en la cara distal inferior representando el adaptador que se colocaría en dicha cara.

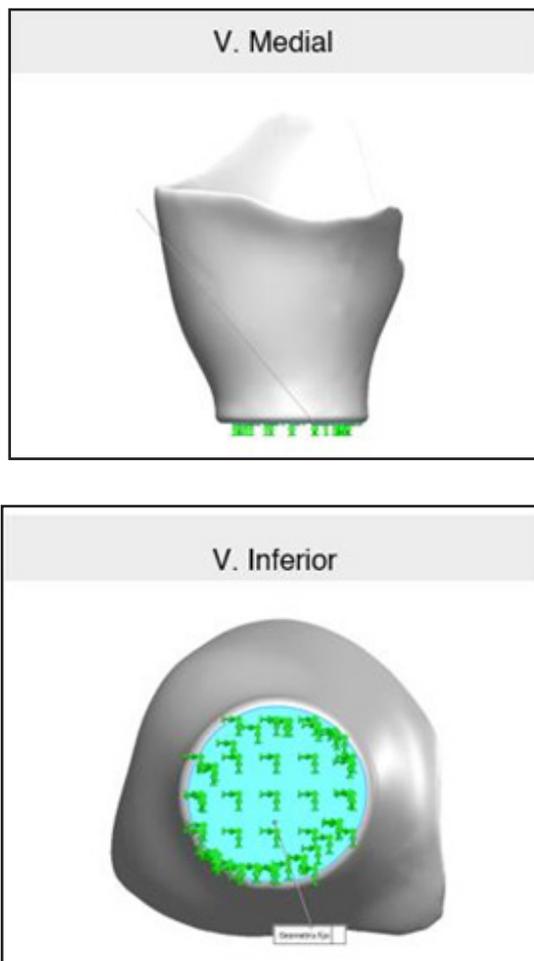


Figura 9. Condiciones de contorno definidas en la simulación desde una vista medial e inferior

Cargas

Se incluyó una presión de contacto de 3.9 kPa en las zonas distal, medial y lateral (Figura 10.a) y una presión media de 0.9 kPa en el resto de la superficie (Figura 10.b); se tomó como guía el estudio de Surapureddy (2016).

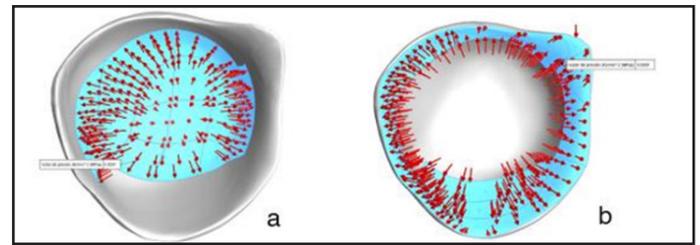


Figura 10. Presiones de contacto establecidas en la simulación desde una vista superior

Por otra parte, se aplicaron las cargas relativas al ciclo de marcha, como se ha mencionado. En la fase de apoyo medio, se asumió que todo el peso era soportado por la pierna amputada y, por tanto, la fuerza establecida fue de 1000 N (se consideró un peso de 100 kg para mayor seguridad). Además, según la teoría, la carga en esta fase debía ser asumida por la parte proximal del encaje, por lo que la fuerza se distribuyó en el primer tercio del encaje, tal y como indica Arévalo (2021). Por el contrario, la Figura 11 muestra cómo en la fase de choque de talón y despegue se consideró la mitad del peso del paciente y, por ende, una fuerza de 500 N. En tales situaciones, la diferencia se produjo en la zona de aplicación, mientras que en la fase de choque de talón el peso se concentró en la cara posterior y en la fase de despegue, en la cara anterior.

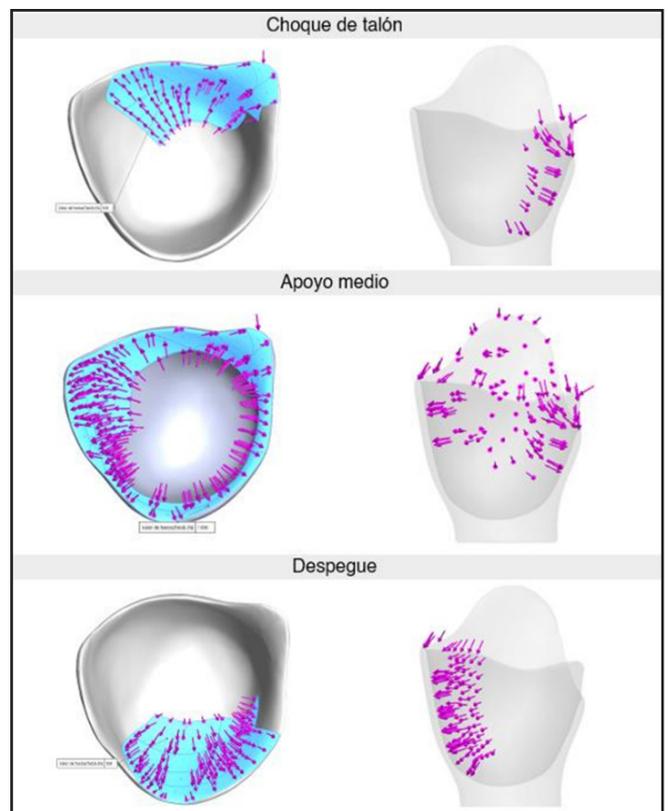


Figura 11. Condiciones de carga definidos para cada caso de estudio (choque de talón, apoyo medio y despegue)

Mallado

Se realizó un análisis de convergencia con el cual se definieron como tamaños de malla máximos 15 mm en la fase de apoyo medio y 30 mm en las fases de choque de talón y despegue. Asimismo, en todas las fases se aplicó un control de mallado de 4.33 mm en las zonas que requerían mayor precisión.

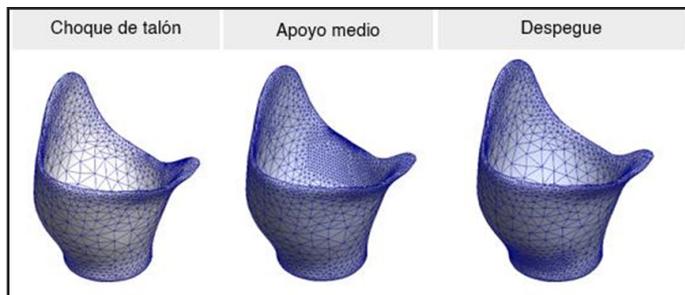


Figura 12. Malla definitiva empleada en caso de simulación (choque de talón, apoyo medio y despegue)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las secciones anteriores, se detallaron los materiales empleados y la metodología seguida para el desarrollo de una cuenca o socket para prótesis de miembro inferior, haciendo hincapié en el diseño y simulación del encaje. A continuación, se presentan los resultados obtenidos en el proyecto propuesto.

Resultados

Interfaz suave o liner impreso en 3D

Mediante el uso de una impresora FDM y termoplástico poliuretano (TPU), se logró imprimir una interfaz suave tipo liner, la cual se adaptó perfectamente al contorno anatómico del miembro residual del paciente, ofreciendo una adaptación flexible y suave; sin embargo, sus características no demostraron condiciones antideslizantes como las que tienen las interfaces fabricadas en materiales siliconados. Igualmente, cuando se colocó dentro del socket rígido, no demostró tener características propicias para generar succión o vacío mediante el uso de la válvula de vacío instalada en el socket. En la Figura 13 se puede observar el liner o interfaz suave impreso en 3D antes de ser posicionado dentro del socket rígido, como se muestra en la Figura 15.

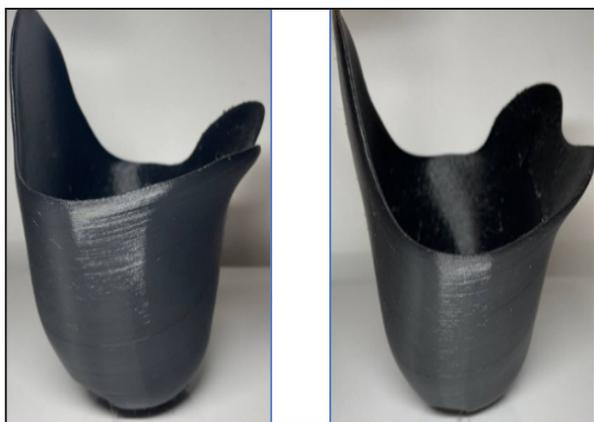


Figura 13. Interfaz suave tipo liner impresa en 3D mediante el uso de TPU

Encaje o socket

En la Figura 14 se exponen los dos prototipos de sockets fabricados en PLA mediante impresoras 3D de modelado por deposición fundida (FDM por sus siglas en inglés), en correspondencia con los diseños propuestos de manera iterativa. La Figura 15 demuestra el producto definitivo, conformado por el montaje del socket de contención isquiática y la interfaz suave tipo liner impresa en TPU; ambos elementos se corresponden anatómicamente con el muñón amputado y se integran perfectamente, ya que han sido modelados secuencialmente, con un origen común en la malla modelada del miembro residual del paciente.



Figura 14. Prototipos de encaje fabricados (sin componente flexible), prototipo 1 (izquierda) y prototipo 2 (derecha)



Figura 15. Ensamble final del socket en PLA y el liner en TPU fabricados mediante impresión 3D FDM



Figura 17. Pruebas anatómicas sedestación

Resultados de las pruebas anatómicas en paciente

Durante el modelado y fabricación del socket se llevó a cabo un proceso interactivo, que consistió en verificar holguras, tolerancias y ajustes anatómicos de los prototipos. Para todos los casos se verificó que la geometría propuesta cumpliera con el soporte o apoyo de contención isquiática y se comprobó que la tuberosidad isquiática del paciente realizase el contacto previsto con el músculo esquelético. La fidelidad de las pruebas de validación del prototipo se enfocó en pruebas ejecutadas directamente al paciente, con el apoyo del personal clínico (médico traumatólogo), en una interacción íntima paciente-doctor. Se tomaron como premisas las pruebas físicas, mediante la colocación de la interfaz suave directamente en el muñón residual (Figura 16), la sedestación (Figura 17) y la bipedestación (Figura 18), así como las pruebas cualitativas, con encuestas o preguntas dirigidas directamente al paciente durante el desarrollo de cada una de las pruebas físicas. De esta manera, se determinó el nivel de confort y satisfacción del paciente, que manifestó sentirse cómodo con la interfaz suave y con la interfaz rígida (socket) con un ajuste anatómico suave tanto en la zona distal como proximal del muñón. Como aspecto relevante, se destaca que el paciente expresó no sentir molestia alguna en el área de contención isquiática, a pesar de su ubicación anatómica.



Figura 18. Pruebas anatómicas bipedestación



Figura 16. Pruebas anatómicas interfaz suave

Resultados del análisis de elementos finitos

Por otra parte, tras ejecutar el procedimiento de simulaciones estructurales del socket correspondiente al prototipo 2 (el cual fue el resultante), se obtuvieron los resultados de desplazamientos, tensiones de Von Mises y distribución del factor de seguridad en cada una de las fases del ciclo de la marcha destacadas en la Figura 19.

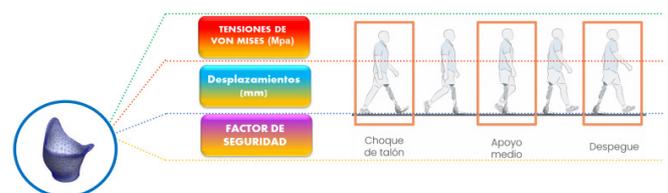


Figura 19. Fases evaluadas en las simulaciones estructurales

Choque de talón

La Figura 20 muestra los desplazamientos resultantes obtenidos tras la hipótesis de carga aplicada en la fase de choque de talón, desde tres vistas diferentes: anteromedial, posterolateral y superior. Así, se puede apreciar que los mayores desplazamientos se producen en el contorno medial, siendo máximos en la región isquiática ($URES = 0.203 \text{ mm}$); por el contrario, en la zona lateral son prácticamente nulos.

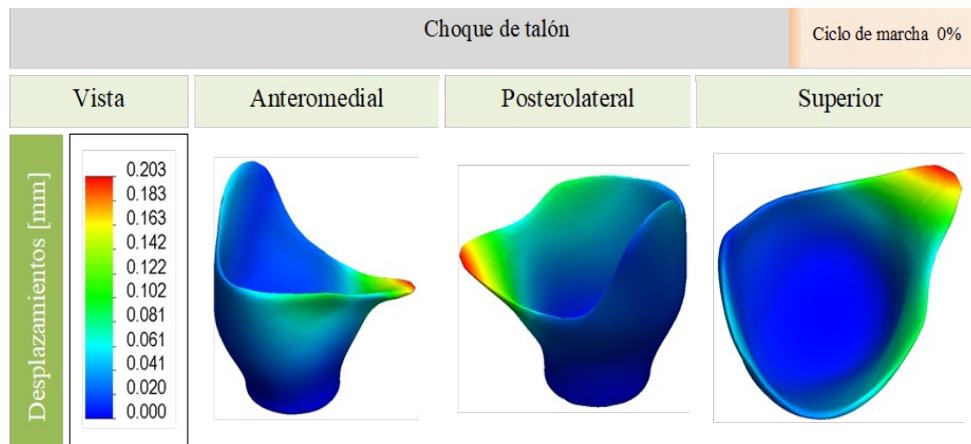


Figura 20. Desplazamientos resultantes [mm] en la fase choque de talón

En lo que concierne a las tensiones, en la Figura 21 se puede distinguir que los esfuerzos máximos ($\sigma_{VMmax}=2.67 \text{ MPa}$) se originaron en la parte posterior y se corresponden con la concentración de carga aplicada; estos no superaron el límite elástico del material.

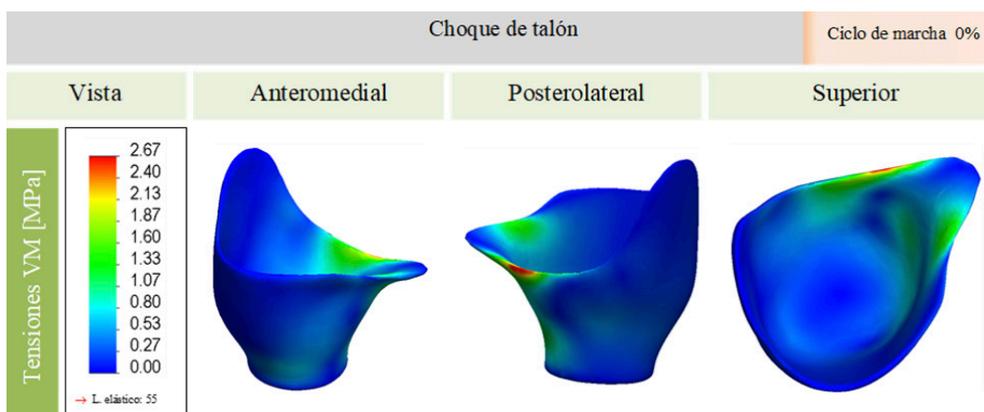


Figura 21. Tensiones VM [MPa] en la fase choque de talón

El factor de seguridad otorga una visión orientativa del peso máximo que podría superar la pieza suponiendo las mismas condiciones de carga. Un factor de seguridad inferior a 1 indica que el material ha fallado, valores iguales a 1 señalan que el material ha comenzado a fallar y, por tanto, valores superiores a 1 representan regiones seguras. Así, la cifra es el factor de multiplicación de la carga actual que provocaría el fallo. De acuerdo con este razonamiento, la distribución de seguridad reflejada en la Figura 22 garantiza la estabilidad de la pieza.

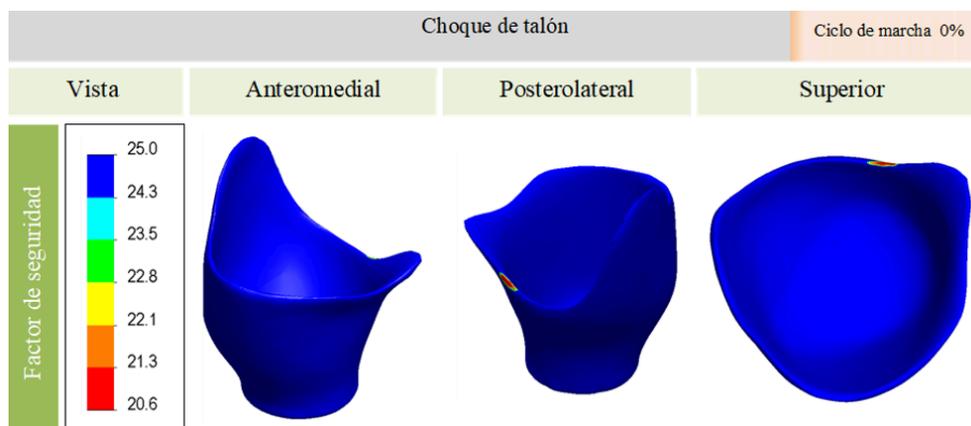


Figura 22. Distribución del FDS en la fase choque de talón

Apoyo medio

En la fase de apoyo medio se obtuvieron los desplazamientos presentados en la Figura 23. En esta ocasión, los desplazamientos más relevantes se observaron en la cara lateral del encaje y fueron máximos en el extremo más proximal, con un valor de 1.678 mm.

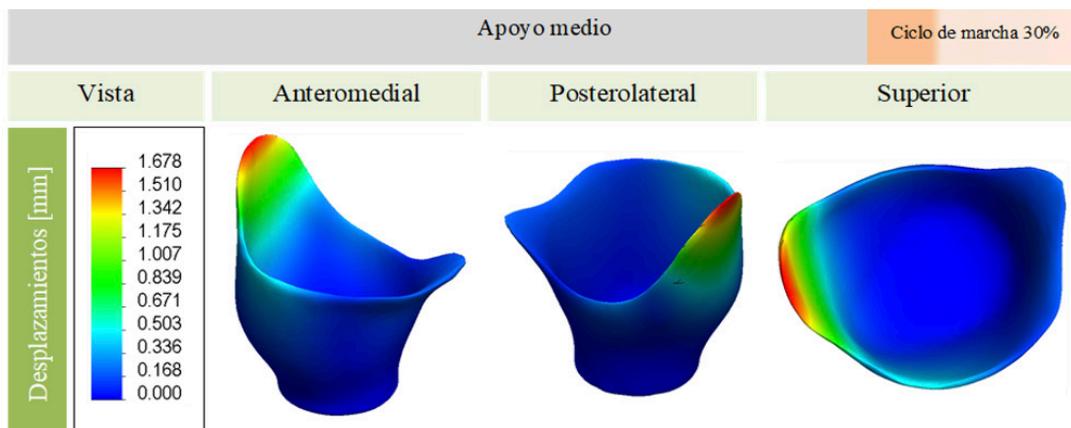


Figura 23. Desplazamientos resultantes [mm] en la fase apoyo medio

En la Figura 24 se puede comprobar que la base del anillo y el área de mando son las partes más afectadas por las tensiones. Los puntos de tensión máxima ($\sigma_{VM}=6.95$ MPa) se alcanzaron en los contornos posterior y anterior. Asimismo, el factor de seguridad fue superior a 1 en todo el encaje.

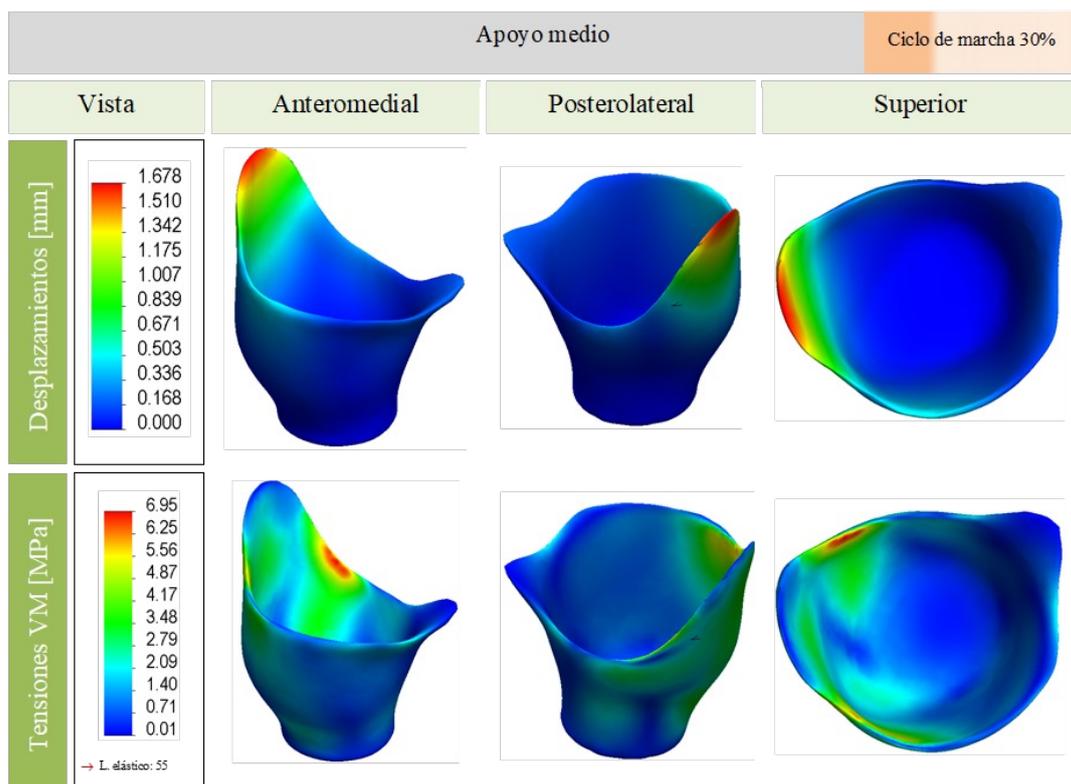


Figura 24. Tensiones VM [MPa] y FDS en la fase apoyo medio

Despegue

De forma similar a la fase de apoyo, los desplazamientos más elevados en la fase de despegue se generaron en el extremo lateral del encaje ($URES=0.255$ mm); sin embargo, el sentido de los vectores fue opuesto, como se aprecia en la deformada. Además, se distinguen también desplazamientos relevantes en la cara anterior y medial del componente protésico.

La concentración de cargas de la fase de despegue ocasionó las tensiones más significativas en la cara anterior del encaje, concretamente en la zona distal, con un valor de 1.92 MPa. Como se puede observar en la Figura 23, de nuevo, se superó ampliamente el estado límite del material, lo cual se verificó con la distribución del factor de seguridad mostrado.

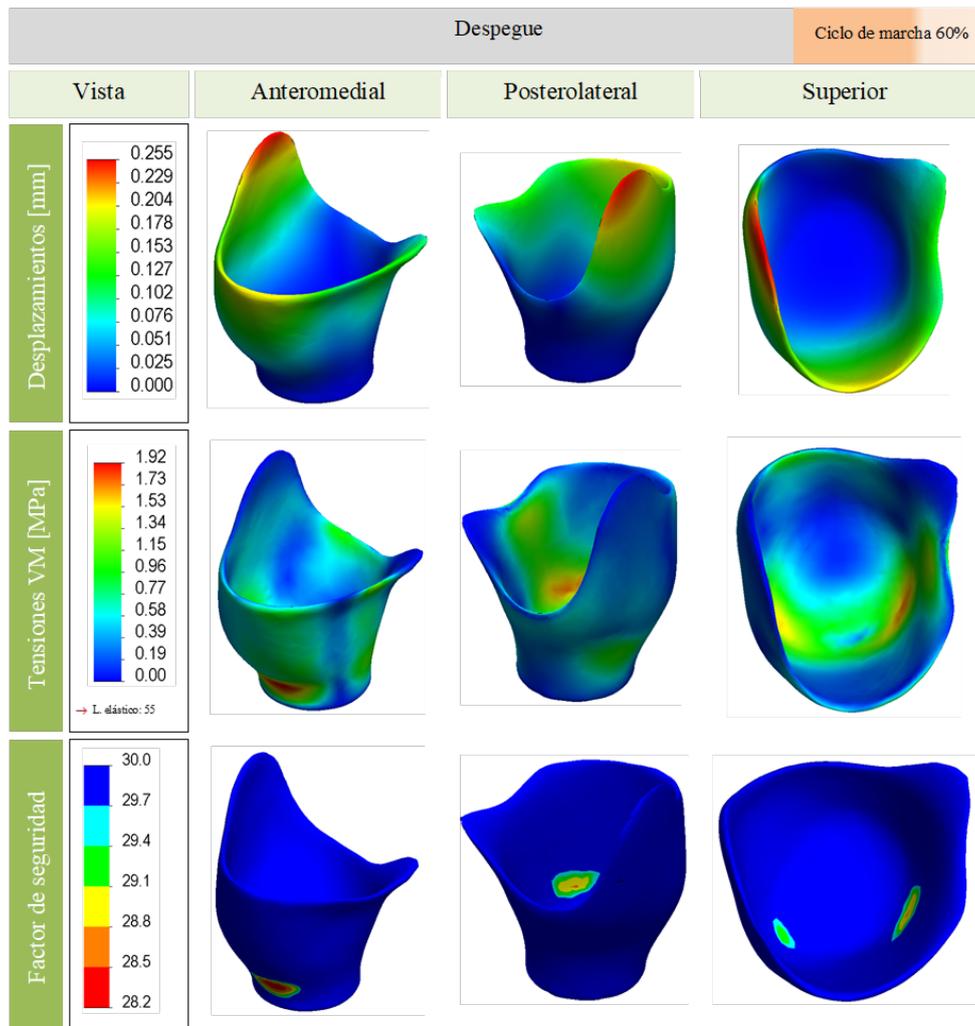


Figura 25. Desplazamientos [mm], tensiones VM [MPa] y FDS en la fase despegue

DISCUSIÓN

Este proyecto tuvo como objetivo evaluar la viabilidad de desarrollo de un socket o cuenca para un paciente con amputación transfemoral utilizando tecnologías disruptivas. Atendiendo a los resultados expuestos, es posible afirmar la factibilidad de desarrollar un socket o cuenca transfemoral de contención isquiática de miembro inferior empleando tecnologías innovadoras y utilizando métodos diferentes a las tecnologías convencionales. Además, se evitó la generación de desperdicios de material y la necesidad de procesos manuales o que involucrasen muchas horas de labor, así como el uso de productos químicos contaminantes, los cuales son utilizados en los procesos de fabricación convencionales de este tipo de dispositivos.

Estos resultados ponen de manifiesto la metodología propuesta por Vargas (2018) y Murillo (2019), en la que recomiendan el uso de escáner e impresoras de manufactura aditiva para la fabricación de los componentes protésicos, y coinciden con los trabajos en los que se pone en práctica este procedimiento (Vargas, 2018; López-Gualdrón et al., 2020; Velásquez, 2018; Gallardo, 2018; Pazmiño-Armijos et al., 2019). Sin embargo, en los trabajos descritos no se aborda de manera específica el desarrollo de un socket de contención isquiática o una interfaz suave tipo liner bajo el uso de tecnologías disruptivas. Por consiguiente, el escáner 3D, las impresoras 3D, los filamentos de PLA o ácido poliláctico y el TPU o poliuretano termoplástico son procedimientos, equipos y materiales poco estudiados

para el desarrollo de sockets transfemorales de contención isquiática.

En lo que concierne al encaje protésico y a la interfaz suave tipo liner, los resultados mostraron que ambos pudieron satisfacer de forma correcta su función. Por una parte, la caracterización tridimensional del miembro residual del paciente resultó satisfactoria para su posterior modelado, pese a que requiriese una depuración inicial de interferencias.

Por otro lado, la deformada que se apreció en los casos de estudio supuestos se correspondió con su predicción, de acuerdo con la ubicación de la concentración de cargas; por consiguiente, los modelos de simulación planteados se consideraron consistentes con la realidad.

Como podía esperarse, al ser la hipótesis con mayor peso, la fase de apoyo medio fue en la que se originaron mayores esfuerzos y desplazamientos. Como consecuencia de soportar la fuerza en el primer tercio del encaje, la parte lateral con menos sujeción fue la que tuvo el desplazamiento más elevado.

En las fases de choque de talón y despegue, los mayores esfuerzos se generaron en las zonas geométricas del diseño más susceptibles para la combinación de cargas establecida: la región isquiática y la región anterior distal, respectivamente. No obstante, el mayor desplazamiento en la fase de despegue, pese a no recibir fuerza, se ocasionó en la parte lateral a causa de la influencia del movimiento de la cara anterior.

Existen varias investigaciones (López-Gualdrón et al., 2020; Surapureddy et al., 2016; Steer et al., 2020; Henao et al., 2020; Vélez et al., 2015) centradas en el análisis de la interfaz muñón-encaje; sin embargo, los valores de tensión no son comparables a los del presente estudio dado que, al ser su prioridad el daño en el muñón, realizaron análisis más complejos, en los que la carga se aplicó de forma progresiva. No existen muchos trabajos que evalúen la capacidad de resistencia del encaje protésico, por lo que es difícil su comparativa, si bien los órdenes de magnitud (0.003 a 6.95 MPa) son similares al encaje transtibial (0.44 a 5.068 MPa), de acuerdo al análisis de Alvarado et al. (2020).

El comportamiento del material coincidió con las suposiciones de linealidad que fundamentaron el análisis, por lo que el error debido a las simplificaciones se trató como despreciable. Las tensiones alcanzadas resultaron muy por debajo de su límite elástico, lo que se atribuyó a la distribución de fuerza por toda la superficie seleccionada. El PLA demostró otorgar la rigidez suficiente para soportar el peso del paciente y, por tanto, podría ser empleado en la fabricación definitiva del encaje. Esta conclusión coincide con Alvarado et al. (2020), quienes recomiendan el PLA para un socket transtibial. No obstante, sería conveniente realizar un futuro estudio comparativo con otros materiales.

CONCLUSIONES

Una vez terminada la investigación, se logró concluir que es viable desarrollar una cuenca o socket transfemoral de contención isquiática, así como la interfaz suave tipo liner correspondiente para miembro inferior, mediante el empleo de las tecnologías disruptivas, es decir, usando escáneres 3D portátiles, impresoras 3D del tipo FDM y *softwares* CAD de modelado de mallas.

Para conseguir llegar a esta afirmación, se llevó a cabo una metodología secuencial combinada con procesos iterativos. Así, se desarrollaron dos prototipos.

El desarrollo del encaje final (prototipo 2) precisó dos iteraciones que conllevaron diferentes etapas, como la caracterización del paciente, la toma de decisiones, el diseño, la fabricación y las pruebas. Asimismo, se comprobó su funcionalidad con tres simulaciones en las que se tuvieron en cuenta tres casos de cargas críticas en la marcha de paciente.

Se demostró que es posible desarrollar este tipo de propuestas mediante procedimientos alternativos a los procesos convencionales, logrando realizar un trabajo colaborativo de manera digital. De esta forma, se estableció un precedente en el cual se comprobó que la tecnología disruptiva, además de contribuir a la disminución de desechos contaminantes y retrabajos o imprecisiones debidos al uso de herramientas o trabajos manuales, también puede potenciar el trabajo multidisciplinar y descentralizado. Esto último se demostró de forma práctica, pues el lugar en el que se realizó la caracterización del paciente fue diferente al lugar en el que se escaneó el muñón; asimismo, el modelado y la impresión 3D se hicieron en locaciones diferentes, estableciéndose un eje de trabajo internacional cuya área de influencia fue Venezuela y España.

Atendiendo a los resultados determinados, se establecieron las siguientes conclusiones secundarias:

- El diseño del encaje está muy influenciado por la caracterización adecuada del paciente y la evaluación de todas las necesidades.
- La alineación de los componentes respecto al miembro residual del paciente debe estar presente en todo el proceso de elaboración de la prótesis.

- La suposición de un estudio estático lineal es aceptable para un análisis preliminar de los esfuerzos.
- El filamento de PLA tiene la rigidez suficiente para ser empleado como material de construcción del encaje.
- El filamento TPU puede ser utilizado para desarrollar una interfaz suave, pero no demostró tener las propiedades de adherencia de los materiales especiales para estos fines, como los materiales siliconados.
- Las tecnologías disruptivas no solo tienen efecto en el trabajo a distancia, sino que también aportan otras ventajas, como la escalabilidad, la modularidad y una disminución considerable de residuos.

RECOMENDACIONES

Gracias a la experiencia adquirida en el desarrollo del proyecto, se establecen las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda realizar el escaneo del paciente en una posición lo más cercana posible a la bipedestación, para evitar deformaciones del miembro residual, y utilizar marcadores que permitan señalar las zonas anatómicas más relevantes. Asimismo, resulta beneficioso abarcar una superficie más amplia del cuerpo para contar con mayores referencias dimensionales.
- Es preciso evaluar las posibles contracturas del paciente y tenerlas en cuenta en el diseño del encaje para evitar una mala alineación de la prótesis que podría derivar en una posible hiperlordosis en el paciente.
- Se recomienda realizar estudios futuros que combinen el uso de imágenes MRI con imágenes del escáner 3D para generar algoritmos que puedan diferenciar el tejido suave del tejido duro. De esta manera, se podrán identificar más específicamente las áreas de apoyo isquiático, al observarse en las imágenes la tuberosidad isquiática.
- En lo relativo a la fabricación de prototipos, se aconseja utilizar un valor de relleno bajo (20 %) con el fin de reducir inicialmente el gasto de material. Por su parte, un filamento transparente facilita el estudio de la adaptabilidad anatómica del miembro residual al encaje.

Agradecimientos: agradecemos a Dios por permitirnos realizar esta investigación y obtener todos los recursos humanos y económicos necesarios para desarrollarla. Agradecemos al Grupo de Biomecánica Rehabilitación y Procesamiento de Señales de la Universidad Simón Bolívar (GBRPS-54) por su asistencia técnica para este proyecto. Agradecemos a la Coordinación del Doctorado Interdisciplinario en Ciencias de la Universidad Simón Bolívar por su asesoría académica en la estructuración de esta investigación y, por último, deseamos agradecer al licenciado Melvin Arévalo por sus valiosas orientaciones en el área de ortoprotésica.

Contribución de los autores: Conceptualización, Pino; metodología, Pino, Bernal, Gavidia; software, Bernal, Pino; validación, Pino, Bernal, Gavidia, Diaz; análisis formal, Pino, Bernal; investigación, Pino, Bernal; recursos, Pino, Bernal; redacción y preparación del borrador original, Bernal, Pino; redacción, revisión y edición, Pino, Bernal, Gavidia; adquisición de financiación, Pino, Bernal. Valoración clínica y parametrización del paciente, Diaz, Pino.

Fuente de financiamiento: Esta investigación no recibió financiamiento externo; se realizó con aportes económicos de Amaury Pino y Carmen Bernal y con los valiosos aportes académicos de Liliana Gavidia y Rosanna Diaz.

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

REFERENCIAS

- Alvarado, C. A., Vives, J. C., Del Valle, M., Diaz, M. A., Suarez, L. G. (2020). Modelado, optimización y simulación de estructuras impresas en 3d con pla y pet para fabricación de prótesis para pacientes de bajos recursos con amputación transtibial. *Rev. Ingeniería: Ciencia, Tecnología e Innovación. Julio - diciembre 2020. Vol. 7 / N.º 2*, pp. 113-127. <https://revistas.uss.edu.pe/index.php/ING/article/view/1496>
- Arévalo, M. (2021). *Fundamentos biomecánicos de la construcción y funcionamiento de la prótesis de miembro inferior*. Learning Prosthetics and Orthotics. <https://lpolatam.com/cursos/>
- Christensen, C. M. (1997). *The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail*. Boston, MA: Harvard Business School Press. <https://www.hbs.edu/faculty/Pages/item.aspx?num=46>
- DMERC. (1994). *Medicare Advisory Bulletin*, vol. 12, pp. 95-145.
- Faustini, M. C., Neptune, R. R., Crawford, R. H., Rogers, W. E. y Bosker, G. (2006). An experimental and theoretical framework for manufacturing prosthetic sockets for transtibial amputees. *IEEE Trans. neural Syst. Rehabil. Eng. a Publ. IEEE Eng. Med. Biol. Soc.*, vol. 14, (n.º 3), pp. 304-310. doi: 10.1109/TNSRE.2006.881570
- Freeman, D. y Wontorcik, L. (1998). Stereolithography and prosthetic test socket manufacture: A cost/benefit analysis, *JPO J. Prosthetics Orthot.*, vol. 10, (n.º 1), pp. 17-20. DOI:10.1097/00008526-199801000-00006
- Gallardo Riquelme, S. F. (2018). Diseño y Fabricación de Socket Transtibial para Prótesis de Extremidad Inferior Diseño y Fabricación de Socket Transtibial para Prótesis de Extremidad Inferior. *Univ. Concepción*, pp. 1-85.
- Gutiérrez Martínez, J. A. y Febles Estrada, A. (2020). Las tecnologías disruptivas y su aplicación en la medicina con vistas al 2030., *Rev. Cuba. Salud Pública*, vol. 45, p.e1563. <https://www.scielo-sp.org/article/rcsp/2019.v45n4/e1563/es/#>
- Henaó, S. C., Orozco, C. y Ramírez, J. (2020). Influence of Gait Cycle Loads on Stress Distribution at The Residual Limb/Socket Interface of Transfemoral Amputees: A Finite Element Analysis, *Sci. Rep.* vol. 10, (n.º 1), pp. 1-11, doi: 10.1038/s41598-020-61915-1.
- Herbert, N., Simpson, D., Spence, W. D. y Ion, W. A. (2005). Preliminary investigation into the development of 3-D printing of prosthetic sockets. *J. Rehabil. Res. Dev.*, vol. 42, (n.º 2).
- Iniciativa Clinton de Acceso a la Salud (2020), *Un panorama del mercado y un enfoque estratégico para incrementar el acceso a las prótesis y servicios relacionados en los países de bajos y medianos ingresos*, Reino Unido. <https://forms.gle/kQdJTR9uXRj8g5aYA>.
- International Organization for Standardization, (2020). *ISO 8549-1. Prótesis y órtesis – Vocabulario*. Parte 1: Términos generales para prótesis externas de extremidades y órtesis externas. Consultado en Noviembre 2021.
- Lee, P., Tan, K. C., Tam, K. F. y Lye, S. L. (1998). *Biomechanical evaluation of prosthetic sockets fabricated using fused depository method*. In The First National Symposium on Prosthetics and Orthotics, Singapore, 1998, pp. 41-42.
- López-Gualdrón, C. I., Bautista-Rojas, L. E. y Machuca-Gelvez, J. A. (2020). Reconstrucción 3D para el desarrollo de prótesis de miembro inferior. *Rev. UIS Ing*, vol. 19, (nº 1), pp. 73-85, doi: 10.18273/revuin.v19n1-2020007.
- McDonald, C. L., Westcott-McCoy, S., Weaver, M. R., Haagsma, J. y Kartin, D. (2020). Global prevalence of traumatic non-fatal limb amputation. *Prosthet. Orthot. Int.* doi: 10.1177/0309364620972258.
- Muller, M. D. (2016). Transfemoral Amputation: Prosthetic Management. *Atlas Amputations Limb Defic*, vol. 2, (n.º 46).
- Murillo, A. P., Martínez, J. M. y López, C. I. (2019). *PLM Strategy Definition in Product Development: Case Study on Lower Limb Sockets*. 5th International Conference on Modern Approaches in Science, Technology and Engineering. Berlín, Alemania. <https://www.dpublication.com/wp-content/uploads/2019/08/15-415STE.pdf>
- Normas de ortoprotésica de la OMS. (2017). *Parte 1. Normas [WHO standards for prosthetics and orthotics*. Part 1. Standards]. Ginebra: Organización Mundial de la Salud. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. <http://apps.who.int/iris>.
- Pazmiño-Armijos, A., Pozo-Safla, E., y Medina-Quintero, E. (2019). Obtención del modelo geométrico de unsocket para prótesis infantiles utilizando ingeniería inversa y modelamiento mediante software CAD. *Dominio de las Ciencias*, 5(2), 4-14. doi:http://dx.doi.org/10.23857/dc.v5i2.1072
- Rogers, W. E., Crawford, R. H., Beaman, J. J. y Walsh, N. E. (1991). *Fabrication of prosthetic socket by selective laser sintering*. International Solid Freeform Fabrication Symposium. University of Texas at Austin. <http://hdl.handle.net/2152/64331>
- Steer, J. W., Worsley, P. R., Browne, M. y Dickinson, A. (2020). Key considerations for finite element modelling of the residuum–prosthetic socket interface, *Prosthet. Orthot. Int.*, vol. 45, (n.º 2), pp. 138-146, 2020, doi: 10.1177/0309364620967781.
- Surapureddy, R., Schönning, A. y Stagon, S. (2016). Predicting pressure distribution between transfemoral prosthetic socket and residual limb using finite element analysis. *Int. J. Exp. Comput. Biomech.* vol. 4, (n.º 1), pp. 32-48.
- The Lancet. (accedido mar. 17, 2022). *Dispositivos Impresos en 3D*, [https://www.thelancet.com/journals/eclinm/article/PIIS2589-5370\(21\)00154-1/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/eclinm/article/PIIS2589-5370(21)00154-1/fulltext).
- Vargas Duque, J. (2018). *Aportaciones metodológicas para el diseño y fabricación de dispositivos protésicos: Aplicación en prótesis de miembro inferior* (Tesis Doctoral, Universidad del Norte, Colombia). <http://hdl.handle.net/10584/8187>
- Velásquez Miranda, L. M. (2018). Análisis del comportamiento mecánico de un prototipo de prótesis transfemoral para la fundación materialización 3D. *Fundación Universidad de América*, Bogotá.
- Vélez Zea J. A., Bustamante Góez, J. A. y Villaraga Ossa, L.M. (2015). Relación entre la longitud del miembro residual y la distribución de esfuerzos sobre el muñón para amputados transfemorales, *Rev. EIA*, vol. 12, (n.º 23), pp. 107-115, doi: 10.14508/reia.2015.12.23.107-115.
- Villar, J. P. (2019). *Estudio y caracterización de materiales utilizados para la construcción de prótesis impresas mediante tecnología FDM*. (Tesis de grado). Universidad Politécnica De Madrid, Escuela Técnica Superior De Ingeniería y Diseño Industrial. España.
- Zhang, L., Zhu, M., Shen, L., & Zheng, F. (2013). Finite element analysis of the contact interface between trans-femoral stump and prosthetic socket. Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. *IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Annual International Conference*, 2013, 1270-1273. <https://doi.org/10.1109/EMBC.2013.660973>.

Análisis de la formación de nanopigmentos con extracto de achiote usado en el teñido de algodón

María Ángeles Bonet Aracil¹, Elmer Arturo Carvajal Endara¹, Eva Bou Belda¹, Fausto Edmundo Gualoto Mafla²

¹Universitat Politècnica de València, Grupo de Investigación en la Industria Textil (GILTEX). Departamento de Ingeniería Textil y Papelera. Alcoy, Alicante, España.

²Universidad Técnica del Norte, FICA, Carrera de Textiles, Ibarra, Ecuador.

*Autor para correspondencia: elcaren@doctor.upv.es

Recibido: 2023/04/24

Aprobado: 2023/05/24

DOI: <https://doi.org/10.26621/ra.v1i28.891>

RESUMEN

La búsqueda de alternativas más sostenibles y menos contaminantes para la industria textil ha llevado a explorar el uso de pigmentos naturales y orgánicos para el teñido de tejidos. El objetivo de esta investigación es analizar la formación de nanopigmentos con extracto de achiote para su uso en el teñido de algodón 100 %. Los métodos científicos utilizados fueron el experimental y la observación; además, se utilizaron varias técnicas cualitativas. Para la extracción, se realizó la maceración dinámica, rotavapor y la separación con hidróxidos. Se tomó una muestra al azar de los extractos y, por conveniencia, se realizó la mezcla homogénea con la nanoarcilla, donde se obtuvieron los nanopigmentos mediante un proceso de síntesis, en el cual se utilizó arcilla hidratada de Trimethyl Estearil Ammonium como soporte y se insertaron moléculas orgánicas de achiote. Posteriormente, se procedió a tinturar varias muestras de algodón mediante receta prevista, para después realizar el lavado. Los nanopigmentos obtenidos se caracterizaron mediante diversas técnicas, como microscopio electrónico de barrido (MEB o SEM). Con el espectrofotómetro se evaluó la solidez del color al lavado y mediante la calculadora Cie94 se obtuvo el Delta-E. Entre los hallazgos SEM de la muestra Co_9 Trimethyl + P, esta obtuvo una valoración de (2) = presencia de nanopigmento (NP), con un color anaranjado rojizo ladrillo con ($\Delta E = 58.61$). Lo contrario sucede con la muestra Co_5 Trimethyl + R, que se valora como (1) = reducida presencia nanocolorante NC, con un color amarillento pálido muy débil ($\Delta E = 3.46$). Se evaluó la solidez del colorante y se valoró el frote en seco y húmedo con la escala de grises. Asimismo, el rendimiento promedio de pigmento es del 9.09% y de colorante es del 9%. Se obtuvieron resultados en términos de solidez 1 y cambio de color 5 en los tejidos teñidos con pigmento sólido, en contraste con la baja solidez en los tejidos con colorante líquido. Por ello, se concluye que los nanopigmentos de achiote obtenidos son una alternativa viable y sostenible para el teñido de textiles y su aplicación en la industria textil.

Palabras clave: nanopigmento, nanoarcilla, achiote, extracción, solidez, espectrofotómetro, Delta-E.

ABSTRACT

The search for more sustainable and less polluting alternatives for the textile industry has led to exploring the use of natural and organic pigments for dyeing fabrics. The objective of this research is to analyze the formation of nano pigments with annatto extract for use in 100 % cotton dyeing. The scientific methods used were experimental and observation; in addition, several qualitative techniques are used. For the extraction, dynamic maceration, rotavapor, and separation with hydroxides were performed. A random sample of the extracts was taken and, for convenience, the homogeneous mixture was made with the nano clay, where the nano pigments were obtained through a synthesis process in which hydrated clay of Trimethyl Stearyl Ammonium was used as a support and organic annatto molecules were inserted. Subsequently, several cotton samples were dyed using a recipe, and then washed. The nano pigments obtained were characterized by various techniques, such as scanning electron microscope (MEB or SEM). The color fastness to washing was evaluated with the spectrophotometer and the Delta-E was obtained using the Cie94 calculator. Among the SEM findings of the sample Co_9 Trimethyl + P, it has a titration (2) = presence of Nanopigment (NP), with a reddish-orange brick color with ($\Delta E = 58.61$). The opposite is true for the sample Co_5 Trimethyl + R, which is valued as (1) = reduced presence of Nanodye NC, and has a very weak pale yellowish color ($\Delta E = 3.46$). The solidity of the dye was evaluated and the dry and wet rubbing was also valued with the scale of grays. Likewise, the average pigment yield is 9.09 % and the dye is 9 %, obtaining results in terms of solidity 1 and color change 5 in fabrics dyed with solid pigment, in contrast to the low fastness in fabrics with a liquid dye. Therefore, it is concluded that the annatto nano pigments obtained are a viable and sustainable alternative for textile dyeing and its application in the textile industry.

Keywords: nanopigment, nanoclay, achiote, extraction, solidity, spectrophotometer, Delta-E.

María Ángeles Bonet Aracil  orcid.org/0000-0002-8743-560X

Elmer Arturo Carvajal Endara  orcid.org/0000-0002-0513-4580

Eva Bou Belda  orcid.org/0000-0003-1461-9296

Fausto Edmundo Gualoto Mafla  orcid.org/0000-0002-2497-5270



INTRODUCCIÓN

La mauveína de Perkin fue el primer colorante industrial generado de forma sintética, el cual proporcionaba tejidos luminosos y coloreados. Sin embargo, la mauveína o anilina no es resistente a los ácidos y los álcalis (König, 2003). Se conoce, en la actualidad, que muchos de los colorantes sintéticos tienen efectos cancerígenos, producen alergias y otros daños en la piel; se espera que sean remplazados por colorantes naturales, exentos de certificación, que no tienen efectos dañinos sobre la salud de los seres humanos (FDA, 2001; Sahaza, 2001, citado en Devia y Saldarriaga, 2003) se seleccionan los parámetros necesarios para el diseño de Anatto. En este sentido, el achiote (*Bixa orellana*) es una planta ampliamente utilizada en la industria alimentaria como colorante natural; sin embargo, la baja solubilidad de sus componentes activos en agua y solventes orgánicos limita su uso en el teñido de tejidos. En este contexto, se plantea la formación de nanopigmentos de achiote como una alternativa para superar estas limitaciones. Para ello, se considera que en la rama de los nanominerales se encuentran las nanoarcillas, que, según Lvov y Price (2006) y Merck (2018), son nanopartículas de silicatos minerales en capas; en función de su composición química y morfología, las nanoarcillas se organizan en varias clases, como montmorillonita, bentonita, caolinita, hectorita y halloysita, tienen alta capacidad de intercambio catiónico y permiten la formación molecular de nanopigmento, producido por el enlace atómico con un compuesto orgánico. Los nanocompuestos, en cambio, son materiales mezclados por dos o más componentes, donde “el material en mayor porcentaje se denomina matriz y al de menor porcentaje carga, los cuales se combinan en tamaño nanométrico” (Hernández et al., 2017, p. 17) utilizando el análisis del elemento finito (FEM. En tanto que los nanopigmentos son materiales resultantes de la mezcla controlada de colorantes orgánicos con nanoarcillas, los colorantes se solubilizan formando los nanopigmentos (Micó-Vicent et al., 2010); de igual manera, para Marchante (2012) en especial en el desarrollo de los nanomateriales. Los nanomateriales tienen dimensiones en el rango entre uno y cientos de nanómetros, y con un mayor tamaño de partícula poseen propiedades diferentes de las propiedades del mismo material cuando se encuentra a nivel micro o macroscópico. Un grupo muy importante de estos nuevos nanomateriales son las organo-arcillas, que consisten en nanopartículas de arcilla modificadas con moléculas orgánicas. Por lo general, se obtienen a partir de nanopartículas de arcillas laminares (en especial filosilicatos del grupo de las esmectitas, los nanopigmentos se obtienen a través del intercambio iónico entre los iones de las nanopartículas de arcillas y las moléculas ionizables de colorantes orgánicos.

Micó-Vicent et al. (2017) mencionan que, en su investigación, utilizaron un tensoactivo, agente de acoplamiento (silano) y alumbre, combinados con tres colorantes naturales y mezclados con montmorillonita e hidrotalcita; como resultado, obtuvieron nanopigmentos híbridos naturales. Devia y Saldarriaga (2003) se seleccionan los parámetros necesarios para el diseño de Anatto señalan que los pigmentos de achiote natural contienen carotenoides en una proporción entre 1.21 a 2.30 g ; estos “confieren el color y pueden interactuar con las nanoarcillas para mejorar la estabilidad térmica, el rendimiento del color y la estabilidad a la exposición a la luz UV-VIS de tintes naturales y bioresinas” (p. 10). Las semillas de achiote contienen bixina, que es el pigmento preponderante; es un diapo-carotenoide, su fórmula empírica es (C₂₅H₃₀O₄), tiene una configuración CIS y es soluble en solventes orgánicos (Rodrigues et al., 2013). La bixina es el principal pigmento presente en el arilo de semillas de achiote, el cual puede variar de naranja a color oscuro (Pineda, 2015).

Por lo descrito con anterioridad, el mismo proceso se puede realizar con el achiote por la cantidad significativa de carotenoides que contiene. Así, se identifica que la nanoarcilla más comúnmente utilizada es el Trimetil Stearyl Ammonium (TSA) o montmorillonita sódica, cuya fórmula teórica y estructural, definida por Merck (2018), es la siguiente:

$$M+ y (Al_2-y Mg-y) (Si_4)_n O_{10} (OH)_2 \cdot nH_2O \quad \text{Ecuación 1}$$

La estructura molecular de la montmorillonita tiene la propiedad de hidratarse al impregnarse los cationes, como Na⁺, Ca⁺², Mg⁺², K⁺ (Chin, 2002, citado en Hernández et al., 2017) utilizando el análisis del elemento finito (FEM, y consiste en capas de aluminosilicatos ~ 1 nm de grosor (Apolo et al., 2009). La montmorillonita puede humedecerse hasta siete veces su peso por medio de sus cationes hidratables (Hernández et al., 2017) utilizando el análisis del elemento finito (FEM).

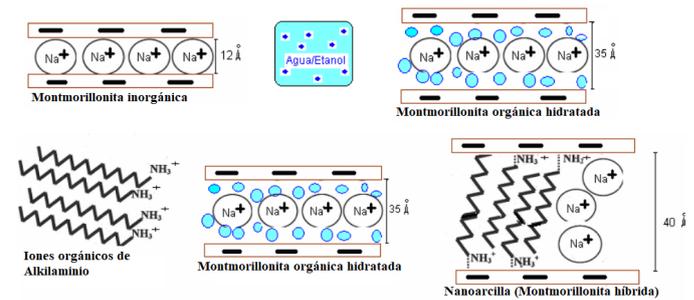


Figura 1. Proceso de intercambio de catión inorgánico por catión orgánico
Fuente: (Hernández et al., 2017, p. 10) utilizando el análisis del elemento finito (FEM)

Al visualizar la figura anterior, se deduce que el proceso de intercambio de catión inorgánico por catión orgánico sucede cuando se mezcla la montmorillonita con la bixina, que es el principio activo del achiote; este proceso permite que se forme un nanopigmento. Por tanto, la importancia de esta investigación radica en formar el nanocolorante a partir de tres mezclas diferentes en las que se utiliza el extracto de achiote, que presenta en forma líquida el color rojo, amarillo y sólido pigmento. Para ello, se toma en cuenta que la bixina es un ácido carboxílico que, al agregarle un álcali acuoso, forma sales del álcali solubles en agua, lo cual hace posible extraer fácilmente el colorante (Mosquera, 1989; Jaramillo, 1992, citado en Devia y Saldarriaga, 2003) se seleccionan los parámetros necesarios para el diseño de Anatto. En el laboratorio se procedió, de manera experimental, a realizar la mezcla de nanoarcillas con los extractos del achiote P, Y y R, de acuerdo con la patente de Baena et al. (2013), donde se menciona que los nanopigmentos obtenidos mediante el sistema de síntesis resultan de la inserción intracristalina de las moléculas orgánicas dentro de la estructura inorgánica y se refiere a procesos reversibles en los que se involucra un reordenamiento atómico debido a la influencia de las nuevas interacciones. Además, el método comprende (a) la dispersión de al menos un material inorgánico en agua, y (b) la adición posterior de, al menos, un colorante orgánico solubilizado en agua, en agitación.

Así, se obtiene el nanocolorante que será utilizado en el proceso de teñido de algodón 100 % y que, posteriormente, se evaluará mediante parámetros fisicoquímicos y fitoquímicos para caracterizar los nanomateriales. Para ello, es de gran ayuda la microscopía electrónica de barrido (SEM), que, como mencionan Rasmussen et al. (2018) compared to chemicals in general. Furthermore, regulatory decisions for chemicals are usually based upon certain toxicological properties, and these effects may not be equivalent to those for nanomaterials. However, regulatory agencies lack an authoritative decision framework for nanomaterials that links the relevance of certain physico-chemical endpoints to toxicological

effects. This paper investigates various physico-chemical endpoints and available test methods that could be used to produce such a decision framework for nanomaterials. It presents an overview of regulatory relevance and methods used for testing fifteen proposed physico-chemical properties of eleven nanomaterials in the OECD Working Party on Manufactured Nanomaterials Testing Programme, complemented with methods from literature, and assesses the methods' adequacy and applications limits. Most endpoints are of regulatory relevance, though the specific parameters depend on the nanomaterial and type of assessment. Size (distribution, se aplica a "nanoarcillas" (pp. 8-10); además, mediante el espectrofotómetro, se evalúa la solidez del color al lavado. Con la calculadora Cie94 se obtiene el Delta-E y también se valora el frote en seco y húmedo.

MÉTODOS

En esta investigación se realizaron varias pruebas para tratar de buscar la que generase el mejor rendimiento de extracción; una vez obtenido, se procedió a formar los nanopigmentos y nanocolorantes que se utilizaron para el teñido del algodón 100 %. A continuación, se analizaron y evaluaron para determinar la capacidad de fijación del colorante en la fibra. Los métodos científicos utilizados en esta investigación son el método experimental y la observación. Mediante la metodología cuantitativa se logra determinar las cantidades necesarias para la formación de NP y NC, además del uso de pruebas de teñido en las que se evalúa la solidez al frote y lavado. No obstante, es necesario mencionar que varios investigadores utilizaron ciertas variables, como temperatura, tiempo, porcentaje de solvente recuperado y porcentaje de bixina extraído, mencionadas en , y Hernández et al. (s.f.), el pH indicado en Shahid-ul-Islam et al. (2016) y Castello et al. (2004), presión (Taham et al., 2015), relación semilla/solvente (1/15 – 1/25 g/mL) (Ferreira et al., 2013), tiempo de sonicación (30-50 min) y temperatura de extracción (50–70 °C) sobre el rendimiento de bixina (Nguyen y Dang, 2017). Por tanto, en esta investigación se utiliza el rendimiento en porcentaje y peso bajo controles gravimétricos. Por otro lado, la población a considerar son las semillas de achiote recolectadas en el sector Fumisa, provincia de Los Ríos, Ecuador. La muestra a considerar es tomada al azar y por conveniencia según la relación de estudio, que es de 1:4. Se emplea, por tanto, una muestra de 40 g de semillas, que fue constante en todas las maceraciones realizadas.

Métodos para evaluar la solidez, frote y lavado de los tejidos

Para ello, se toma en cuenta la norma española UNE-EN ISO 105- C06, denominada:

- *Ensayos de solidez de color: Parte C06: Solidez del color al lavado doméstico y comercial (ISO 105-C06: 2010),*
- *Escala de grises para evaluar la degradación, norma ISO 105- A02 y la descarga norma ISO 105-A03.*
- *Espectrofotómetro o colorímetro para evaluar el cambio en el color y la descarga, normas ISO 105-A04-A05.*

Espectrofotómetro

Uno de los equipos más utilizados para la evaluación de la solidez son los espectrofotómetros, los cuales "permiten la comparación de ambos baños (previamente diluidos en la misma proporción) mediante un software, que mide su fuerza de transmitancia y arroja la diferencia de color denominada delta (ΔE)" (Lockuán, 2012, p. 148). En el caso del valor (ΔL^*), claridad/oscuridad del color (Moldovan, 2016), es necesario comprender cómo evalúa el CIELab.

CIE L*a*b* 94

Como menciona Schanda (1996), la diferencia de color total CIELab 1994 es la distancia entre dos muestras de color en diferencias de luminosidad (L^*), croma (C^*) y tonalidad (H^*). Además, "se calcula como la distancia euclidiana entre los puntos que los representan en el espacio" Schanda, 1996, p. 3). Por tanto, el CIE L*a*b* 94 está dirigido a la industria de pinturas y recubrimientos. Incluye un factor comercial para aplicaciones de artes gráficas y textiles (ColorMine.org, s.f.) y, asimismo, como menciona Martínez (2003), es muy utilizado en aplicaciones para la corrección de recetas de color; diferencias ΔL^* , ΔC_{ab}^* , ΔH_{ab}^* → concentraciones corregidas [...] (pp.18-19). Para evaluar el color, se obtiene el Delta-E con la calculadora Cie94. Para comprender los ejes en las tres dimensiones del color con las coordenadas X, Y, Z, es necesario indicar lo mencionado por Singh et al. (2009) discoloration can be assessed by measuring absorbance of solutions of irradiated solid samples at 450 nm. We propose to evaluate discoloration of solid samples directly by recording their diffuse reflectance spectra. Further, the reflectance spectrum is used to compute various color parameters: CIE XYZ tristimulus value, CIE Lab, Δab^* (color difference sobre CIELab. Estos autores exponen que L^* designa la luminosidad, que es equivalente a la luminancia como el aspecto del color reflectante. La cromaticidad se describe mediante dos variables, a^* y b^* , que representan los ejes rojo frente a verde y amarillo frente a azul, respectivamente (p. 37). Observemos la figura siguiente:

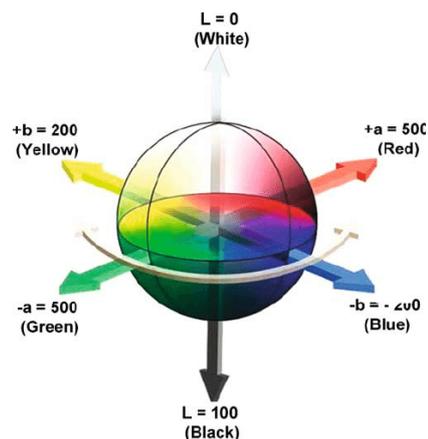


Figura 2. Representación espacial de CIELab Color en el espacio
Fuente: (Singh et al., 2009, p. 37)

Solidez al lavado

Se utiliza el AATCC Test Method 61-2003: Colorfastness to Laundering, Home and Commercial: Accelerated. Sirve para evaluar la estabilidad del color de los textiles que deben resistir lavados frecuentes, la pérdida de color del tejido y los cambios en su superficie que generan los detergentes, así como la acción abrasiva que emulan en una prueba de 45 minutos (Moya, 2014). La solidez al lavado es la capacidad de los textiles para no desteñirse o cambiar de color después del lavado (Testex, 2022).

Solidez al frote

Con base en el ensayo AATCC Test Method 8 Colorfastness to Crocking, se determina la cantidad de color transferido a la superficie de sustratos textiles coloreados mediante el frote. El frictómetro se utiliza para evaluar el desgaste al frote en seco y en húmedo (Lockuán, 2012). Los rangos para determinar estos cambios de color, que permiten evaluar la solidez

al lavado y al frote, son los siguientes: los grados 1 a 5 en números enteros representan la solidez, mientras que los grados 1-2, 2-3, 3-4 y 4-5 representan la solidez media.

Experimentos desarrollados

Se procede a realizar la extracción de los colorantes y pigmentos del achiote, así como la formación de nanopigmentos. Así, en cada experimento, se toman en cuenta las variables y parámetros indicados con anterioridad, que permiten evaluar cuál es el óptimo o cuál de ellos sirve como modelo a seguir. A continuación, de forma ordenada, se describen los experimentos realizados:

Experimentos para la extracción del pigmento y colorante de achiote

- Secado de semillas previo a la extracción.
- Por maceración dinámica.
- Rotavapor.
- Separación de colorantes rojo (R), amarillo (Y) y pigmento (P) con hidróxidos sodio (Na) y potasio (K).
- Formación de nanocompuestos por medio de la mezcla de extractos de achiote con nanoarcillas.
- Teñido de algodón 100 % con nanocolorantes rojo y amarillo.
- Lavado de muestras con detergente en equipo cerrado (Co).

Análisis y evaluación de los tejidos de algodón (Co) 100 %

- Análisis de la caracterización con microscopio electrónico de barrido (SEM).
- Medición del color con espectrofotómetro.
- Evaluación solidez al cambio del color y la descarga, normas ISO 105-A04-A05.
- Evaluación solidez al frote en seco y en húmedo; descarga y degradación normas ISO105-A02-A03.

Equipos, materiales y reactivos

Equipos:

Los equipos utilizados para realizar todos los ensayos antes mencionados son: secador, agitador magnético Selecto Multimatic 5S y Bunsen MC-8, rotavapor BUCHI R200, balanza analítica Mettler Toledo XS802s y Kern ABJ NM, espectrofotómetro o colorímetro Minolta CM-3600d, escala de grises normas: ISO105-A03: 1993, ISO105-A02: 1993, frictómetro AATC-Crockmeter modelo CM1 serie 8301. Adicionalmente, para determinar la morfología interior, se utiliza el microscopio electrónico de barrido (SEM), modelo FEI Phenom (Fei, Oregon, Estados Unidos) y la máquina de lavar (Autowash).

Materiales:

Vasos de precipitación Pírex, pipetas y semillas de achiote del Ecuador, de la provincia de Los Ríos (Fumisa). Tejido de algodón 100 % y tejido de prueba multifibra N°10 DW, con bandas de algodón y lana.

Reactivos:

Agua destilada, agua desionizada, hidróxido de sodio 95 %, hidróxido de potasio al 95 %, acetona al 99.3 %, nanoarcillas de Merck (Trimethyl Stearyl Ammonium, con código 682608) y detergente de referencia estándar sin abrillantador óptico —Without Optical Brightener (WOB, por sus siglas en inglés)— sin agente fluorescente de blanqueo y sin fosfato.

Maceración dinámica de achiote con acetona

Se procede a mezclar el achiote con acetona, en una relación de baño de

1:10, por lo que se pesan 40 g de achiote y se depositan en 400 ml de acetona. Se procede a macerar con 11 pruebas, se realiza la agitación magnética a 900 rpm por 24 horas y se observa que se desprende el pigmento del arilo de las semillas.

Extracción en rotavapor de los extractos de achiote

Se inicia el proceso de extracción utilizando el rotavapor BUCHI B-480; se codifican como 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 1A, 2A, 3A, 4A, 5A. Se colocan en el balón del rotavapor y se procede a extraer el pigmento del achiote. La calibración de rotación es 2 (baja), la temperatura del baño oscila entre 40 °C y 45 °C. Se detecta que la primera y segunda muestra tuvieron una duración de 30 a 35 min. Sin embargo, posteriormente, las muestras 3 a 6 obtuvieron mayor tiempo, entre 1 hora a 1.5 horas. Las muestras 1A, 2A, 3A, 4A y 5A obtuvieron mejores resultados, en un tiempo de 35 a 40 min, y se desprendió la mayor cantidad de acetona, quedando solo el extracto de colorante y pigmento. Como resultado, al final del proceso, se obtuvo una recuperación de acetona de 2600 ml, que representa el 65 % de los 4000 ml utilizados.

Separación de (P) pigmento sólido (bixina) y colorantes líquidos (Y) amarillo y (R) rojo (norbixina).

El extracto resultante del rotavapor se mezcla con una relación 1:1, al 50 %-50 % —Na(OH) 50 g y agua 50ml—, durante 45 min en baño maría, a una temperatura de 40 °C-45 °C. Para iniciar con la prueba, en cambio, se utiliza la relación 1:5; se toma de cada frasco 1 ml de extracto, 5 ml de Na(OH) y 5 ml de K(OH), se mezclan por separado y se detecta que el líquido cambia de color y que se produce una reacción química. Una vez mantenida en reposo por 24 horas, la mezcla entre los hidróxidos y el extracto obtenido es centrifugada por 1 hora a 2200 rpm; se obtienen tres componentes, que son: a) extractos líquidos rojos (R), b) extracto amarillo (Y) y c) extracto sólido pigmento (color ladrillo) (P).

Proceso experimental para la formación de nanopigmentos

Se mezclan 10 gr de nanoarcilla Trimethyl Stearyl Ammonium (TSA) en 2 L de agua desionizada; esto produce una concentración de 0.005 gr/ml, la cual se dejó en agitación magnética durante 24 h a 1200 rpm. Se obtiene una mezcla de nanoarcilla total de 8 L. Posteriormente, se toman al azar los extractos obtenidos y, en especial, los de las muestras que dan el mejor rendimiento. Así, se ocupa la cantidad de 10 g de cada uno de los extractos (R), (Y) y (P) del achiote y se mezcla en 1 L de agua desionizada. A continuación, se realiza la maceración dinámica por 24 h a 900 rpm y se obtiene una mezcla total de 6 L. Se realiza una mezcla homogénea con una relación 1:4, es decir, se colocan 100 ml de cada nanoarcilla y 400 ml de cada colorante líquido Y, R y pigmento sólido P, dando un total de 500 ml para cada vaso; después, se agita magnéticamente a 1200 rpm por 12 horas a 45 °C en baño maría.

Figura 1. Nanoarcillas + Extractos (1) y Formación de nanocompuestos de achiote (2)



1



2

Fuente: (Carvajal, 2022)

Proceso de blanqueo, tintura y lavado de nanocompuestos Y, R y P en algodón 100 %

Antes de iniciar el proceso, se decide nombrar la mezcla resultante entre la nanoarcilla y el extracto de achiotte como nanocompuesto colorante; si es amarillo, con la letra Y, si es rojo con la letra R, y lo propio para el nanopigmento P, que parte del estado sólido, quedando así sus siglas o iniciales: NCCR, NCCY y NP. Para el teñido, se ha tratado en equipo abierto por agotamiento; previamente, se cortan las muestras de tejido de algodón 100 % con una longitud de 4 cm x 10 cm. Cada una tiene un peso de 10 g. Los ejemplares se lavaron y blanquearon químicamente con detergente, álcali, agua oxigenada y ácido acético, y después se tiñeron con 40 ml de NCCR, NCCY y NP en una relación de baño 1:40, más auxiliares según receta y curva de teñido, desde 35 °C hasta 85 °C. El tiempo total de todo el proceso es de 90 minutos.

Tabla 1. Receta de blanqueo y teñido de algodón 100 % con nanocompuestos Y, R y P

Genérico	Comercial	%	ml	CANTIDAD gramos
Blanqueo Químico				
Detergente	Aroclean Jt		5	2.00
Álcali	Sosa Caustica		3	1.20
Agua Oxigenada	Peróxido Hidrogeno		4	1.60
Neutralizador	Ácido Acético		3	1.20
Teñido				
Nanocolorante o Nanopigmento	TSA + Achiotte Colorantes Líquidos R, Y, Pigmento P	4%	40	0.40
Sal	Sal Textil		40	16.00
Álcali	Carbonato		5	2.00
Álcali	Sosa Caustica		2	0.80
Neutralizador	Ácido Acético		3	1.20

Nota: Se utiliza una relación de baño R/B 1:40, peso de material= 10 g, se tiene 400 ml de agua, Trimethyl Estearil Amonio (TSA)
Fuente: (Carvajal, 2022)

Posteriormente, en cada vaso, se colocan 400 mililitros de agua desionizada para proceder con el lavado y blanqueamiento según la receta anterior, y después se arroja el baño. Se colocan 360 mililitros de agua desionizada en el vaso de teñido junto con 40 ml de nanocolorante, dando un total de baño de 400 ml para el teñido de algodón.
Resultados y Discusión

Para los resultados, se procede a pesar en la balanza el extracto y se calcula el rendimiento obtenido:

Tabla 2. Peso neto y rendimiento del extracto líquido de achiotte en rotavapor

MUESTRA N°	PESO NETO EXTRACTO ACHIOTE (gramos)	RENDIMIENTO %
1	20.88	8.4
2	27.23	10.9
3	24.89	10.0
4	22.52	9.0
5	17.71	7.1
6	27.27	10.9
1A	17.52	7.0
2A	22.83	9.1
3A	20.67	8.3
4A	18.76	7.5
5A	29.57	11.8
TOTAL 11	249.85	100
Promedio	22.71	9.09

Fuente: (Carvajal, 2022)

Los rendimientos obtenidos en lo concerniente a la maceración dinámica tienen un promedio en peso neto de bixina disuelta de 22.71 gramos

y un rendimiento del 9.09 %. De igual manera, con la extracción en rotavapor se obtienen 17.55 g de bixina, que equivale al 9.09 % de rendimiento en promedio. Los datos son un tanto similares en ambos procesos, aunque la variación se observa con la desviación estándar incluida en la tabla siguiente.

Tabla 3. Resultados extracto centrifugado y separación colorante líquido

MUESTRA N°	Peso Neto (g)	Rendimiento final %	Desviación Estándar Maceración Vs Rotavapor
1A	16.83	9	2.863782
2A	19.84	10	5.225519
3A	23.12	12	1.251579
4A	30.69	16	5.777062
5A	25.4	13	5.437651
1	23.08	12	2.962777
2	7.84	4	6.844794
3	12.89	7	7.028641
4	13.43	7	5.119453
5	8.57	4	7.205418
6	11.39	6	12.8552
TOTAL 11	193.08	100%	
Promedio	17.55	9.09	

Fuente: (Carvajal, 2022)

Tal y como se observa en la tabla anterior, una vez que se realiza la separación del colorante, se obtienen los siguientes datos. La muestra con colorante líquido n° 4A tiene 30.69 g; por tanto, presenta el mayor rendimiento, al 16 % adicional. En secuencia están las muestras n° 5A, 3A, 1, 2A, 1A, 4, 3, 6, 5 y 2, dando un total de 193.08 g que servirán para el proceso de teñido. Esto corrobora la validez de uno de los procesos realizado por Reyes (2015), quien extrae el colorante por medio del método de lixiviación con maceración dinámica, solución acuosa de hidróxido de potasio K(OH). De la misma forma, en otras investigaciones (Carvalho et al., 2010; Carvalho, 2009; Scotter, 2009, citadas en se obtiene la norbixina, que es soluble en agua. Asimismo, en otros trabajos se obtuvo el colorante con un álcali (Mosquera, 1989; Jaramillo, 1992), con aceites vegetales (Córdoba, 1987; Jaramillo, 1992) y con propilenglicol (Jaramillo, 1992, citado en Devia y Saldarriaga, 2003) se seleccionan los parámetros necesarios para el diseño de Anatto; entre los resultados de estas investigaciones, se observa que el álcali —K(OH)— permitió obtener un mayor rendimiento y calidad de colorante.

Determinación del porcentaje de humedad del pigmento sólido. -

El pigmento es pesado en una balanza para establecer la cantidad obtenida en gramos; después, se traslada a un crisol para ser secado al ambiente por un día y, posteriormente, a 45°C en el horno durante 4 días. Entre otros resultados, se obtiene el porcentaje de humedad que perdió el pigmento sólido y que, de cierta manera, es importante, pues con ello se reduce el riesgo de que el pigmento contenga agua y no se pueda producir un teñido con mejor tonalidad.

Tabla 4. Resultados de peso del pigmento sólido en crisoles y % humedad

MUESTRA N°	Peso final gramos	Rendimiento final %	% humedad
1A	9.14	12	12
2A	12.17	16	16
3A	8.11	11	11
4A	9.09	12	12
5A	6.4	8	8
1	6.03	8	8
2	5.44	7	7
3	3.89	5	5
4	3.88	5	5
5	8.29	11	11
6	4.72	6	6
TOTAL 11	77.16	100%	100
PROMEDIO	7.01	9%	

Fuente: (Carvajal, 2022)

Como se observa, el mayor porcentaje de humedad perdido lo tiene la muestra n° 2A con 16 % sobre el peso final de 12.17 g, generando así el mayor rendimiento. Le siguen las muestras 1A, 4A, 5, 3A, 5A, 1, 2 y 6, en ese orden. Lo contrario sucede con las muestras 3 y 4, que presentan el 5 % de pérdida de humedad y, por tanto, tienen un peso de 3.89 g y 3.88 g respectivamente, lo que indica un bajo rendimiento en peso. Es importante referirse a la muestra n° 5, que presenta un 11 % de pérdida por humedad y un peso de 8.29 g significativo.

Análisis estadístico pigmento vs colorante

Se realiza un análisis estadístico mediante un histograma de los pesos y rendimientos, tanto del pigmento como del colorante, a fin de determinar cuál es la óptima entre las once pruebas realizadas.

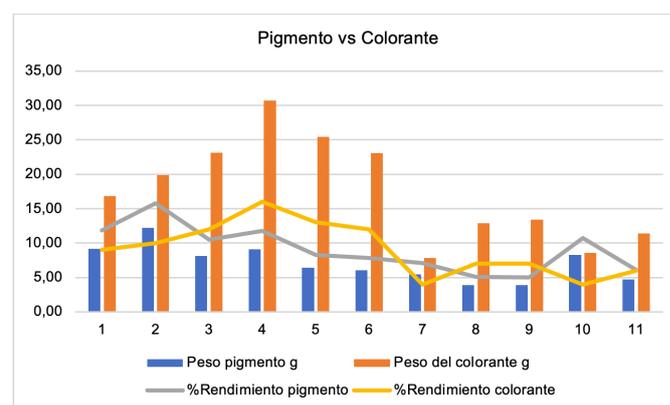


Figura 2. Análisis estadístico pigmento vs colorante extraídos
Fuente: (Carvajal, 2022)

Se observa en la figura anterior que la prueba 4ª, respecto al peso de 30.69 gramos del colorante vs la prueba 2A, relacionada con el peso de 12.17 g del pigmento, son las pruebas óptimas en ambos procesos; se destaca, entre las dos, la prueba 4A del colorante como la más óptima. Sin embargo, se obtiene que el porcentaje de rendimiento de la prueba 2A respecto al pigmento, en relación con el rendimiento de la prueba 4A del colorante, es el mismo (16%); por tanto, las dos pruebas son las que tienen el mejor tratamiento y las que deben ser utilizadas para el teñido del tejido.

Resultado del análisis Cie94 Delta-E y desviación estándar

A continuación, se realiza un análisis de los resultados obtenidos con el Cie94 ΔE . Para ello, también se realiza la desviación estándar promedio de las tres pruebas en fotocolorímetro y se observan los datos de desviación del ΔE^*ab . La interpretación toma en cuenta las escalas Delta-E con valores considerados admisibles menores a 2, valores ΔE perceptibles como “colores distintos” 2 y 3.5, y valores altos ΔE cambio de color.

Tabla 5. Análisis estadístico y diferencias de color CIELab de algodón teñido con nanocompuestos de achiote

Nombre muestra	Mezcla interviene	L*	a*	b*	Cie94 Delta-E	Desviación Estándar Promedio ΔE^*ab
Blanco _ Co STD	N/A	91.04	0.39	6.25	91.25	
Co_1	Trimethyl + Y	88.92	4.76	12.88	6.34	0.42
Co_5	Trimethyl + R	89.29	1.91	10.28	3.46**	0.29****
Co_9	Trimethyl + P	63.54	38.36	69.57	58.61	0.62
Co_13	Sin Nanoarcilla + Y	87.52	7.07	16.53	9.76	0.94
Co_14	Sin Nanoarcilla + R	85.39	7.68	24.76	15.62	2.06*****
Co_15	Sin Nanoarcilla + P	58.47	40.91	69.49	60.23	0.52

Nota: *valores bajos ΔE considerados admisibles menor a 2; ** Valores ΔE perceptibles como <colores distintos> 2 y 3.5; (sin*) Valores altos ΔE cambio de color muy elevado; ****Desviación estándar óptima; *****Desviación estándar muy dispersa Fuente: Lindbloom, 2012)

En la tabla anterior se pueden señalar, con una desviación estándar ΔE^*ab del análisis de tres pruebas, como óptimas las siguientes muestras: pigmento 9, rojo 5,14 amarillo 1, 13. Estas tienen valores cercanos a la media cero (0), que sería la línea recta en una gráfica, pero difiere el valor de la muestra 14, que supera el valor (1) y, por tanto, estaría más dispersa. Por otra parte, el cálculo del Cie94 presenta que los valores ΔE perceptibles como “colores distintos” se limitan a la muestra 5, y con cambios de color a las muestras 15, 9 y 14, que serían las muestras sin nanoarcilla + P, Trimethyl + P y sin nanoarcilla + R. Presentan una variación baja las muestras 1 y 13, Trimethyl + Y, sin Nanoarcilla + Y.

Evaluación con microscopio electrónico (SEM)

A continuación, se evalúan con el microscopio electrónico SEM las muestras, que fueron montadas en un soporte de muestra específico para el SEM, con una cinta adhesiva conductora y revestida con una fina capa de paladio en su superficie para mejorar su conductividad y visualización. Para la valoración se realiza una escala propia, donde:

- Cero (0) = Ausencia NC (No tiene NC)
- Uno (1) = Reducida Presencia NC
- Dos (2) = Presencia NC, y
- Tres (3) = Alta presencia NC, que sería la mejor calificación.

Nota: Se pueden ubicar también las siglas NCCY, NCCR y NP (nanocompuesto colorante amarillo, nanocompuesto colorante rojo y nanopigmento).

SEM Trimethyl Stearyl Ammonium + Agua desionizada (Nanoarcilla Hidratada)

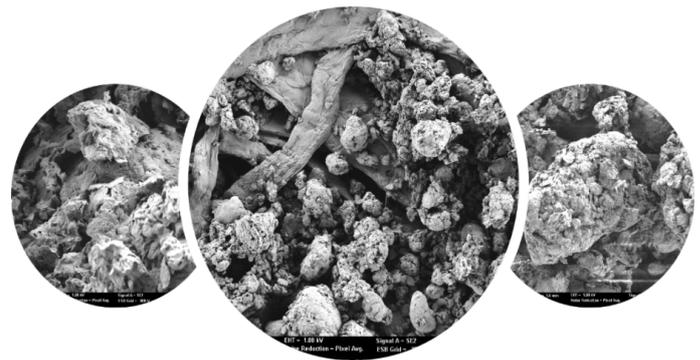


Figura 3. SEM 2 μ m WD= 3.0mm Muestra tejido de algodón con Trimethyl Hidratado Fuente: (Carvajal, 2022)

En la figura se observa bajo el SEM un ejemplar de algodón con Trimethyl hidratado con agua desionizada; contiene una formación de solo nanoarcilla, en la medición SEM, de 3.0 mm a 2 micras, por lo que su valoración es 3= alta presencia de nanoarcilla.

SEM Trimethyl Stearyl Ammonium T+ Extracto de achiote Y

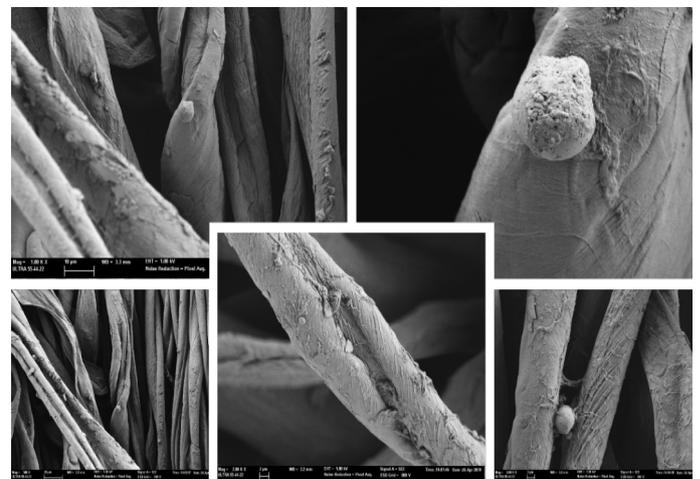


Figura 4. SEM 2 μ m WD= 3.3mm Muestra teñida Co_1 Trimethyl + Y Fuente: (Carvajal, 2022)

En la figura anterior, mediante el SEM, se observa la muestra Co_1 Trimethyl + Y de algodón teñido; presenta una valoración de 1= reducida presencia NC de nanoarcilla + Y extracto de achiote. Por ello, la tonalidad de la muestra observada presenta lo siguiente:



SEM Trimethyl Stearyl Ammonium T+ Extracto de achiote R

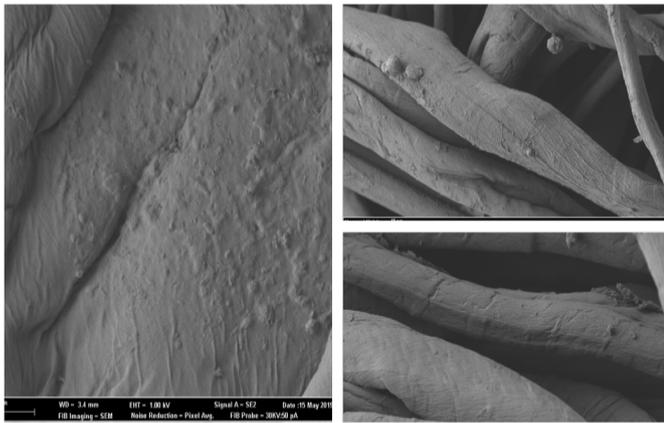


Figura 5. SEM 2µm WD= 3.3mm Muestra tejido teñido con Co_5 Trimethyl + R
Fuente: (Carvajal, 2022)

La figura anterior contiene la muestra Co_5 Trimethyl + R, que se valora como 1 = reducida presencia NC, nanoarcilla y colorante rojo de achiote. Se observa una fina capa de protuberancias que, aumentadas a 2 micras al lado derecho, muestra pequeños lóbulos de nanocompuesto fijado a la estructura molecular de la fibra. Basados en la tonalidad obtenida, el NCCR presente tiene el siguiente color:



Amarillento pálido muy débil (Cie94 ΔE = 3.46).

SEM Trimethyl Stearyl Ammonium + P

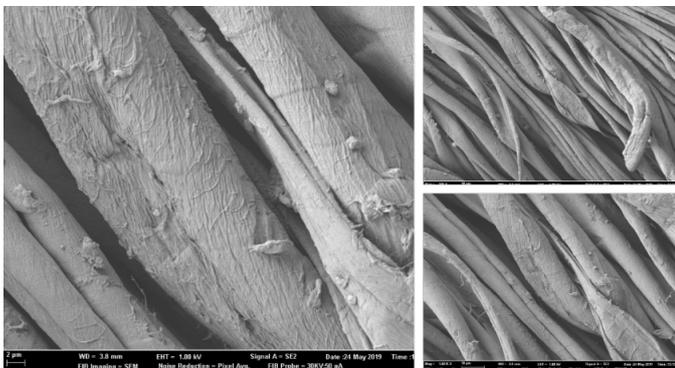


Figura 6. SEM 2µm WD= 3.8mm Muestra tejido teñido con Co_9 Trimethyl + P
Fuente: (Carvajal, 2022)

En la figura previa, en cambio, observamos bajo el SEM que la muestra de código Co_9 Trimethyl + P contiene hallazgos importantes de nanoarcilla y pigmento del achiote, a una distancia de 3.8 mm y 2 micras, por lo que su valoración es de 2= presencia de NP. El color obtenido es:



Anaranjado rojizo ladrillo. (Cie94 ΔE = 58.61)

De acuerdo con estos resultados, se es posible evaluar mediante parámetros fisicoquímicos para caracterizar los nanomateriales; para ello, es de gran ayuda la microscopía electrónica de barrido (SEM), que, como menciona Rasmussen et al. (2018) compared to chemicals in general. Furthermore, regulatory decisions for chemicals are usually

based upon certain toxicological properties, and these effects may not be equivalent to those for nanomaterials. However, regulatory agencies lack an authoritative decision framework for nanomaterials that links the relevance of certain physico-chemical endpoints to toxicological effects. This paper investigates various physico-chemical endpoints and available test methods that could be used to produce such a decision framework for nanomaterials. It presents an overview of regulatory relevance and methods used for testing fifteen proposed physico-chemical properties of eleven nanomaterials in the OECD Working Party on Manufactured Nanomaterials' Testing Programme, complemented with methods from literature, and assesses the methods' adequacy and applications limits. Most endpoints are of regulatory relevance, though the specific parameters depend on the nanomaterial and type of assessment. Size (distribution, se aplica a "nanoarcillas" (p.8-10). Por tanto, se puede valorar la evaluación mediante SEM.

Estos hallazgos son importantes porque se puede utilizar el nanocolorante y/o nanopigmento en la industria textil a la hora de teñir el color rojo ocre que presenta el achiote. Esto sería la base para un estudio de concentraciones que permitan teñir a diferentes tonalidades; posiblemente, se reduciría la cantidad de colorante a utilizar en el tejido y no produciría daños en la piel de las personas al utilizar las prendas. Además, de esta forma se reduce el impacto en el medio ambiente, porque, al ser un colorante orgánico, se degrada más fácilmente.

CONCLUSIONES

Las extracciones de achiote realizadas en el rotavapor permiten que se separe la acetona del pigmento y luego se fraccione en tres partes, separando de forma manual. Así, se consigue: a) extracto líquido rojo (R), b) líquido amarillo (Y) y c) pigmento sólido (color ladrillo) (P), mediante solución acuosa de hidróxido de potasio y sodio, con un rendimiento promedio de colorante del 9.09 % y un peso de 17.55 g, y con un rendimiento de pigmento del 9.09 % y un peso de 7.01 g. Estos resultados corroboran la validez de uno de los procesos realizado por Reyes (2015), que extrae el colorante con maceración dinámica y solución acuosa de hidróxido de potasio K(OH). Asimismo, en otros trabajos (Carvalho et al., 2010; Carvalho, 2009; Scotter, 2009, citados en Taham et al., 2015) producing bixin with low purity and generating toxic waste. This study aimed to compare different clean technologies for extraction of nutraceuticals (bixin and tocots se concluye que el álcali, K(OH), tiene mayor rendimiento.

Se consigue formar el nanopigmento y/o nanocolorante a partir de la combinación de nanoarcilla con los sobrenadantes R, Y o P. Posteriormente, se utilizan al azar los extractos obtenidos, en especial los de las muestras que dan el mejor rendimiento, y una concentración 0.001 gr/ml. Se ratifica así lo realizado en la patente No. WO 2013110841 A1 de Baena et al. (2013), que explica la formación de nanoarcillas con colorante orgánico para posteriormente realizar el teñido en tejidos de algodón 100 %.

La muestra Co_9 de tejido teñido con Trimethyl + P contiene hallazgos importantes de nanoarcilla y pigmento del achiote, por lo que su valoración es 2= presencia de NP; en cambio, en relación con la tonalidad, el color obtenido es anaranjado rojizo ladrillo, con un Cie94 ΔE = 58.61. La muestra Co_5 Trimethyl + R se valora como 1= reducida presencia NC, nanoarcilla y colorante rojo de achiote; la tonalidad obtenida en el NCCR tiene un color amarillento pálido muy débil (Cie94 ΔE = 3.46). Por último, la muestra Co_1 Trimethyl + Y presenta una valoración de 1=

reducida presencia NC de nanoarcilla + Y extracto de achiote, es decir, si está presente la formación de una protuberancia, al parecer fusionada con el colorante amarillo del achiote, pero en ínfima cantidad; por ello la tonalidad de la muestra observada presenta un color crema amarillento y un $Cie_{94} \Delta E = 6.34$.

Contribución de los autores: Los aportes específicos de cada uno según taxonomía CRediT:

María Ángeles Bonet Aracil.- Análisis SEM, 95394cbd-4dc8-4735-b589-7e5f9e622b3f

Elmer Arturo Carvajal Endara.- Investigación, 2451924d-425e-4778-9f4c-36c848ca70c2

Eva Bou Belda.- Análisis datos espectrofotómetro y escala de grises, 95394cbd-4dc8-4735-b589-7e5f9e622b3f

Fausto Edmundo Gualoto Mafla.- Análisis espectrofotómetro, ΔE . 95394cbd-4dc8-4735-b589-7e5f9e622b3f

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

REFERENCIAS

- Apolo, L., Paredes, C., Cornejo, M. y Rigail, C. (2009). *Optimización de una metodología para la obtención de nanoarcillas a partir de arcillas pertenecientes a la Península de Santa Elena (PSE)* Resúmen. 1–6. <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/5493>
- Baena E., Micó B., y Martínez F. (2013). *Método para la síntesis de pigmentos híbridos nanoestructurados con propiedades sintonizables* (Patent No. WO 2013110841 A1). <https://patentimages.storage.googleapis.com/42/04/3e/53156911aebc5f/ES2421303A1.pdf>
- Bonet, M., Carvajal, E., Bou, E. y Chávez, P. (2020). Teñido de Lana por Agotamiento con Nanoarcillas y Extractos de Achiote (Bixa Orellana) / Wool Dyeing by Exhaustion with Nano Clays and Achiote Extracts (Bixa Orellana). *Revista Científica AXIOMA*, 1(22), 52–56. <https://doi.org/10.26621/xvi22.2020.06.a08.pucesi.2550.6684>
- Carvajal, E. (2022). *Archivo de Tablas, Fotografías, Gráficos, Ilustraciones, Ecuaciones, Tesis Doctoral UPV*.
- Castello, M., Chandra, N., Phatak, A. y Sharon, M. (2004). Estimation of Bixin in seeds of Bixa orellana L. from different locations in Western Maharashtra. *Indian J. Plant Physiol*, 9(2), 185–188. http://inorderbox.com/siteimages/publication_file/4/ijpp-9-2-014.pdf
- CIE. (2004). CIE15 Technical Report Colorimetry. In COMMISSION INTERNATIONALE DE LECLAIRAGE, *Colorimetry, 3rd Edition* (Vol. 552). <https://doi.org/ISBN 3 901 906 33 9>
- ColorMine.org. (s.f.). *Delta-E Calculator*. Retrieved June 4, 2019, from <http://colormine.org/delta-e-calculator>
- Devia, J. y Saldarriaga, L. (2003). Planta piloto para obtener colorante de la semilla de achiote (Bixa orellana). *Revista Universidad EAFIT*, 39(131), 8–22.
- Ferreira, J. M., Sousa, D. F., Dantas, M. B., Fonseca, S. G. C., Menezes, D. B., Martins, A. M. C. y De Queiroz, M. G. R. (2013). Effects of Bixa orellana L. seeds on hyperlipidemia. *Phytotherapy Research*, 27(1). <https://doi.org/10.1002/ptr.4675>
- Hernández J., Flores S., Romero F., y Palma A. (2017). *Modelación del comportamiento mecánico del nanocompuesto de Poliestireno-Montmorillonita, mediante la técnica de nanoindentación* [Centro de Investigación en Materiales Avanzados CIMAV]. <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1004/750>
- Hernández, M., Tirado, J., Iliná, A., López, R., Reboloso, O. y Ruelas, X. (s.f.). *Obtención del colorante de la semilla de achiote (Bixa orellana) utilizando microorganismos celulolíticos* (p. 332).
- König, G. (2003). *Los pigmentos hacen historia (I) - Plástico*. [https://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/6740-Los-pigmentos-hacen-historia-\(I\).html](https://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/6740-Los-pigmentos-hacen-historia-(I).html)
- Lindbloom, B. J. (2012). *Color Difference Calculator*. Bruce Lindbloom.Com. http://brucelindbloom.com/index.html?Eqn_DeltaE_CIE94.html
- Lockuán, F. (2012). *La industria Textil y su Control de Calidad V. Tintorería*. <http://fidel-lockuan.webs.com/>
- Lvov, Y. y Price, R. (2006). *Halloysite Nanotubes Applications in Nanomaterials Research | Sigma-Aldrich. [Aplicaciones de nanotubos de haloysita en la investigación de nanomateriales | Sigma-Aldrich]*. <https://www.sigmaaldrich.com/technical-documents/articles/materials-science/nanomaterials/nanoclay-halloysite-nanotubes.html>
- Marchante, V. (2012). *Síntesis y caracterización de nanopigmentos basados en nanoarcillas. Aplicación en polímeros termoplásticos y evaluación de propiedades físico químicas*.
- Martínez, F. (2003). Fundamentos y aplicaciones de la colorimetría diferencial. *III Congreso Nacional de Gestión Del Color En Artes Gráficas Valencia*, 32. http://www.ua.es/area/vision_color/32
- Merck. (2018). *Nano Minerals: Nanoclays | Sigma-Aldrich*. <https://www.sigmaaldrich.com/technical-documents/articles/materials-science/nanomaterials/nano-minerals-nanoclays.html>
- Micó-Vicent, B., Martínez-Verdú, F. y Gilabert-Pérez, E. (2010). Estudio preliminar sobre la incorporación y/o síntesis de nanopigmentos para la tinción en CO₂ supercrítico. In *IX CONGRESO NACIONAL DEL COLOR ALICANTE 2010* (p. 425). Universidad de Alicante. Servicio de Publicaciones. <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/16497#vpreview>
- Micó-Vicent, Jordán, J., Martínez-Verdú, F. y Balart, R. (2017). A combination of three surface modifiers for the optimal generation and application of natural hybrid nanopigments in a biodegradable resin. *Springer*, 52, 889–898. <https://doi.org/10.1007/s10853-016-0384-8>
- Moldovan, S. (2016). *Investigación del proceso de tinción sobre tejidos de algodón con colorantes naturales extraídos de micro y macro algas: Arthrospira Platensis, Synechococcus sp., Ulva sp.* <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/73893/MOLDOVAN - COLORANTES NATURALES PARA FIBRAS TEXTILES A PARTIR DE ALGAS.pdf?sequence=1>
- Moya, A. (2014). *Solidez al Lavado Método Acelerado*. Blogger. <https://tex-til-tex-til.blogspot.com/2014/11/solidez-al-lavado-metodo-acelerado.html>
- Nguyen, N. Q. y Dang, T. Q. (2017). Optimization of Ultrasound-Assisted Extraction of Natural Pigments from Annatto Seeds (Bixa Orellana) Using Response Surface Methodology. *EC Nutrition*, 7(4), 159–169. <https://www.econicon.com/ecnu/pdf/ECNU-07-00237.pdf>
- Pineda, E. N. (2015). Preparation and Radioprotective effects of a standardized Tocotrienol containing extract isolated from Annatto seeds (Bixa Orellana L.) [Universidad Técnica Particular de Loja]. In *University of Arkansas* (Issue May). <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bitstream/28000/1683/1/T-SENESC-CYT-00800.pdf>
- Rahmalia, W., Fabre, J.-F. y Mouloungui, Z. (2015). ScienceDirect Effects of Cyclohexane/Acetone Ratio on Bixin Extraction Yield by Accel-

- erated Solvent Extraction Method. *Procedia Chemistry*, 14(14), 455–464. <https://doi.org/10.1016/j.proche.2015.03.061>
- Rasmussen, K., Rauscher, H., Mech, A., Riego Sintes, J., Gilliland, D., González, M., Kearns, P., Moss, K., Visser, M., Groenewold, M. y Bleeker, E. A. J. (2018). Physico-chemical properties of manufactured nanomaterials - Characterisation and relevant methods. An outlook based on the OECD Testing Programme. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 92, 8. <https://doi.org/10.1016/J.YRTPH.2017.10.019>
- Reyes, Z. (2015). *Extracción y evaluación del colorante natural de achiote (Bixa orellana L.) como sustituto del colorante E-102 amarillo No. 5 (Tartracina) en la elaboración de un yogurt*. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Rodrigues, L., Alcázar-Alay, S., Gomes, M. y Meireles, A. (2013). Pressurized Liquid Extraction (PLE) of Bixin from defatted Annatto seeds. *III Iberoamerican Conference on Supercritical Fluids Cartagena de Indias (Colombia), 2013*, 1–6. <http://www.nupeg.ufrn.br/prosciba/prosciba2013/Papers/T2-09.pdf>
- Schanda, J. (1996). CIE colorimetry and colour displays. *Final Program and Proceedings - IS and T/SID Color Imaging Conference*, 230–234.
- Shahid-ul-Islam, Rather, L. J. y Mohammad, F. (2016). Phytochemistry, biological activities and potential of annatto in natural colorant production for industrial applications - A review. *Journal of Advanced Research*, 7(3), 499–514. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2015.11.002>
- Singh, B., Parwate, D. y Shukla, S. (2009). Radiosterilization of fluoroquinolones and cephalosporins: Assessment of radiation damage on antibiotics by changes in optical property and colorimetric parameters. *AAPS PharmSciTech*, 10(1), 34–43. <https://doi.org/10.1208/s12249-008-9177-y>
- Taham, T., Cabral, F. A. y Barrozo, M. A. S. (2015). Extraction of bixin from annatto seeds using combined technologies. *The Journal of Supercritical Fluids*, 100, 175–183. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2015.02.006>
- Testex. (2022). *Solidez del color: la guía definitiva*. <https://www.testextextile.com/es/color-fastness-the-ultimate-guide/>
- Van Chuyen, H., Hoi, N. T. N. y Eun, J.-B. (2012). Improvement of bixin extraction yield and extraction quality from annatto seed by modification and combination of different extraction methods. *International Journal of Food Science & Technology*, 47(7), 1333–1338. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2012.02977.x>

Estructuración y eficacia de las políticas públicas de inclusión social en gobiernos parroquiales del Ecuador

Anabel Castro¹, Linda Amancha¹

¹Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Ambato, Ecuador.

^{*}Autor para correspondencia: accastro@pucesa.edu.ec

Recibido: 2023/01/17 Aprobado: 2023/03/14

DOI: <https://doi.org/10.26621/ra.v1i28.864>

RESUMEN

La presente investigación se enmarca en el estudio de la estructuración de las políticas públicas de inclusión social que se aplican con los grupos de atención prioritaria en los Gobiernos autónomos descentralizados parroquiales del Ecuador. En concreto, se realiza un estudio del GAD parroquial de Victoria del Portete del cantón Cuenca, provincia de Azuay, con el cual se podrá evidenciar la estructuración, implementación y grado de satisfacción de esta clase de políticas en relación con el servicio público en este sector. Metodológicamente, se ha utilizado el método deductivo, centrado en delimitar el objeto de conocimiento partiendo de lo general a lo particular, así como el método cualitativo y cuantitativo, con la finalidad de recabar información sobre el universo de estudio. Entre los resultados obtenidos, se puede señalar que, a nivel del GAD parroquial Victoria del Portete, se han generado, en mayor medida, programas para abordar la inclusión social en los grupos de atención prioritaria sin tomar en cuenta la construcción de políticas públicas integrales que garanticen el ejercicio de los derechos de estos grupos a largo plazo. Por ello, se constata la carencia de análisis o estudios sobre construcción de políticas públicas.

Palabras clave: política pública, inclusión social, gobiernos parroquiales, Victoria del Portete, Ecuador

ABSTRACT

The present investigation is framed in the study of the structuring of the public policies of social inclusion that are managed with the groups of priority attention in the autonomous decentralized parochial Governments of Ecuador, in the specific case of a study of the parochial GAD of Victoria del Portete in the canton of Cuenca, province of Azuay, is carried out, with which it will be possible to demonstrate the structuring, implementation, and degree of satisfaction of this kind of policies regarding public service in this sector. Methodologically, the deductive method has been used, focused on delimiting the object of knowledge starting from the general to the particular, as well as the qualitative and quantitative methods in order to gather information about the universe of study. Among the results obtained, it can be pointed out that at the level of the parish GAD Victoria del Portete, to a greater extent, programs have been generated to address social inclusion in priority attention groups without taking into account the construction of comprehensive public policies that guarantee the exercise of the rights of these groups in the long term. Therefore, there is a lack of analysis or studies on the construction of public policies.

Keywords: public policy, social inclusion, parish governments, Victoria del Portete, Ecuador

Anabel Castro  orcid.org/0000-0003-2701-6291

Linda Amancha  orcid.org/0000-0001-5958-6905



INTRODUCCIÓN

El deber fundamental del Estado ecuatoriano es respetar y hacer respetar los derechos de las personas; así lo establece el artículo 11 de la Constitución de la República del Ecuador (CRE), en el que este gran principio es concebido como un deber y una obligación estatal. Este deber pretende mejorar la calidad de vida de las personas que residen en el país a través de diversos planes y políticas públicas que mitiguen las situaciones de pobreza, desigualdad, discriminación, desempleo y demás problemáticas que impiden el correcto desarrollo de la sociedad ecuatoriana. Las necesidades sociales a nivel nacional son diversas y es una gran labor reducirlas; existen varios factores que lo impiden, como la carencia de recursos públicos asignados y la falta de políticas públicas encaminadas a prevenir y combatir estas problemáticas.

La generación de políticas públicas en el área social es una de las principales propuestas gubernamentales para fomentar la inclusión social de los grupos históricamente rezagados en la participación en el ámbito público. Sin embargo, la creación de políticas públicas no es suficiente si no viene acompañada de un correcto análisis de su estructuración por parte de los entes gubernamentales, en este caso, los Gobiernos autónomos descentralizados parroquiales, y, a su vez, de una valoración del grado de satisfacción y aplicación de dichas políticas. Estas acciones permiten comprender de forma integral cómo se desarrolla el sistema de inclusión y equidad que plantea el Estado ecuatoriano con la Constitución de Montecristi de 2008 y el Plan Nacional de Desarrollo del Estado.

El presente trabajo aborda, en un primer momento, un análisis de la adecuada estructuración de una política pública, una revisión bibliográfica acerca de los grupos de atención prioritaria y una estructura práctica del manejo del tema de la inclusión en el Estado ecuatoriano. En un segundo momento, a través de la aplicación de materiales y métodos, se realiza una investigación de la gestión de la inclusión en los grupos de atención prioritaria en el Gobierno autónomo descentralizado parroquial de Victoria de Portete, ubicado en el cantón Cuenca, provincia de Azuay.

Este análisis parte del estudio de dos variables concretas: la estructuración de políticas públicas de inclusión social para la garantía de derechos de los grupos de atención prioritaria y el grado de satisfacción con estas políticas; así, se trata de una investigación con base en dos métodos, el cualitativo y el cuantitativo. Como resultado, la presente investigación determina el nivel estructural de las políticas públicas en el marco de la inclusión social dentro de uno de los Gobiernos parroquiales del Ecuador. Con ello, se puede tener una muestra de la realidad de lo que se realiza en el ámbito de la construcción de políticas públicas a nivel de los Gobiernos parroquiales, que son realmente los Gobiernos de territorio que se enfrentan con la necesidad directa de satisfacer las necesidades de la población ecuatoriana.

Desarrollo

Para la sección que describe el desarrollo de la presente investigación, se ha estructurado el análisis de la información en subtemas concretos en relación con el método deductivo. Se parte de una revisión del contexto general de las políticas públicas y su construcción; en un segundo momento, se analiza el manejo de la inclusión social en el Estado ecuatoriano; como tercer subtema, se aborda la cuestión de los grupos de atención prioritaria; en un cuarto apartado, se estudia la estructuración de las políticas públicas de inclusión social en los Gobiernos autónomos descentralizados del Ecuador y, finalmente, se concreta la investigación con el caso práctico del GAD parroquial Victoria del Portete.

Contexto general de las políticas públicas

Para iniciar con esta cuestión, es indispensable establecer qué se entiende por *política pública*. El término *política* proviene de la palabra *polis*, que significa ciudad, y todo lo referente a esta y al Estado, así como aquella actividad noble que se encuentra relacionada con el diálogo, el consenso, los acuerdos, el desarrollo y los debates de ideas, entre otros factores (Tirant to blanch, 2022). Por otro lado, el término *pública* proviene de *lo público*, que hace referencia a lo general, lo estatal o lo gubernamental. En este sentido, se entienden como políticas públicas aquellos lineamientos o actividades encaminados a la regulación de todos los ciudadanos.

El diccionario jurídico señala que una política pública puede ser definida como “una intervención deliberada del Estado para corregir o modificar una situación social o económica que ha sido reconocida como problema público” (Diccionario Jurídico, 2018). Grosso modo, la política pública es aquel conjunto de actividades, proyectos o guías que establece el Estado a través de su Gobierno y la administración pública con la finalidad de cumplir con los objetivos planteados por este y, a su vez, satisfacer las necesidades de la población. Algunos investigadores señalan diferentes concepciones de lo que consideran como *política pública*. El autor Andre Roth Deubel señala que para comprender el término *política* se deben identificar los elementos centrales que conforman una política pública, que son los siguientes: “implicación del gobierno, percepción de problemas, definiciones de objetivos y proceso” (Roth, 2009, p. 25).

La finalidad de las políticas públicas es el cumplimiento de objetivos colectivos para el Estado a través de los medios y acciones institucionales para su desarrollo (Roth, 2009). En este sentido, es de gran relevancia conocer las políticas públicas estatales y cómo se aplican en cada región para verificar el cumplimiento de estos objetivos denominados colectivos, es decir, de toda la sociedad.

Para el análisis de las políticas públicas existen ciertas tipologías, que no son más que aquellas formas de clasificación y organización de estas políticas para su comprensión y estudio. En este sentido, se puede mencionar la clásica tipología de política pública denominada *policy cycle* (Lowi, 1964), mediante la cual se establece la forma adecuada de estructurar una política pública desde su inicio.

La *policy cycle*, para Jones (1970, como se citó en Roth, 2009), establece cinco fases que deben ser tomadas en cuenta para la estructuración de una política pública: identificación del problema, formulación de soluciones, toma de decisiones, implementación y evaluación. En la primera de estas etapas se realiza la identificación del problema, que constituye el eje clave para dar inicio a la estructuración de una política pública. En esta fase se debe percibir la realidad que afronta la población en diversos aspectos, como salud, educación, vivienda y gobernanza, entre otros; posteriormente, se debe establecer una lista de problemas con base en la prioridad de estos según su grado de vulnerabilidad. Finalmente, se concreta la problemática en una demanda específica en la que exista la debida relación entre dicha demanda y el papel que cumple el Estado para su solución, es decir, la competencia que tiene el Gobierno para solventar la problemática determinada.

Una vez que la problemática está priorizada y determinada, se procede a una segunda fase en la que se plantean soluciones y propuestas de resolución de la problemática con base en los diversos criterios legales, sociales y jurídicos que permitan solventarla. En esta etapa se manejan diferentes soluciones y se crean hipótesis que resuelvan el

caso. En un tercer momento, se selecciona la mejor solución para el conflicto, tomando una decisión concreta que, de forma efectiva, mitigue la problemática a través de una adecuada política pública. La cuarta etapa se fundamenta en la ejecución o implementación de la política en el territorio que sufre la problemática y, finalmente, en la quinta etapa, se realiza una evaluación de los resultados que genera dicha implementación, verificando sus efectos tanto positivos como negativos.

Este ciclo de la política que señala Jones (1970) contempla una secuencia coherente de la construcción de políticas públicas con base en las problemáticas de una sociedad, la cual permite elaborarlas, aplicarlas y valorar sus resultados. En este sentido, a efectos del presente trabajo, se aplicará este ciclo de análisis como idea base; sin embargo, en el caso concreto en el que se evaluarán las políticas de inclusión social para los grupos de atención prioritaria en los Gobiernos autónomos descentralizados parroquiales, se empleará el siguiente ciclo de evaluación de políticas públicas, creado por la autora para este estudio.

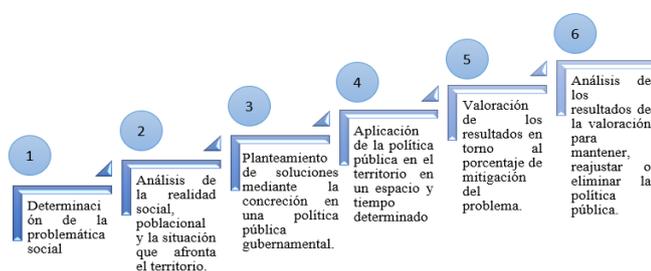


Figura 1. Ciclo de evaluación de políticas públicas

La estructuración, aplicación y valoración de las políticas públicas son acciones constantes dentro de un Estado constitucional de derechos y justicia como es el ecuatoriano; por ello, estas labores deben efectuarse conforme a la ley y a los fines que persigue el Estado. Las políticas públicas deben ser continuas y deben responder a una problemática social, evitando caer en la abstracción; por este motivo, las políticas se encuentran en constante innovación y revisión de su efectividad.

Inclusión social en el Estado ecuatoriano

El tema de la inclusión es uno de los ejes transversales de la Constitución ecuatoriana y el Plan Nacional de Desarrollo (PND) del país, debido a la necesidad que ha identificado el Estado de fortalecer la inclusión social de todos los grupos sociales, especialmente de aquellos que históricamente han sido discriminados tanto en el acceso a servicios como en su participación como miembros activos de la sociedad.

En este sentido, en un primer momento, se debe comprender qué se entiende por *inclusión e inclusión social*. La inclusión, de conformidad con la Real Academia de la Lengua Española (RAE), es “la acción y efecto de incluir” (RAE, 2022); en este caso concreto, son las acciones que implementa el Estado a través de políticas públicas para incluir a ciertos grupos de la sociedad que históricamente han sido desplazados del ámbito público y del ejercicio pleno de sus derechos. Por su parte, la inclusión social es una de las clases de inclusión que existen de conformidad con el campo de acción de esta práctica; por ejemplo, la inclusión educativa está direccionada al ámbito de la educación, la inclusión laboral se maneja en el área del trabajo y la inclusión social está relacionada con la incorporación de todos los miembros de la sociedad en las diferentes esferas con la finalidad de ejercer plenamente sus derechos y participar en lo público.

La Constitución de la República del Ecuador (CRE) destina todo un capítulo a la sección de la inclusión y equidad en el título VII, denominado “régimen del buen vivir”. En este capítulo se incluyen los lineamientos generales del sistema de inclusión y, en el artículo 340, se establece que el Estado cuenta con un sistema nacional de inclusión y equidad social, el cual se define como “...el conjunto articulado y coordinado de sistemas, instituciones, políticas, normas, programas y servicios que aseguran el ejercicio, garantía y exigibilidad de los derechos reconocidos en la Constitución y el cumplimiento de los objetivos del régimen de desarrollo...” (CRE, 2008, art. 340). Este sistema se articula con los objetivos del Plan Nacional de Desarrollo y el sistema nacional descentralizado de planificación participativa que se genera de acuerdo con los periodos gubernamentales que tiene el Estado.

El Sistema Nacional de Inclusión y Equidad Social mantiene una orientación hacia principios que rigen en todo el cuerpo normativo de la Constitución, como la igualdad y no discriminación, la equidad, la progresividad y la interculturalidad, entre otros, con el objetivo de garantizar los derechos de los ciudadanos en los ámbitos de la vivienda, la educación, la salud, la seguridad social, la gestión de riesgos y demás aspectos que atañen al desarrollo de los ecuatorianos.

Grupos de atención prioritaria

A lo largo de la construcción de la historia de la humanidad, los seres humanos han ido agrupándose y asociándose en torno a sus afinidades, fortalezas y oportunidades con la finalidad de mantener su supervivencia y continuar con su progreso. En esta agrupación, en muchas ocasiones, se ha dejado de lado a personas que no tienen la misma posición de fortaleza o superioridad porque son las más débiles del grupo. Estas personas han sido relegadas históricamente de la toma de decisiones del grupo social o incluso del acceso a ciertos bienes y servicios por su condición de “inferioridad”.

A nivel constitucional, las cartas fundamentales ecuatorianas protegían a estos grupos sociales bajo la denominación de “grupos vulnerables” hasta la Constitución de 1998. Con la carta fundamental de 2008 se establece una amplia protección de los derechos de todos los ciudadanos; de este modo, en el artículo 10 se establece que “todas las personas, comunidades, pueblos, nacionalidades y colectivos son titulares y gozarán de los derechos garantizados en la Constitución y en los instrumentos internacionales” (CRE, 2008), lo que determina que todas las personas son sujetos de derechos sin discriminación de ningún tipo. Asimismo, se establecen condiciones especiales para garantizar los derechos de ciertos grupos sociales que se encuentran en condiciones de vulnerabilidad, a los que se los denomina “grupos de atención prioritaria”.

Los grupos de atención prioritaria son “aquellos que históricamente, por su condición social, económica, cultural y política, edad, origen étnico [sic] se encuentran en condición de riesgo que les impide incorporarse al desarrollo y acceder a mejores condiciones de vida, al buen vivir” (Ministerio del Trabajo, 2017, p. 1). Por tanto, se puede determinar que este grupo social se mantiene en una condición de riesgo o desventaja para el acceso a una mejor calidad de vida y al ejercicio pleno de sus derechos. La Constitución, en su artículo 35, detalla cuáles son las personas que forman parte de los grupos de atención prioritaria, encasillando en esta categoría a las personas adultas mayores, niñas, niños y adolescentes, mujeres embarazadas, personas con discapacidad, personas privadas de libertad, quienes adolezcan de enfermedades catastróficas o de alta complejidad y víctimas de violencia doméstica y sexual, maltrato infantil y de desastres naturales o antropogénicos (Constitución de la República del Ecuador, 2008). Asimismo, la Corte Constitucional ecuatoriana (Sentencia N° 115-14-SEP-CC, 2014) establece que, ante cualquier inobservancia

de los derechos de estos grupos de atención prioritaria que, a su vez, vulnera sus derechos, las personas afectadas podrán acceder a una garantía constitucional jurisdiccional para que se tutelen sus derechos.

Estructuración de las políticas públicas de inclusión social en los Gobiernos autónomos descentralizados del Ecuador

Para analizar la estructuración de esta clase de políticas públicas, es importante detallar cómo se encuentran constituidos los Gobiernos autónomos descentralizados en el Ecuador. A nivel de cada circunscripción territorial, existe un Gobierno autónomo descentralizado encargado de fomentar el desarrollo de la región en el marco de sus competencias y atribuciones y de garantizar el ejercicio de los derechos de los ciudadanos. En el país existen cuatro clases de Gobiernos autónomos descentralizados: regional, provincial, cantonal o de distritos metropolitanos y parroquial.

En el caso específico de los Gobiernos autónomos descentralizados parroquiales rurales, estos “son personas jurídicas de derecho público, con autonomía política, administrativa y financiera” (COOTAD, 2010, art. 63), lo que denota la existencia de autonomía en el ejercicio de sus funciones al constituirse como el órgano de gobierno parroquial rural de un territorio específico.

Respecto a las competencias que se atribuyen a los Gobiernos parroquiales, estas se encuentran establecidas en el Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD). En relación con el tema de esta investigación, este cuerpo normativo establece en su artículo 64, literal b, que son funciones del Gobierno autónomo descentralizado parroquial rural “diseñar e impulsar políticas de promoción y construcción de equidad e inclusión en su territorio, en el marco de sus competencias constitucionales y legales” (COOTAD, 2010, art. 64), lo que indica la competencia que poseen esta clase de Gobiernos para construir políticas públicas de inclusión social en su territorio.

Esta competencia se encuentra enlazada con el deber que tienen estos GAD de promover los sistemas de protección integral a los grupos de atención prioritaria, garantizando sus derechos de forma integral y sin excederse en el ámbito de sus competencias. Para el correcto desarrollo de esta competencia, el COOTAD establece en su artículo 249 que los Gobiernos parroquiales deben asignar el diez por ciento de su presupuesto de los ingresos no tributarios para financiar los programas y políticas públicas orientados a la satisfacción y garantía de los derechos de los grupos de atención prioritaria.

En el Ecuador existen 821 Gobiernos parroquiales rurales, de conformidad con lo que establece el Consejo Nacional de Gobiernos Parroquiales Rurales del Ecuador.



Figura 2. Gobiernos parroquiales rurales

El caso Victoria del Portete

El caso concreto de análisis se centra en un Gobierno autónomo descentralizado de tipo parroquial rural como es Victoria del Portete, el cual se encuentra localizado en el cantón Cuenca de la provincia de Azuay, en Ecuador. Este GAD dirige una de las parroquias rurales del cantón Cuenca, que se encuentra localizada al sur de la ciudad y cuenta con una población de 5250 habitantes distribuidos en 17 comunidades, según el último censo poblacional, del año 2010, realizado en el Ecuador (INEC, 2022). Al ser uno de los Gobiernos parroquiales con un espectro de trabajo pequeño, en comparación con todos los Gobiernos autónomos del Ecuador, nos permite evidenciar, de forma concreta y desde la unidad más básica de los Gobiernos autónomos descentralizados, la realidad que se desarrolla en torno a la utilización de las políticas públicas como forma de gobernabilidad.

Uno de los ejes del Plan de Desarrollo del GAD de Victoria del Portete durante el periodo 2019-2023 es la inclusión; esta se encuentra incluida en el eje séptimo, donde se señala como objetivo “hacer posible que las personas o los grupos de personas que se encuentran en una situación vulnerable puedan participar plenamente en la vida social” (PDOT Victoria del Portete, 2020). Este eje es de central y vital importancia en el desarrollo de las actividades que ejerce el GAD en el ámbito de sus competencias para promover la inclusión social con énfasis en los grupos de atención prioritaria y, a su vez, crear política pública que fortalezca este eje.

MÉTODOS

El enfoque del artículo científico es de tipo cualitativo y cuantitativo. Cualitativo por cuanto en el presente estudio se caracterizan todos los aspectos concernientes a las políticas públicas, la inclusión social, los grupos de atención prioritaria y el sistema de los Gobiernos parroquiales ecuatorianos. Por otro lado, el enfoque cuantitativo permite que, mediante la recolección y análisis de información en el territorio, se determine el grado de satisfacción con las políticas públicas de inclusión social en el GAD parroquial de Victoria del Portete.

Nivel.- El nivel de la investigación es de corte exploratorio y descriptivo. Es exploratorio debido a que no se han realizado investigaciones previas al respecto en el Estado ecuatoriano y descriptivo porque mediante este nivel se caracterizan y detallan con precisión los resultados obtenidos con la investigación.

Tipo.- La investigación es de tipo documental, ya que se analiza la normativa vigente, la doctrina, la jurisprudencia y la información obtenida del GAD parroquial Victoria del Portete respecto a las políticas públicas de inclusión social, con la finalidad de fundamentar teóricamente el estudio. En concordancia con el tipo de investigación, se aplica el método deductivo, con la finalidad de sistematizar la información partiendo de lo general a lo particular.

Técnicas.- Las técnicas aplicadas en la investigación son la recolección de información en el GAD parroquial Victoria del Portete respecto a las políticas públicas de inclusión social de los grupos de atención prioritaria, para su posterior análisis y sistematización de conformidad con el ciclo de evaluación de políticas públicas planteado, así como la aplicación de encuestas estructuradas que permitan recabar información de primera mano acerca del grado de satisfacción con esta clase de políticas públicas.

Población y muestra.- La presente investigación parte de una revisión documental de las políticas públicas de inclusión social del GAD parroquial Victoria del Portete, en la que la población macro son los integrantes de dicha parroquia. Específicamente, dentro de las diferentes políticas públicas, varios usuarios han sido beneficiados de estos programas, que en su mayoría han finalizado; sin embargo, el programa Mis Mejores Años, que cuenta con 60 adultos mayores, continúa en marcha y, debido a su condición de vigencia, se ha tomado como muestra específica a 15 miembros del programa para efectuar las correspondientes encuestas y evaluar el grado de satisfacción con las políticas públicas de inclusión social. Para ello, se ha empleado la siguiente fórmula de muestreo por variables:

$$n = \frac{1,96^2 * 0,5 * 0,5 * 60}{0,1^2 (60 - 1) + 1,96^2 * 0,5 * 0,5}$$

$$n = \frac{58,8}{3,94}$$

$$n = 15$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La exposición de los resultados y la discusión se aborda de forma integral mediante dos ejes concretos, que corresponden a la evaluación de la construcción de las políticas públicas y al grado de satisfacción con estas políticas.

Evaluación de la construcción de las políticas públicas

Respecto a las acciones implementadas por el GAD relacionadas con la inclusión social de los grupos de atención prioritaria y sus políticas públicas, se han realizado 11 proyectos en torno al fomento de la inclusión social dentro del territorio a lo largo del periodo de gobierno 2019-2023. Sin embargo, cabe resaltar que este Gobierno, como la mayoría de los Gobiernos parroquiales, maneja la inclusión social en su territorio a través de programas o proyectos específicos a corto plazo, con los que se busca cumplir con la inclusión social y la garantía de los derechos de este grupo social de una forma concreta, sin desarrollar políticas públicas integrales.

En el marco del análisis minucioso de cada uno de los programas en el área social, se puede concluir que el GAD Victoria del Portete, que es una muestra de los 821 Gobiernos parroquiales que tiene el Ecuador, ha estructurado sus políticas públicas en el territorio mediante proyectos sociales a corto plazo en los que se ha buscado satisfacer las necesidades sociales prima facie y de forma directa en una relación Gobierno-población, cubriendo muchas de las necesidades relacionadas con el objetivo esencial de inclusión social; sin embargo, no se ha generado un campo de política pública que abarque más allá de una necesidad temporal y que garantice su perpetuidad en el tiempo.

Con base en la aplicación del ciclo de construcción de políticas públicas, se indica que, a nivel del GAD parroquial en estudio, se han generado, en mayor medida, programas inclusivos sin tomar en cuenta la construcción de políticas públicas integrales que garanticen el ejercicio de los derechos de los grupos de atención prioritaria a mediano y largo plazo.

Proyecto	Descripción	Período		Beneficiados							Construcción de la política pública		Análisis
		Año	Meses	Adultos	Embarazad	NVA	DPI	Enfermedad	Discapacida	Violencia	Program	Política	
Juntos lograremos nuestros sueños.	Fortalecer la inclusión social mediante la creación de talleres de emprendimiento en el arte de la panadería y pastelería con grupos prioritarios de la parroquia Victoria del Portete.	2019	2	x			x		x			x	El proyecto está construido como política pública en torno a la determinación de la problemática social y al planteamiento de soluciones mediante la concreción en una política pública gubernamental; así como a la aplicación de la política en el territorio en un espacio y tiempo determinado; sin embargo, esta política para su construcción no cumple con un correcto análisis de la realidad social y poblacional que afronta el territorio ni una valoración de su aplicación.
Mis mejores años	Fortalecer el bienestar y la integración del grupo de adultos mayores a través de actividades productivas, recreativas y de salud.	2019	6	x								x	Se considera a este proyecto como política pública debido a una correcta estructuración, exceptuando su desarrollo en la segunda fase del ciclo de construcción de una política pública que habla sobre el análisis de la realidad social, debido a que no se determina de forma concreta la realidad de la problemática con datos e información levantada en el territorio.
Proyecto de cooperación y servicios para personas adultas mayores	Generar procesos inclusivos de personas adultas mayores en extrema pobreza mediante un convenio de atención prioritaria en la modalidad (atención domiciliaria).	2019	4	x								x	El proyecto si es considerado como una política pública debido a que cumple con todas las fases de su construcción; sin embargo, carece de una etapa final de evaluación de eficacia de la política que hace referencia al análisis que se debe efectuar para mantener, reajustar o eliminar la política pública.
Eventos y festividades	Promover la unidad, inclusión y participación de toda la población en una serie de eventos parroquiales.	2019	-	x	x	x	x	x	x	x	x		Este proyecto no está estructurado como una política pública debido a que no cumple con las fases del ciclo de la política pública y se lo considera netamente como un programa que abarca las celebraciones y fiestas a nivel anual. Estos eventos a nivel de los GADS no deben ser llevados a cabo como políticas públicas.
Mis mejores años	Fortalecer el bienestar y la integración del grupo de adultos mayores a través de actividades productivas, recreativas y de salud.	2020	6	x								x	El proyecto si es considerado como una política pública debido a que cumple con todas las fases de su construcción; sin embargo, carece de una etapa final de evaluación de eficacia de la política que hace referencia al análisis que se debe efectuar para mantener, reajustar o eliminar la política pública.

De igual forma, se puede evidenciar que la inclusión social es uno de los ejes claves que deben manejarse en los Gobiernos autónomos parroquiales, junto con otros ejes que refieren los encuestados relacionados con sus necesidades, como la salud y la seguridad en el territorio.

Respecto a la variable del grado de satisfacción de las políticas públicas, se puede precisar que la población de la muestra se encuentra en su totalidad satisfecha con la creación, implementación y manejo de políticas públicas de inclusión social que impulsan el desarrollo de los ciudadanos desde su territorio. Sin embargo, se debe tomar en cuenta que las políticas de este Gobierno parroquial del Estado ecuatoriano deben ser estructuradas como verdaderas políticas públicas que no se encuentren limitadas a programas a corto y mediano plazo; asimismo, es necesaria una articulación de nuevas políticas públicas que abarquen todos los sectores que forman parte de los grupos de atención prioritaria de forma integral y sin hacer distinciones o establecer preferencias entre uno u otro.

CONCLUSIONES

A partir de la presente investigación, se han obtenido las siguientes conclusiones:

Como fundamento teórico de las políticas públicas de inclusión social de los grupos de atención prioritaria, se puede concluir, en primer término, que una política pública es un mecanismo creado a nivel gubernamental con la finalidad de satisfacer las necesidades de la población y cumplir con los objetivos del Estado. Se deben entender los grupos de atención prioritaria como aquel sector de la población que se encuentra en una situación de vulnerabilidad y desventaja frente al resto de la ciudadanía por su situación particular, que hace que requiera especial atención por parte del Estado ecuatoriano. La inclusión social es un proceso que permite que las personas formen parte del sistema estatal de una manera integral, agregándoles a la comunidad y garantizando sus derechos en el Estado Constitucional de derechos y justicia que es el Ecuador.

Desde el ámbito de las políticas públicas a nivel de los Gobiernos autónomos descentralizados del Ecuador, se precisa que los GAD tengan la competencia atribuida mediante ley para crear políticas públicas que fomenten y fortalezcan la inclusión social en sus territorios. En el caso concreto del GAD parroquial de Victoria del Portete, se han analizado las políticas públicas de inclusión social de los grupos de atención prioritaria en el territorio y se ha podido cumplir con el objetivo planteado inicialmente en la investigación. Respecto a la construcción idónea de las políticas públicas de inclusión social de este GAD, se ha determinado la existencia de 11 proyectos durante el periodo de gobierno 2019-2023 encaminados al cumplimiento de la inclusión social de las personas vulnerables; sin embargo, todos ellos han sido denominados proyectos o programas, pero se han presentado en realidad como “políticas públicas”. Esta falencia en relación con la denominación parte de la confusión terminológica que manejan los GAD en torno a lo que es una verdadera política pública y lo que es un programa social.

Respecto a las políticas públicas revisadas, en la mayoría de ellas existe una correcta estructuración de su construcción como una política pública, pues se cumplen las fases de determinación de la problemática social, análisis de la realidad social, poblacional y la que afronta el territorio, planteamiento de soluciones mediante la concreción en una política pública gubernamental y aplicación de la política pública en el territorio en un espacio y tiempo determinado. Asimismo, se debe precisar que existe una falencia vinculada a las dos últimas fases del ciclo de la política, que son la valoración de los resultados en relación con el

porcentaje de mitigación del problema y el análisis de los resultados de la valoración para mantener, reajustar o eliminar la política pública; esta carencia se debe a que, en su generalidad, los Gobiernos autónomos crean y aplican políticas públicas sin medir la eficacia de estas en la fase de su cumplimiento, lo cual conduce a que el sistema no sea eficaz y no se cumpla con el propósito de la inclusión social en el territorio.

Finalmente, en cuanto a la evaluación del grado de satisfacción de las políticas públicas de inclusión social de los grupos de atención prioritaria, se ha podido determinar, con el muestreo empleado, que existe un alto grado de satisfacción con las políticas públicas implementadas por este GAD, las cuales cumplen con el objetivo para el cual fueron creadas.

Agradecimientos: Agradecemos a la PUCE sede Ambato por su apoyo y soporte académico en la elaboración del presente artículo.

Contribución de los autores: “Conceptualización, Amancha, Castro; metodología, Amancha, Castro; software, Amancha, Castro; validación, Amancha, Castro; análisis formal, Amancha, Castro; investigación, Amancha, Castro; recursos, Amancha, Castro; curación de datos, Amancha, Castro; redacción y preparación del borrador original, Amancha, Castro; redacción, revisión y edición Amancha, Castro; visualización, Amancha, Castro; adquisición de financiación, Amancha, Castro. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del documento”.

Fuentes de financiamiento: Declaramos que la investigación no fue financiada por ninguna institución.

Declaración de conflicto de intereses: Las autoras declaran la no existencia de conflicto de intereses.

REFERENCIAS

- Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD), 2010. Registro Oficial Suplemento 303 de 19-oct.-2010 Última modificación: 31-dic.-2019. <https://www.cpcps.gob.ec/wp-content/uploads/2020/01/cootad.pdf> Diccionario Jurídico. (2018). *Diccionario Jurídico*. Obtenido de <http://diccionariojuridico.mx/definicion/politica-publica/>
- Código Orgánico de Planificación y Finanzas Públicas (COPFP), 2010. 20 de octubre de 2010. https://www.finanzas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/CODIGO_PLANIFICACION_FINAZAS.pdf
- CONAGOPARE. (2022). CONAGOPARE. <http://www.conagopare.gob.ec/index.php/directorio/gad-provincias>
- Corte Constitucional del Ecuador. (2014). *Sentencia N° 115-14-SEP-CC*. <http://doc.corteconstitucional.gob.ec:8080/alfresco/d/d/workspace/SpacesStore/a0ebf490-3c70-4348-8bc0-5d4c0dda9e50/1683-12-ep-sen.pdf?guest=true>
- Constitución de la República del Ecuador. Registro Oficial n.o 449, 1 (2008). <https://www.fielweb.com/Index.aspx?rn=92740&nid=1#norma/1>
- Constitución Política del Ecuador (CPRE), 1998. 1 de 11 de Agosto de 1998. https://www.cancilleria.gob.ec/wp-content/uploads/2013/06/constitucion_1998.pdf
- Erazo Galarza, D. (2021). *Desarrollo Jurisprudencial de los Derechos de los Grupos de Atención Prioritaria*. <https://revistas.uees.edu.ec/index.php/rjuees/article/view/723/588>
- Fernández, C. (2021). El Estado y las políticas públicas: Un mapa teórico para su análisis. *Revista Estado y Políticas Pública* 16, 177-193. <https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/bits->

- tream/10469/17187/1/RFLACSO-EPP16-8-Fernandez.pdf
- IEXE. (2022). *¿Cómo Diseñar una Política Pública?* <https://www.iexe.edu.mx/blog/como-disenar-una-politica-publica/>
- INEC. (2022). *Instituto Nacional de Estadísticas y Censos*. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/>
- Lowi, T. (1964). *American Business, Public Policy, Case Studies and Political Theory*. Estados Unidos.
- Ministerio del Trabajo. (2017). *Dirección de atención a grupos prioritarios – Chimborazo rendición de cuentas 2017*. <https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2018/03/INFORME-GRUPOS-PRIORITARIOS.pdf?x42051>
- ONU. (2019). *Documento de discusión preparado para el Foro Internacional sobre Inclusión y Equidad en la Educación «Todas y todos los estudiantes cuentan»*. <https://es.unesco.org/sites/default/files/2019-forum-inclusion-discussion-paper-es.pdf>
- PDOTVictoria del Portete. (2020). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Parroquial de Victoria del Portete 2019-2023*. https://gad-victoriadelportete.gob.ec/azuay/wp-content/uploads/2021/05/PDOT_GADPARROQUIAL_VICTORIA-DEL-PORTETE.pdf
- Real Academia de la Lengua Española (RAE). *Diccionario de la Lengua Española* (2022).. <https://dle.rae.es/inclusi%C3%B3n>
- Romero, E., Zúñiga, X., & Tapia, D. (2019). *Atención a Grupos Prioritarios y Calidad de Vida, ¿Responsabilidad Social Universitaria?: Caso Parroquia Mariscal Sucre – Ecuador*. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7149456.pdf>
- Roth Deubel, A. N. (2009). *Políticas públicas. Formulación, implementación y evaluación*. http://www2.uca.edu.sv/mcp/media/archivo/f5abaa_evaluacionpoliticaspublicasroth.pdf
- Ruiz López, J. (2012). Calidad en la gestión pública: del azar a la necesidad. *Revista del CLAD Reforma y Democracia*, (54), 63-94. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=357533686003>
- Tirant to blanch. (2022). *¿Sabes de dónde proviene y qué significa la palabra Política?* <https://tirant.com/noticias-tirant/noticia-sabes-de-donde-proviene-y-que-significa-la-palabra-politica/>

Aplicación del manual de auditoría financiera del OBCE en microempresas del cantón Otavalo, en el marco de las prácticas preprofesionales de la carrera de Contabilidad y Auditoría

Lizandro Manuel Perugachi Limaico¹, Johanna Elizabeth Morocho Terán¹

¹Universidad de Otavalo, Ecuador

Autor para correspondencia: lperugachi@uotavalo.edu.ec

Recibido: 2023/01/09 Aprobado: 2023/03/15

DOI: <https://doi.org/10.26621/ra.v1i28.870>

RESUMEN

Esta investigación se desarrolló en microempresas del cantón Otavalo; se contó con la participación de estudiantes de la carrera de Contabilidad y Auditoría de la Universidad de Otavalo, en el marco de las prácticas preprofesionales, acompañados del docente tutor. Los objetivos fueron aplicar el manual de auditoría financiera del Observatorio de Ciencias Empresariales (OBCE) y examinar los estados financieros de la Cafetería Daniel's y del Consultorio Dental ORTHO-ESTETIC, con el propósito de determinar la eficiencia y eficacia de la administración y establecer las causas que impiden su crecimiento y sostenibilidad en el tiempo. La metodología utilizada en esta investigación fue explicativa y descriptiva, con la cual se buscó detectar errores en la gestión; la información se recolectó a través de la observación directa y la revisión de documentos. Como resultado, se detectaron falencias en los procesos de gestión administrativa y financiera que fueron susceptibles de corregir. Se concluye que las bases teóricas en auditoría son de mucha importancia, puesto que dotan de conocimientos y herramientas de mejora aplicables en la práctica y responden a las necesidades de mejora de los procesos administrativos.

Palabras clave: auditoría financiera, microempresas, eficiencia, eficacia

ABSTRACT

This research was carried out in micro-enterprises in the Otavalo canton; Students from the Accounting and Auditing career of the University of Otavalo participated, within the framework of pre-professional practices, accompanied by the tutor teacher. The objectives were to apply the financial audit manual of the Observatory of Business Sciences (OBCE) and to examine the financial statements of the Daniel's Cafeteria and the ORTHO-ESTETIC Dental Office, to determine the efficiency and effectiveness of the administration and establish the causes that impede its growth and sustainability over time. The methodology used in this research was explanatory and descriptive, with which it sought to detect errors in management; the information was collected through direct observation and document review. As a result, shortcomings were detected in the administrative and financial management processes that could be corrected. It is concluded that the theoretical foundations in auditing are very important since they provide knowledge and improvement tools applicable in practice and respond to the needs for improvement of administrative processes.

Keywords: financial audit, microenterprises, efficiency, effectiveness

Lizandro Manuel Perugachi Limaico  orcid.org/0000-0002-0515-6384

Johanna Elizabeth Morocho Terán  orcid.org/0000-0002-2399-7208



INTRODUCCIÓN

En América Latina, las pymes representan el 99 % de los emprendimientos que cada día nacen y se fortalecen, aportando al desarrollo regional (Enríquez, 2020). En Ecuador, las pequeñas y medianas empresas han alcanzado una importante madurez en el sector empresarial. Según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (2020), en su boletín del Directorio de Empresas y Establecimientos, el 92 % de los negocios en el país están calificados como microempresas, que son las responsables de generar cerca del 75 % del llamado empleo adecuado en el país (El Telégrafo, 2022).

Si bien es cierto que estos negocios promueven alrededor del 1 % de las ventas que genera la economía ecuatoriana en un año, la mayoría de las pymes se ven envueltas en procesos organizativos ineficientes que han limitado su expansión en el mercado y que incluso han condicionado su permanencia en él, pues ocho de cada diez emprendimientos fracasan al cabo de tres años. El análisis de la Escuela de Negocios de la Escuela Politécnica del Litoral (ESPOL) indica que las razones para que un emprendimiento no sea exitoso en un país en vía de desarrollo son la falta de financiamiento y el desconocimiento acerca de la administración de empresas, pues la mayoría de los negocios nacen de la necesidad, mas no de la demanda del mercado (ESPOL, 2019).

Por otro lado, estudios realizados por la Universidad Politécnica del Chimborazo del Ecuador demuestran la importancia de las auditorías financieras y de gestión en el sector microempresarial, pues permiten que estas organizaciones no sean sujetos de fraudes o malversaciones de sus recursos, minimizan sus riesgos y fortalecen sus sistemas de control interno (Cedeño et al., 2022).

Asimismo, la Universidad de La Salle de Colombia ha realizado auditorías al sector empresarial examinando sus sistemas de control interno e identificando posibles riesgos y fraudes; los resultados obtenidos permitieron identificar microempresas con falta de formalidad y organización, así como carencia de manuales de procedimientos y de políticas en todas sus áreas. Estos datos señalan la importancia de las auditorías en este sector, sin importar el tamaño de las empresas (Díaz, 2015).

En el Ecuador no existe una disposición normativa que obligue a las microempresas a contratar auditoría externa, pues el art. 321 de la Ley de Compañías indica que solamente las empresas con un monto mínimo de 500 000 dólares americanos deben contratar este servicio. Si bien es cierto que las microempresas, al ser empresas familiares, no cumplen con este parámetro, debe considerarse la totalidad de sus activos y el número de trabajadores que posean. Cabe mencionar que, en este contexto, la contratación del servicio de auditoría es voluntaria, es decir, el propietario lo hará si lo considera necesario para mejorar la gestión del negocio (Quispe et al., 2016).

Con base en lo expuesto, la experiencia tanto de universidades ecuatorianas como extranjeras determinan una situación problemática, donde la administración empírica de los negocios induce al mal manejo de sus recursos, afectando a su rentabilidad y permanencia en el medio. En este sentido, para lograr el objetivo de esta investigación, se ha establecido vínculos institucionales a través de convenios, estableciendo una relación de responsabilidad y colaboración entre la Universidad de Otavalo y las microempresas Cafetería Daniel's y el Consultorio Dental ORTHO – ESTETIC. Para realizar el trabajo, se ha contado con el apoyo de los estudiantes de la carrera de Contabilidad y Auditoría, quienes han realizado la auditoría con el acompañamiento del docente tutor.

Para el examen se ha utilizado una metodología explicativa y descriptiva, la cual se ha orientado a determinar las debilidades y oportunidades, con miras a apoyar la consecución de los objetivos de la microempresa y con el fin de valorar su eficiencia y eficacia en el manejo de sus recursos. El uso de técnicas y papeles de auditoría permitió obtener resultados que se procesaron y analizaron para emitir una opinión.

Manual de auditoría financiera

La auditoría es una actividad independiente y objetiva de aseguramiento, que permite a la empresa cumplir con sus objetivos a través de una dirección firme y disciplinada para evaluar y mejorar la eficacia de sus procesos de gestión (Espino, 2014). En este sentido, un manual es una herramienta que proporciona procedimientos y pautas para la ejecución de la auditoría en un tiempo determinado.

Según la Academia Pirani (2021), la auditoría está evolucionando a través del tiempo; se adapta a las situaciones que exige el mundo de los negocios y provee a la administración de un esquema de cambios que permite a las organizaciones competir en igualdad de condiciones con empresas similares nacionales o internacionales.

Por lo tanto, es importante considerar que la función principal de un manual es orientar los procesos y procedimientos que se aplican en una entidad, puesto que comprueba y confirma que las operaciones, registros, informes y demás información financiera se han efectuado conforme a las disposiciones legales y las políticas establecidas (Barcelona Activa, 2020).

Las Normas de Auditoría generalmente aceptadas

Es importante señalar que las Normas de Auditoría Generalmente Aceptadas (NAGAS) enmarcan los principios y requisitos que debe cumplir el auditor en el desempeño de sus funciones, de modo que pueda expresar una opinión técnica responsable (Mejía, 2015). Por lo tanto, las normas de estricto cumplimiento que no se deben dejar de aplicar son:

Normas personales o generales. - Regulan las condiciones que debe reunir el auditor de cuentas y su comportamiento en el desarrollo de su actividad.

1. **Normas relativas a la ejecución del trabajo.** - Su fin es determinar los medios y las actuaciones que se aplican al auditor en su ejercicio.
2. **Normas relativas a la preparación de los informes.** - La opinión de un auditor es el documento donde se expresan los resultados del examen realizado. La importancia de su dictamen está basada en normas que regulan la calidad y en requisitos para su adecuada preparación.

Obligados a auditoría externa en el Ecuador

La Resolución n.º SCVS-INC-DNCDN-2016-11, Registro oficial n.º 879 del 11 de noviembre del 2016 y su actualización bajo resolución SCVS-INC-DNCDN-2019-0014 del 7 de octubre del 2019, da a conocer quiénes deben contratar auditoría obligatoria:

- Compañías nacionales de economía mixta y anónima, sucursales de compañías o empresas extranjeras cuyos activos excedan los cien mil dólares de Estados Unidos de América.

- Las compañías nacionales anónimas, en comandita por acciones y de responsabilidad limitada cuyos montos de activos excedan los quinientos mil dólares.
- Las compañías sujetas al control y vigilancia de la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros, obligadas a presentar balances consolidados.
- Las sociedades de interés público definidas en la reglamentación pertinente, cuyos montos de activos excedan los quinientos mil dólares (SMS, 2022).

Como se indicó anteriormente, el sector microempresarial no tiene la obligación de contratar auditoría externa, pero los propietarios, con el fin de conocer la situación financiera, pueden contratarla, indistintamente de lo que indique la ley.

Rol de la auditoría financiera en las mipymes

La auditoría es objetiva e independiente; está concebida para aportar valor y mejorar las actividades de la microempresa, impulsar el cumplimiento de los objetivos de la empresa auditada y contribuir con un enfoque sistemático y disciplinado a la evaluación y mejora de la efectividad de los procesos de gestión a nivel general (Auditoría & Co, 2022). En las últimas décadas, las empresas requieren un tipo de respuesta que anticipe situaciones desfavorables; por ello, los planes de revisión se basan en los riesgos internos y externos que muchas veces impiden el desarrollo y cumplimiento de sus metas y objetivos.

Alcance de la auditoría en las mipymes

El alcance puede ser ilimitado, ya que toda operación o actividad de una entidad es susceptible de ser auditada, sin suponer que sea una operación financiera o de gestión. En cada hallazgo que se obtiene, la auditoría procura cubrir todos los aspectos internos o externos que influyen en la entidad (Hernández, 2016).

Proceso de la auditoría financiera

En la teoría y en la práctica, el proceso de auditoría radica en la revisión de documentos de las actividades diarias de la organización ejecutadas en un periodo determinado. La finalidad es verificar el cumplimiento de la normativa y los procedimientos internos dentro de la gestión de las microempresas.

Evaluación de control interno

El control interno busca evaluar el grado de confianza que debe existir en las empresas y que permita determinar la naturaleza, extensión y oportunidad en la aplicación de los procedimientos de auditoría. Al conocer y evaluar el control interno, se establece una relación específica entre la calidad, el control y su alcance, con ello detecta las debilidades y desviaciones en los sistemas de control interno del cliente, en procura de mejora a futuro (CONALEP, 2020).

Obtención de la evidencia comprobatoria

Para que la información sea valiosa, la evidencia obtenida debe ser competente, relevante, confiable y suficiente en términos de cantidad. Para que una evidencia se considere competente y suficiente debe cumplir con las siguientes características:

1. **Relevante.** - Cuando ayude al auditor a llegar a una conclusión respecto de los objetivos específicos de la auditoría.
2. **Auténtica.** - Cuando sea verdadera en todas sus características.
3. **Verificable.** - Cuando permita que dos o más auditores lleguen por separado a las mismas conclusiones, en iguales circunstancias o condiciones.
4. **Neutral.** - Libre de prejuicios, es decir, que no obedezca a intereses personales de la administración (Cevallos et al., 2018).

En auditoría, al obtener una evidencia suficiente y competente, es necesario considerar ciertos factores, como los siguientes:

5. **Riesgo inherente,** se da por el gran volumen de operaciones que se tornan incontrolables. Si estas son mayores, el nivel de riesgo inherente también será mayor; por ende, los procedimientos a aplicar deben ser más prolijos, a fin de depurar la evidencia encontrada.
6. **Riesgos de control,** el control interno y su grado de implementación proporcionan tranquilidad o desconfianza, que son susceptibles de análisis y comprobación.

Al obtener una evidencia relevante, el auditor aplicará procedimientos de control a través de:

7. **Pruebas de control.** - Tienen la finalidad de obtener evidencia sobre la capacidad del sistema de control interno en sus diversos departamentos.
8. **Pruebas sustantivas.** - Examinan las transacciones y la información producida por la entidad, aplicando los procedimientos y técnicas de auditoría, con el fin de validar las afirmaciones y detectar las deficiencias materiales contenidas en los estados financieros o en la gestión de la administración (Barragan et al., 2020).

Fases de aplicación en la auditoría financiera

De conformidad con la normativa técnica de auditoría vigente, el proceso de la auditoría se desarrolló en las siguientes fases:

- **Fase 1: Contratación del servicio de auditoría.** - La Ley de Compañías del Ecuador, en su art., 321, indica que se debe contratar auditoría externa hasta el 30 de septiembre de cada año. En este caso, la existencia de un convenio interinstitucional entre la Universidad de Otavalo y la microempresa Daniel's reemplaza al contrato, beneficiando a las partes involucradas.
- **Fase 2: Planificación.** - Comprende la relación de objetivos, metas, políticas, programas y procedimientos compatibles con los recursos disponibles para ejecutar una auditoría eficaz. El auditor debe planear su trabajo de modo que le permita llevarla a cabo de manera eficiente y oportuna.
- **Fase 3: Ejecución.** - Esta fase involucra una variedad de actividades, entre las que se incluyen evaluaciones de riesgo y la ejecución de procedimientos.
- **Fase 4: Comunicación de resultados.** - Su propósito es proporcionar información útil y oportuna en torno a asuntos importantes que posibilite recomendar la necesidad de mejoras en las operaciones y en el sistema de control interno de la entidad.

- **Fase 5: Diseño, implantación y evaluación.** - Si la auditoría señala que amerita un sistema de control, debe considerarse su diseño e implementación para una evaluación a futuro. Por otra parte, si la empresa posee un sistema de control interno y en su evaluación presenta deficiencias, puede ser que el sistema no fuese creado acorde a las necesidades de la entidad; por ende, será necesario su rediseño (OBCE, 2021).

Los referentes teóricos citados señalan que las auditorías buscan mejorar los procesos de control de los recursos, corroborar la confiabilidad de las cifras y evaluar su control interno, garantizando la estabilidad económica y la supervivencia en el tiempo (Andrade et al., 2021).

MÉTODOS

La metodología, de tipo explicativa y descriptiva, se aplicó en las microempresas Cafetería Daniel's y Consultorio Dental Ortho-Estetic, a efecto de evaluar la eficiencia y eficacia de estos establecimientos. El proceso de estudio motivó a los estudiantes a desarrollar un nivel de conocimiento y aptitud frente al ejercicio de la auditoría, entendiendo a los informantes como sujetos y objetos de producción de conocimiento práctico a raíz de sus experiencias. Para el trabajo in situ se utilizó el manual de auditoría financiera del OBCE como guía de actuación para los estudiantes (auditores). Se contó con la participación de seis estudiantes de la carrera de Contabilidad y Auditoría, que, bajo la tutoría de un docente del área de ciencias empresariales, realizaron sus prácticas preprofesionales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caso de la microempresa Cafetería Daniel's

Como antecedentes, se puede señalar que la Cafetería Daniel's nace en el año 2016, está ubicada en el parque central del lago San Pablo del cantón Otavalo, su propietario, Erik Geovanny Yamberla Conejo, la crea con el fin de ofrecer un sitio familiar en el que turistas nacionales y extranjeros puedan disfrutar de bebidas frías o calientes, postres y otros alimentos, acompañados de buena música en un lugar ameno.

Para la aplicación de la auditoría financiera se han considerado las fases y técnicas de auditoría necesarias. La planeación y alcance se enfocan en la gestión financiera de la cafetería, para lo cual se han contemplado categorías que contribuyen a su control, a fin de obtener información suficiente y apropiada.

El alcance del examen comprende del 1 de enero al 31 de diciembre del 2021.

Tabla 1. Cafetería independiente

Categoría: Cafetería independiente	
Subcategoría	Descripción
Característica	No tiene ninguna afiliación de marca con otra compañía.
Objetivos	Mejorar permanentemente la relación calidad-precio de los productos, identificar las necesidades de los consumidores y activar promociones.
Metas	Satisfacer las necesidades alimenticias de manera práctica y eficiente, con un entorno confortable y agradable para los clientes.

Tabla 2. Políticas de gestión

Categoría: Políticas de gestión	
Subcategoría	Descripción
Administración	Incluye la gestión de todos los departamentos y actividades de la empresa.
Políticas de calidad	<ul style="list-style-type: none"> • Satisfacción del cliente, valor de los empleados. • Beneficios para la sociedad. • Mejora continua. • Generación de resultados para el establecimiento.
Toma de decisiones	<p>Identifica alternativas para solucionar o enfrentar los problemas que se suscitan, tales como:</p> <p>La falta de información.</p> <ul style="list-style-type: none"> • La inexperiencia. • La centralización de la toma de decisiones. • La falta de recursos. • Las amenazas del entorno. • La falta de recursos económicos.

La visita *in situ* al establecimiento arroja las categorías descritas, que permiten comprender el fenómeno de investigación con los siguientes resultados:

Tabla 3. Información a revelar

Categoría: Información a revelar	
Subcategoría	Descripción
Gerencia	La microempresa no tiene bien definido este departamento, puesto que el dueño ejerce los cargos de gerente, administrador y recepcionista, es decir, realiza diferentes funciones. Por ello, las reuniones o planificaciones siempre se postergan.
Contabilidad	No se registra contabilidad en un software contable; esta se administra en hojas de cálculo que permiten realizar los estados financieros y mantener un control no tan detallado de las operaciones diarias.
Área de Cocina	El área de cocina cuenta con los equipos necesarios para su operatividad; sin embargo, estos necesitan ser reemplazados, ya que están en uso desde la apertura del negocio.
Caja	No se realizan arqueos periódicos de caja; tampoco se cuenta con la seguridad necesaria para resguardar el efectivo.
Recepción	No se cuenta con lineamientos y normas para el trato con el cliente. El personal encargado no ha recibido capacitación en atención al cliente. Asimismo, se evidencia que el establecimiento carece de personal que domine el idioma inglés, aunque se encuentra en un sitio con gran afluencia de turismo extranjero.
Estados Financieros	Los estados financieros que presenta en el momento de la investigación no tienen la forma adecuada; no contienen toda la información relevante del negocio y se omiten ciertas operaciones diarias, lo cual ha impedido que la microempresa acceda a un crédito bancario. No existen notas explicativas de los estados financieros.

El trabajo de campo requiere de una inspección a todos los departamentos y procesos de la entidad, en la cual se evidencia la falta de un software contable que agilice el registro de las operaciones diarias. Actualmente, los registros se realizan en hojas de cálculo en las que, en ocasiones, no se registran en su totalidad todas las operaciones, induciendo a cometer errores involuntarios por olvidos. En la intervención de cuentas se detecta que cada mes se realiza un estado de resultados básico; se obtienen valores favorables o desfavorables y, con base en este resultado, se toman decisiones para la siguiente semana o mes.

Para sustentar las observaciones, se procede a evaluar, a través de cuestionarios de control interno, los diferentes departamentos de la cafetería. Con la información obtenida a través de los distintos papeles de trabajo, es posible emitir un juicio sustentado en la experiencia y conocimientos del equipo auditor. Para ello, se considera necesario aplicar algunos indicadores financieros para completar el diagnóstico. A continuación, se presentan los resultados obtenidos del análisis a los balances de la entidad.

Tabla 4. Resultados de los indicadores financieros

Indicadores	Interpretación
Liquidez:	
1. $\text{Liquidez corriente} = \frac{\text{Activo corriente}}{\text{Pasivo corriente}} = 1.27$	La entidad cuenta con un activo corriente de 1.27 dólares por cada dólar a pagarse en menos de un año.
2. $\text{Capital de trabajo} = \text{Activo corriente} - \text{Pasivo corriente} = \$ 817.72$	Posee un capital de trabajo de \$ 817.72 para trabajar todos los días.
Solvencia:	
1. $\text{Endeudamiento del activo} = \frac{\text{Pasivo total}}{\text{Activo total}} = 0.14$	Indica que solamente posee una deuda del 14 % en sus activos.
2. $\text{Apalancamiento} = \frac{\text{Activo total}}{\text{Patrimonio}} = 1.17$	El resultado es superior a 1, lo que permite a la entidad endeudarse para aumentar la inversión.
Rentabilidad:	
1. $\text{Margen operacional} = \frac{\text{Utilidad operacional}}{\text{Ventas}} = 0.42$	La empresa presenta el 42 % de ganancias antes de impuestos e intereses por cada dólar que ingresa por concepto de ventas.
2. $\text{Rentabilidad neta de ventas} = \frac{\text{Utilidad neta}}{\text{Ventas}} = 0.32$	El resultado del 32 % indica que, a medida que este porcentaje siga creciendo, la empresa será más eficiente.
Gestión:	
1. $\text{Rotación de Ventas} = \frac{\text{Ventas netas}}{\text{Activo total}} = 0.47$	Indica una eficiencia del 47 % en el manejo de los activos para generar nuevas ventas.
2. $\text{Impacto carga financiera} = \frac{\text{Gastos financieros}}{\text{Ventas netas}} = 0.01$	Los gastos financieros representan el 1 %, es decir, que se debe destinar el 1 % de las ventas cada año para pagar los gastos financieros.

Los resultados obtenidos se comunican a la administración, en concordancia con la Norma Internacional de Auditoría 500 (evidencia de auditoría). Las inconsistencias y desviaciones relevantes manifiestan la falta de una gestión financiera. La estructura organizacional no es la adecuada y no existen manuales de funciones y procedimientos; solo el propietario conoce los objetivos, metas y políticas. La falta de un software contable influye negativamente, pues no contar con una información financiera adecuada y oportuna provoca que los estados financieros no reflejen el valor contable real de los bienes que la microempresa posee.

Por otra parte, la calidad al elaborar los alimentos y la atención al cliente son aspectos de suma importancia, pues de estos depende la acogida del público. Además, al estar el establecimiento en un lugar de mucha afluencia de turismo extranjero, el conocimiento del idioma inglés es primordial, por lo que la administración debe poner atención a esta característica. El liderazgo también influye de forma significativa, puesto que su éxito se basa en los lazos familiares.

Como recomendación, la administración debe dar a conocer a sus colaboradores la estructura organizacional, sus objetivos y metas, para que se sientan parte de la entidad. Las políticas y procedimientos deben transcribirse en manuales de funciones y procedimientos para dar fluidez al trabajo. Además, debe mantenerse una constante comunicación escrita y verbal, y se deben promover reuniones formales para fortalecer la gestión de la administración. En lo que respecta al idioma, en lo posible, se sugiere contratar a una persona con dominio del inglés para fortalecer la operatividad de la microempresa. En el informe de auditoría se emite una opinión con salvedades, indicando que las cuentas examinadas presentan saldos razonables, excepto en los aspectos de la gestión administrativa.

Caso de la microempresa Consultorio Dental ORTHO-ESTETIC

El consultorio inició sus actividades en el año de 2004, en el cantón Otavalo, provincia de Imbabura. Su propietario es el Dr. Vicente Marcillo, que brinda los servicios de restauraciones, extracciones, estética, cirugía, ortodoncia, endodoncia y limpiezas dentales. El alcance de la auditoría financiera es del 1 de enero al 31 de diciembre del 2021.

Para empezar el trabajo, se realizan reuniones con el propietario, en las que se explican las bondades de la auditoría a fin de obtener su colaboración. Seguidamente, se presenta el programa de auditoría de forma lógica y secuencial, el cual se inicia con la fase de instrumentación, partiendo de la observación directa y el análisis de documentos. Las acciones aplicadas permiten obtener los siguientes resultados:

Tabla 5. Consultorio Dental ORTHO-ESTETIC

Categoría: Consultorio Dental	
Subcategoría	Descripción
Característica	No está afiliado a ninguna marca o compañía.
Objetivos	Identificar las necesidades de los pacientes (clientes), mejorar los servicios de odontología respecto a calidad y precios, adecuar y ampliar la infraestructura del consultorio.
Metas	Brindar servicios odontológicos integrales, contribuyendo a resolver eficazmente los problemas de salud oral de los pacientes.

Tabla 6. Políticas de gestión

Categoría: Políticas de gestión	
Subcategoría	Descripción
Administración	Conformada por Secretaría, Recepción y Área Técnica, compuesta a su vez por los Departamentos de Odontología, Radiología y Laboratorio.
Políticas de calidad	<ul style="list-style-type: none"> Personal competente. Tratamientos personalizados. Precios competitivos. Satisfacción de los pacientes. Sugerencias y reclamos.
Toma de decisiones	<ul style="list-style-type: none"> Organigrama estructural. Visión administrativa. Tecnología. Publicidad.

El trabajo de campo revela los siguientes resultados:

Tabla 7. Información a revelar

Categoría: Información a revelar	
Subcategoría	Descripción
Administración	El propietario no tiene formación en administración, realiza muchas funciones administrativas de manera empírica. No existe suficiente personal y no existe proceso de control interno en la organización.
Secretaría / Recepción	Registra a los pacientes, genera citas, colabora en procesos administrativos y en la atención de pacientes, brinda apoyo en distintas áreas que no son de su competencia.
Área técnica	<ul style="list-style-type: none"> Odontología: Posee instrumental que es necesario reemplazar por otro con nuevas tecnologías. Radiología: La máquina de rayos X cumple su función, pero ha superado su vida útil, por lo que es necesario reemplazarla. Laboratorio: Tiene una infraestructura inadecuada y necesita ampliaciones para contar con los equipos y el mobiliario necesarios.
Contabilidad	<p>Las actividades de manejo de ingresos y gastos son controladas y registradas por un software contable administrado por un contador externo.</p> <p>Maneja un presupuesto mensual no proyectado, lo que impide fijar y mantener metas específicas a largo plazo.</p>

El examen arroja una serie de falencias y aciertos; en primer lugar, se encuentra una infraestructura conformada por los Departamentos de Odontología, Radiología y Laboratorio, que cuentan con equipos que ya cumplieron su ciclo de vida útil. Además, existe una sala de espera para los pacientes que necesariamente necesita ampliaciones.

Una estructura organizacional inadecuada hace que la administración sea empírica, sin manuales de funciones y procedimientos que controlen y regulen el accionar de los departamentos. La falta de personal administrativo y operativo hace que ciertas funciones específicas sean realizadas por personal no capacitado, que ejecuta labores que no conciernen a sus cargos. Las herramientas y equipos con poca tecnología hacen que los trabajos no tengan la calidad esperada.

La información financiera presenta ingresos y gastos que no son controlados óptimamente; existe un contador externo que lleva la contabilidad y presenta información solo cuando el propietario lo solicita, lo que impide que se realicen proyecciones anuales.

Del análisis a la información financiera, el equipo auditor presenta los resultados a través de los siguientes indicadores financieros:

Después del análisis, el equipo de auditoría determina que los estados financieros del consultorio presentan razonablemente sus saldos, conforme a los principios de contabilidad generalmente aceptados. La función de la auditoría es detectar las falencias y dar pautas para solucionar las deficiencias a través de comentarios y recomendaciones a los distintos niveles operativos.

Las recomendaciones expuestas se basan en los resultados obtenidos; los errores pueden ser subsanados con las decisiones del representante de la entidad. El consultorio tiene afluencia de pacientes y cuenta con solvencia económica, por lo que se recomienda ampliar las instalaciones, reorganizar el organigrama estructural actual y crear manuales de funciones y procedimientos.

Tabla 8. Resultados de los indicadores financieros

Indicadores	Interpretación
Liquidez:	
1. $\text{Liquidez corriente} = \frac{\text{Activo corriente}}{\text{Pasivo corriente}} = 2.36 \text{ veces.}$	Por cada dólar, el consultorio odontológico cuenta con un respaldo de 2.36 dólares para cubrir sus obligaciones.
2. $\text{Capital de trabajo} = \text{Activo corriente} - \text{Pasivo corriente} = \$ 71\,366.28$	El consultorio cuenta con 71 366.28 dólares después de cubrir obligaciones con terceros.
Actividad:	
3. $n.0 \text{ días de cartera a mano} = \frac{\text{Cuentas por cobrar brutas} \times 360}{\text{Ventas netas}} = 77.71 \text{ días.}$	El consultorio se demora 77.71 días en recuperar la cartera vencida.
4. $\text{Rotación de activos fijos} = \frac{\text{Ventas netas}}{\text{Activo fijo}} = 6.47 \text{ veces.}$	Por cada dólar invertido por el consultorio odontológico en activos fijos, se obtienen ingresos por ventas de 6.47 veces.
Endeudamiento:	
5. $\text{Nivel de endeudamiento} = \frac{\text{Total pasivo}}{\text{Total activo}} = 0.15 \%$	Por cada dólar invertido en activos, tiene una deuda de 0.15 dólares, es decir, esta es la participación de terceros.
Rentabilidad:	
6. $\text{Rentabilidad del patrimonio} = \frac{\text{Utilidad neta}}{\text{Patrimonio}} = 0.23 \%$	El resultado indica que, por cada dólar de patrimonio, ha generado una rentabilidad de 0.23 dólares.
7. $\text{Gastos de administración y ventas} = \frac{\text{Gasto administración y ventas}}{\text{Ventas netas}} = 0.45 \%$	Por cada dólar de venta en servicios odontológicos, destina 0.45 dólares a gastos de administración y ventas.

Además, se recomienda realizar las siguientes mejoras: contratar a personal acorde a las necesidades de cada departamento; crear una visión y misión; replantear desde un enfoque a largo plazo los objetivos, metas y estrategias del consultorio para adaptarse a un entorno competitivo, y fomentar la comunicación y la coordinación del trabajo en equipo, aspectos que permitirán promover un desarrollo continuo. Asimismo, el capital humano no debe descuidarse, pues la capacitación y adiestramiento permanente generarán resultados favorables.

Discusión

La Universidad de Otavalo, a través de su Observatorio de Ciencias Empresariales, realiza manuales de procesos administrativos y auditoría financiera dirigidos a mejorar las condiciones administrativas de las empresas de la zona regional 1, como parte de su proceso vinculante con la sociedad y en el marco de las prácticas preprofesionales. Estos manuales son desarrollados por docentes especialistas de las áreas contables y administrativas; una vez elaborados, es importante probar su utilidad y definir una estructura base que pueda ser aplicada para diferentes emprendimientos. Tal es así que, a través de las prácticas preprofesionales, con el apoyo de seis estudiantes de la carrera de Contabilidad y Auditoría y con la tutorización del docente responsable, se aplicó el manual de auditoría financiera realizado por el OBCE a dos negocios ubicados en el cantón de Otavalo.

El levantamiento de la información, así como la aplicación de los instrumentos, fueron realizados por los alumnos y el docente, siempre con el acompañamiento de los dueños de cada microempresa. Se encontraron resultados similares a los de la revisión literaria.

Con la aplicación del manual de auditoría financiera se pueden conocer los estados de las empresas. Desde un sentido comparativo entre las dos instituciones, se señala que las políticas de gestión que cada establecimiento maneja presentan diferencias puntuales, tales como el uso de software contable, que permite un mayor nivel de eficiencia en el trabajo del consultorio odontológico, a diferencia de la cafetería, que no cuenta con uno. Desde el trabajo de las prácticas preprofesionales, los informes presentados recomiendan la adquisición de este software. Por otro lado, a nivel de la estructura organizacional, el consultorio odontológico presenta falencias, al igual que la cafetería; no existe una organización adecuada y, en cuanto a la presentación de estados financieros bien elaborados, las dos microempresas carecen de ellos. Por ello, se sugiere a los propietarios tener estos estados, puesto que son de gran importancia para una mejor proyección económica.

Con los antecedentes antes mencionados, la ventaja del manual de auditoría financiera consiste en que se puede aplicar a cualquier tipo de empresas, puesto que permite identificar su estado actual. Desde el punto de vista académico, es positivo que los estudiantes encuentren falencias, pues así pueden demostrar sus conocimientos y prepararse para su futuro campo laboral. Gracias al trabajo realizado, los estudiantes han identificado las similitudes y diferencias que a través del manual de auditoría financiera se ha generado, ello está dado por contrastes del giro de negocio. Por otro lado, el apoyo al microempresario radica en las recomendaciones dejadas en el informe, El gerente o propietario tiene la oportunidad de mejorar su gestión financiera, si aplica las sugerencias realizadas.

CONCLUSIONES

En la investigación se propone un análisis de las bases teóricas de la auditoría, en el cual se describe la importancia para las empresas de realizar auditorías financieras, pues son una forma de identificar las falencias contables y potenciar las eficiencias existentes.

Los exámenes de auditoría financiera realizados a la Cafetería Daniel's y al Consultorio Dental ORTHO-ESTETIC evidencian debilidades a nivel directivo, por lo que resulta necesaria la capacitación en gestión administrativa, con el objetivo de incrementar los clientes y operativizar procesos. Los resultados encontrados concuerdan con el estado de arte presentado.

La investigación presenta dos estudios de auditoría financiera aplicados a dos emprendimientos del cantón Otavalo, en los que se evidencian sus fortalezas y debilidades por medio de la aplicación del manual de auditoría financiera. Los resultados obtenidos dan la posibilidad de ser replicados a otras microempresas que mantienen convenios con la Universidad de Otavalo.

Agradecimientos: A los propietarios de los establecimientos por la apertura con los estudiantes en la realización de sus prácticas preprofesionales.

Contribución de los autores: Los autores declaran haber realizado la conceptualización, metodología y análisis de datos a partes iguales.

Fuente de financiamiento: Esta investigación no recibió financiamiento externo.

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

REFERENCIAS

- Academia Pirani. (5 de Marzo de 2021). *Todo lo que debes saber sobre la auditoría interna*. <https://www.calameo.com/read/0061006019f2b46f10ba6>
- Andrade, et. al. (2021). *Reingeniería del Observatorio de Ciencias Empresariales de la Universidad de Otavalo (Ecuador): proceso y procedimientos del área de contabilidad y auditoría en tiempos de pandemia*. <https://1.revistaespacios.com/a21v42n23/a21v42n23p01.pdf>
- Auditoría & Co. (2022). *La continuidad de negocio en el punto de mira del auditor interno para 2022*. Obtenido de Auditoría & Co. <https://auditoria-audidores.com/articulos/articulo-auditoria-la-continuidad-de-negocio-en-el-punto-de-mira-del-auditor-interno-para-2022/>
- Barcelona Activa. (2020). *Auditor experto*. Obtenido de Barcelona Treball: <https://treball.barcelonactiva.cat/porta22/es/fitxes/A/fixta5127/auditora-expertoa-en-finanzas.do>
- Barragan, et. al. (2020). *Interpretación de las evidencias por las pruebas sustantivas y pruebas de cumplimiento en el encargo de la auditoría*. Pensamiento Republicano: <http://ojs.urepublicana.edu.co/index.php/pensamientorepublicano/article/view/423>
- Cedeño, et, al. (2022). *Análisis de la aplicación de la Auditoría Interna en las microempresas de la ciudad de Macas - Morona Santiago*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8637994>
- CEPAL. (2020). *Mipymes en América Latina: un frágil desempeño y nuevos desafíos para las políticas de fomento*. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/44148-mipymes-america-latina-un-fragil-desempeno-nuevos-desafios-politicas-fomento>
- Cevallos, et. al. (2018). *La auditoría interna como herramienta efectiva para prevenir fraudes en las empresas familiares*. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202018000500015
- CONALEP. (2020). *Boletín 3050 Estudio y Evaluación Del Control Interno*. <https://es.scribd.com/presentation/356773035/Boletín-3050-Estudio-y-evaluacion-del-control-interno#>
- Díaz, L. (2015). *Acercamiento al control interno en las pymes colombianas*. https://ciencia.lasalle.edu.co/contaduria_publica/95/
- Directorio de Empresas y Establecimientos 2020. (Octubre de 2021). *Ecuador en cifras*. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/DirectorioEmpresas/Directorio_Empresas_2020/Boletin_Tecnico_DIEE_2020.pdf
- El Telégrafo. (22 de Febrero de 2022). *Conformarán una cámara nacional que agrupe a todas las agremiaciones*. <https://www.eltelegrafo.com.ec/contenido/categoria/1/informacion-general?start=130>
- Enríquez, C. (2020). *En América Latina el 99% de las empresas son pymes*. <https://www.revistalideres.ec/lideres/america-latina-cifras-empresas-pymes.html>
- Espino, M. (2014). *Auditoría*. México: Grupo Editorial Patria.
- ESPOL. (2019). *Escuela de negocios de Ecuador*. Obtenido de Escuela Superior Politécnica del Litoral: <https://www.espol.edu.ec/es/noticias/espae-espola-mejor-escuela-de-negocios-de-ecuador>
- Hernández, O. (2016). *La auditoría interna y su alcance ético empresarial*. <https://www.redalyc.org/journal/257/25746579003/html/>
- IFRS. (2018). *Norma Internacional de Contabilidad 1*. https://www.mef.gob.pe/contenidos/conta_publ/con_nor_co/vigentes/nic/1_NIC.pdf

- Mejía, J. (2015). *Diferencia entre las NIA y las NAGA en la Contaduría Pública en Colombia*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6578919>
- OBCE. (2021). *Manual de Auditoría Financiera*. Otavalo: UO.
- Quispe et, al. (2016). *Aplicación de la Auditoría en las MyPEs del Ecuador: Un estudio de la demanda*. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2313-29572016000400012&script=sci_abstract&tlng=pt
- SMS. (2022). *Auditoría Externa Obligatoria en Ecuador*. <https://smsecuador.ec/auditoria-externa-obligatoria-en-ecuador/>

Técnicas de litigación estratégica en materia penal

Frank Luis Mila Maldonado¹, Karla Ayerim Yanez Yanez¹

¹ Universidad de Otavalo, Otavalo, Ecuador

*Autor para correspondencia: kayanez@uotavalo.edu.ec

Recibido: 2023/02/15

Aprobado: 2023/05/12

DOI: <https://doi.org/10.26621/ra.v1i28.876>

RESUMEN

Esta investigación se enfoca en analizar las técnicas de litigación oral para una litigación estratégica en materia penal; en tal sentido, se parte del antecedente normativo relativo a la tendencia internacional de la incorporación de la oralidad en los sistemas procesales penales, lo cual ha generado la necesidad de analizar las técnicas de litigación que permitirán un mejor desempeño de los abogados litigantes conforme a ciertos fundamentos teóricos que han sido desarrollados a nivel dogmático. El método empleado parte de una investigación de tipo cualitativa, descriptiva y documental, a través del análisis documental crítico de la doctrina. Las conclusiones señalan que es necesario dominar los fundamentos de las técnicas de litigación oral y los elementos que conforman la teoría del caso. Asimismo, es preciso contemplar el análisis de los elementos que otorga la teoría del delito, a fin de lograr un óptimo desempeño que se inscriba en la denominada litigación estratégica en el campo penal.

Palabras clave: oralidad, litigación oral, litigación estratégica, litigación penal, teoría del caso, técnicas de litigación

ABSTRACT

This research is focused on analyzing oral litigation techniques for a strategic litigation in criminal matters. In this sense, it is based on the normative background related to the international trend of the incorporation of orality in criminal procedural systems, which has generated the need to analyze the litigation techniques that will allow a better performance of litigating lawyers according to certain theoretical foundations that have been developed at a dogmatic level. The method used is based on a qualitative, descriptive and documentary type of research, using critical documentary analysis of the doctrine. The conclusions point out that it is necessary to master the fundamentals of oral litigation techniques and the elements that make up the theory of the case. Likewise, it is necessary to consider the analysis of the elements provided by the theory of crime, to achieve an optimal performance that is part of the so-called strategic litigation in the criminal field.

Keywords: orality, oral litigation, strategic litigation, criminal litigation, case theory, litigation techniques

Frank Mila  orcid.org/0000-0003-4363-5092

Karla Yanez  orcid.org/0000-0003-0441-9354



INTRODUCCIÓN

La litigación estratégica penal es una necesidad actual en el marco de los nuevos procesos orales, que se caracterizan por enaltecer principios como la publicidad, la concentración, la contradicción y la intermediación. A este respecto, la serie de reformas de índole adjetivo al sistema penal del Ecuador “nos afronta a un nuevo desafío frente a la dinámica y aplicabilidad del litigio con una argumentación coherente con las exigencias y expectativas atribuidas a los jurisperitos frente a un moderno y riguroso sistema procesal penal oral acusatorio” (Ortiz y Ortega, 2022).

Lo anterior implica contar con el dominio de técnicas de litigación para el desempeño oral, ya que no es suficiente con el manejo a nivel teórico de las instituciones y fuentes del derecho, sino que debe existir una planificación y un estudio estratégico para optimizar el desempeño de los profesionales en la resolución de casos en el campo del derecho penal actual.

En esta investigación se trabaja con literatura destacada en el ámbito de la litigación oral, abordándose distintas técnicas, entre las que destaca la teoría del caso y sus diversos elementos, entre ellos, los aspectos fácticos, jurídicos y probatorios, los cuales trabajan sobre la base de la teoría del delito y de la teoría de la prueba. Adicionalmente, se analizan los aspectos relativos a los alegatos de apertura y de cierre, así como la práctica de la prueba, principalmente el examen y contraexamen de testigos.

Por último, se plasman las particularidades que deben tenerse en cuenta para una litigación estratégica penal en la actualidad. En este sentido, se señala que existen múltiples contenidos que deben ser analizados para contar con una previsión global e integral de todo lo que puede presentarse en el marco de un juicio, de conformidad con el rol que se ocupe como abogado defensor o acusador.

MÉTODOS

La presente investigación es dogmático-jurídica, definida por Mila et al. (2021) como aquella que “se caracteriza por el análisis interpretativo de la norma jurídica y de las fuentes del derecho basadas en constructos teóricos”. La población o universo utilizado fue la doctrina jurídica y demás documentos asociados al derecho, como la jurisprudencia y la legislación. Con este material se realizó un análisis de diseño documental, empleando la técnica del análisis documental de dichas fuentes a través de un método dogmático-jurídico, adaptado al análisis crítico de la doctrina. Así, se generaron distintos resultados, en los cuales se vislumbran las técnicas actuales de litigación oral, enfocadas en la denominada litigación estratégica del derecho penal.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La oralidad en los sistemas procesales

La reciente incorporación de la oralidad en los sistemas procesales se ha llevado a cabo sobre la base de algunos instrumentos internacionales, tales como la Convención Americana de Derechos Humanos, que dispone lo siguiente en su artículo 8.1: “1. Toda persona tiene derecho a ser oída, con las debidas garantías y dentro de un plazo razonable, por un juez o tribunal competente, independiente e imparcial, establecido con anterioridad por la ley”.

En relación con dicho aspecto, la Corte Interamericana de Derechos Humanos, en el caso *Apitz Barbera y otros*, del año 2008, manifestó que, a pesar de que no se desprenda de manera taxativa que el derecho a ser oído implique que deba ser de manera oral, ello no es óbice para considerar que la oralidad sea una garantía que deba ser observada por el Estado.

Es por ello que la tendencia internacional ha sido incorporar en los sistemas la oralidad. A este respecto, Páez (2020) señala que “los códigos procesales contemporáneos coinciden al instituir los juicios orales como espacios oficiales para solucionar los conflictos sociales”. Esta tendencia también obedece a las propuestas del Código Procesal Civil Modelo para Iberoamérica (1988) y del Código Procesal Penal Modelo para Iberoamérica (1989), los cuales trabajan sobre la base de la oralidad; especialmente en materia penal, se estatuye en el artículo 299 que el debate debe ser oral y, a su vez, se consagran los derivados de la oralidad, que son la publicidad, la intermediación, la contradicción y la concentración.

Asimismo, existen algunos ejemplos de Estados que, incluso a nivel constitucional, consagran que los procesos deben ser orales, como la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (1999), que establece en el artículo 257 lo siguiente:

El proceso constituye un instrumento fundamental para la realización de la justicia. Las leyes procesales establecerán la simplificación, uniformidad y eficacia de los trámites y adoptarán un procedimiento breve, oral y público. No se sacrificará la justicia por la omisión de formalidades no esenciales.

La Constitución de la República del Ecuador (2008) señala, en el artículo 168, que “(...) 6. La sustanciación de los procesos en todas las materias, instancias, etapas y diligencias se llevará a cabo mediante el sistema oral, de acuerdo con los principios de concentración, contradicción y dispositivo”. Por consiguiente, en función de lo descrito, existe una tendencia enfocada hacia la incorporación de la oralidad a nivel internacional como el sistema procesal más idóneo, que incluso es una característica de los procesos penales de corte acusatorio; este aspecto, a su vez, ha generado como consecuencia que sea necesario manejar las denominadas técnicas de litigación oral.

En ese sentido, la oralidad es “uno de los grandes avances que ha conquistado el sistema de administración de justicia penal” (Lorenzo, 2015), lo cual implica, como se señaló, que el abogado cuente con la preparación necesaria para litigar (Ahumada, 2019). Además, es necesario formarse en técnicas de litigación. Además, es necesario formarse en técnicas de litigación, pues, como señala Zalamea (2021), aprender únicamente el marco teórico y normativo no es suficiente para ejercer en las cortes.

Por lo tanto, la oralidad va de la mano de las técnicas de litigación, ya que, como se apuntó, no es suficiente con el dominio teórico y normativo y el uso de otras fuentes del derecho, sino que es menester conocer los fundamentos de las técnicas de litigación, que permiten manejar herramientas y contar con habilidades para ejercer de manera idónea en el marco de los sistemas orales.

Fundamentos dogmáticos de las técnicas de la litigación oral

En términos generales, las técnicas de litigación implican según Luján et al. (2018), que los abogados no solo están obligados a:

(...) exponer oralmente sus pretensiones y alegaciones, sino que, antes, deben planificar y diseñar una estrategia eficaz para que, mediante dichas elocuciones, proporcionen al juzgador la información deseada y lo convenzan de sus afirmaciones, a la par que se atacan y debilitan los argumentos de la parte contrincante, para que sean desvirtuados”.

Por lo tanto, se exige que el jurista, en el marco de la oralidad, deba contar con una debida planificación para una litigación eficaz. En ese orden, apuntan Ortiz y Ortega (2022) que “la labor del abogado litigante es, pues, una labor técnica por excelencia, que consiste en la utilización de medios idóneos para alcanzar o conseguir el resultado anhelado a partir de la situación inicial dada”. En este sentido, se hace patente que dicha labor técnica se apoya en las aludidas técnicas de litigación.

Contextualizando, las técnicas de litigación son aquellas herramientas que permiten responder a la oralidad a través de una planificación que parte de la denominada teoría de caso, que contempla aspectos fácticos, jurídicos y probatorios que permiten contar con una línea común hacia un objetivo que concilie dichos ámbitos. En este contexto, la teoría del caso se define como “el conjunto de actividades estratégicas que debe desarrollar un litigante frente a un caso, que le permitirán decidir la manera más eficiente y eficaz de presentarlo ante un tribunal para ser conocido en un hipotético juicio oral” (Moreno, 2021, p. 27). O bien, como indica Almanza (2017), “la teoría del caso es una explicación creíble de lo que pasó sobre hechos que puedas probar”.

Se observa que la teoría del caso es la presentación de una versión de hechos que cuente con un respaldo probatorio y que, a su vez, permita subsumir dichos hechos en el ámbito jurídico en conformidad con las fuentes pertinentes. Para ello, debe existir una coherencia entre los aspectos fácticos, jurídicos y probatorios de cara a su presentación en un juicio, que puede realizarse o no, pero que, en todo caso, permitirá tener un sustento sólido que se traduzca en eficacia y eficiencia frente a cualquier caso concreto.

Por otra parte, respecto a las técnicas de litigación, se estudian otros elementos que atienden a las distintas etapas naturales en las cuales se desarrolla el proceso, como el alegato inicial o de apertura, que se entiende como el primer contacto que se tiene ante el juzgador. En esta etapa se expone de manera primigenia la teoría del caso elaborada, de forma sintética, a fin de exponer cuál será el eje sobre el cual girará nuestro rol de acuerdo con el sistema adversarial, sea en carácter de defensor o acusador. Por consiguiente, se entiende que el alegato de apertura es “la primera oportunidad que cada litigante tendrá de anunciar su caso en el juicio; su primera oportunidad para exponer la teoría del caso que intentará probar” (Lorenzo, 2015).

En las técnicas de litigación se analiza la práctica de la prueba, es decir, se analizan las técnicas del interrogatorio (examen) y del contrainterrogatorio (contraexamen) de los testigos y peritos, abarcando las respectivas preguntas y objeciones, que también contemplan ciertas particularidades que deben manejarse en las audiencias. De igual manera, se abordan las técnicas de las pruebas documentales y del reconocimiento de objetos, que requieren asimismo una técnica adecuada en el marco de la oralidad.

Del mismo modo, se contempla una técnica para presentar el alegato de clausura o de cierre. Gatica (2005) afirma que esta etapa es el “período final y conclusivo”, en el que se “persigue dejar establecido que todo aquello que se ha expresado durante el juicio tiene coherencia, veracidad,

respaldo probatorio y trascendencia jurídica” (p. 381). Así, en esta fase, el abogado resumirá todo lo desarrollado en el juicio, procurando resaltar las fortalezas de su teoría del caso para ganar el convencimiento del juzgador sobre la base de lo expuesto y la veracidad de las pruebas, de acuerdo a los aspectos fácticos, jurídicos y probatorios.

Por último, en lo relativo a las técnicas de litigación, también se analizan diversos aspectos circundantes en el marco de la oralidad de los procesos, como, por ejemplo, la exposición, la construcción del discurso, la persuasión, el lenguaje corporal, el manejo de los tiempos y el control de emociones, entre otros elementos naturales que se pueden presentar en el orden de la oralidad, con los que se procura conciliar aspectos prácticos y teóricos para asegurar una defensa exitosa.

La litigación estratégica en materia penal

En los apartados anteriores se abordaron las generalidades relacionadas con la oralidad y su impacto en los sistemas a nivel procesal, especialmente en el campo del derecho procesal penal, así como las denominadas técnicas de litigación oral, determinando su naturaleza y su contenido básico. Ahora bien, es preciso puntualizar la litigación estratégica en el ámbito penal.

• Planificación estratégica: La teoría del caso

En primer término, se debe partir de la construcción de la teoría del caso, la cual, entre otras funciones, permitirá, según Calderón (2012):

- a. Definir nuestra versión de los hechos.
- b. Realizar un análisis estratégico del caso.
- c. Ordenar y clasificar la información del caso.
- d. Adecuar los hechos al tipo penal, lo cual servirá para defender la tesis asumida.
- e. Determinar qué es lo esperamos de la investigación.
- f. Seleccionar la evidencia relevante.
- g. Detectar debilidades propias.
- h. Identificar las debilidades de la parte contraria.
- i. Disponer de los elementos básicos para tomar decisiones importantes.

Según lo anterior, es menester apelar a la elaboración de una teoría del caso, que se traduce en planificación; esta implica, *ab initio*, contar con una metodología de trabajo clara que se inicie en cuanto se reciba o se asigne el caso. A este respecto, la planificación debe contemplar que “la preparación del juicio comienza mucho antes de la audiencia del debate” (Rua, 2020, p. 20). En efecto, la elaboración de la teoría es una labor independiente a que en efecto se celebre el juicio, lo cual significa que es un aspecto medular a nivel de litigación, ya que ahí va a constar de manera estructurada y coherente la teoría a ser presentada en el caso.

Igualmente, la preparación de la teoría va aparejada al derecho a la defensa, pues, a nivel internacional y constitucionalmente, se reconoce que el imputado debe contar con un tiempo para preparar su defensa (Hidalgo, 2013). Este proceso abarca concebir una teoría del caso, para lo cual se requiere información y una investigación por parte del abogado; además, el abogado acusador también contará con un tiempo prudencial para presentar su acusación.

Por tanto, el punto de partida es la planificación, que se genera con la elaboración de la teoría del caso; a su vez, esta debe adecuarse al rol que corresponda y, en función de ello, se desarrollarán los elementos fácticos, jurídicos y probatorios.

A este respecto, es necesario señalar que la teoría del caso en el ámbito penal descansa en dos grandes teorías del ámbito del derecho: la teoría del delito,

que es la que da soporte al elemento fáctico y jurídico, y la teoría general de la prueba, que atiende a los aspectos probatorios, es decir, a lo concerniente a la práctica de la prueba, comprendiendo todos sus momentos.

A modo ilustrativo, se trabajará con un caso que fue publicado en la novela *Tiempo de matar* (1989), del autor John Grisham. Llevada a la gran pantalla, la obra se basa en una violación realizada en perjuicio de una niña de 10 años (en concurso con una tentativa de homicidio-asesinato). Con posterioridad a dicho acto, el padre del sujeto pasivo aguardó en el tribunal a la espera de la presentación de los sujetos activos y le dio muerte a uno de ellos en plena sede del juzgado (en concurso con una tentativa de homicidio-asesinato-dolosa con respecto al otro sujeto activo y lesiones imprudentes en perjuicio de un alguacil o custodio). Ante ese escenario, la defensa del padre de la niña giró en torno a la inimputabilidad del padre, que tomó la justicia por su propia mano; se alegó que el sujeto actuó bajo un intenso dolor, aspecto que disminuyó su capacidad de comprensión. Por su parte, la Fiscalía trabajó con la tesis de una conducta dolosa con total capacidad de comprensión. Más allá de que se enmarque en un sistema anglosajón, a continuación, se traslada este ejemplo a la luz de la teoría del caso, a fin de vislumbrar su utilidad y la importancia de contar con una planificación, ya que desde un inicio se debe conocer la línea argumentativa sobre la cual va a girar la litigación.

- **Aspecto fáctico y jurídico de la teoría del caso en consonancia con la teoría del delito**

Los aspectos fácticos son una construcción lógica, coherente y natural, dirigida a determinarlo jurídico y lo probatorio. En este sentido, al momento de elaborar el componente fáctico, se debe tomar en cuenta que el componente se construye con el objetivo de determinar o excluir una calificación jurídica, es decir, “las normas penales sustanciales no hacen más que recoger supuestos fácticos de conductas u omisiones de deber y elevarlos a la categoría de delitos” (Hernández, 2005).

Según lo señalado, es notable que el aspecto fáctico guarda relación con la teoría del delito, ya que se erigen dichos presupuestos para que posteriormente puedan ser subsumidos a nivel jurídico en las normas respectivas. Asimismo, el elemento fáctico debe desarrollarse en la línea de la integralidad, de forma que pueda relacionarse con los posteriores alegatos que, según cada fase, deben descansar en este concepto de coherencia: “debemos relacionar nuestro alegato de apertura, interrogatorios, contrainterrogatorios, repreguntas y alegato de clausura con la teoría del caso de manera lógica y para tener éxito” (González, 2016).

Por otra parte, cuando se adujo que el ámbito jurídico está íntimamente relacionado con la teoría del delito, es porque esta reviste una importancia cardinal: “la Teoría del Delito constituye una herramienta básica para la parte acusadora y la defensa, en virtud que permite, [sic] saber cuándo un hecho puede ser considerado o no delito” (Arellano y Mendivil, 2020, p. 5). En el mismo sentido, como sostiene Velázquez (2013), “es imposible aplicar la normativa procesal a espaldas de las construcciones académicas de la Parte General del Derecho penal”, esto es, principalmente la teoría general del delito y otros contenidos colaterales.

Por ende, la teoría del delito será la herramienta idónea para determinar si se está o no en presencia de un delito; para ello, se analizan aspectos como los principios que limitan el ejercicio del poder punitivo —especialmente los referidos a la legalidad, entre otros—, aspectos relativos a la aplicación temporal, espacial y personal de la norma, elementos de la interpretación —como tipos en blanco e incompletos, entre otros— y, en general, las fuentes del derecho penal.

Adicionalmente, los elementos del delito constituyen el aspecto más trascendental que se ventila en un juicio, en virtud que precisamente se debate acerca de la comisión de un delito, por ende, se debe analizar cada elemento de manera concurrente; independientemente del rol que se ocupe, sea como acusador o defensor, por ende, estos elementos deben estar acreditados o excluidos. En ese sentido, es preciso determinar si se está en presencia de una conducta desde el punto de vista penal, esto significa que se debe establecer si opera algún supuesto de exclusión, para posteriormente poder analizar el tipo o tipos penales en cuestión, a nivel objetivo y subjetivo, sumándose la respectiva imputación de ambos. Por otra parte, se debe tener presente la antijuricidad y las causas de justificación, así como la culpabilidad, también las respectivas causas de exclusión.

De igual forma, en la teoría del delito también se analizan los amplificadores del tipo, como la autoría y la participación, y las formas inacabadas, sin menoscabo de otras instituciones que pueden estar en juego, como el concurso de delitos o la punibilidad, entre otras. Una vez clarificado el elemento jurídico que circunda esencialmente a la teoría del delito, una litigación estratégica en el campo penal requiere, como condición ineludible, del dominio de la teoría del delito y de sus fundamentos, en aras de elaborar un elemento fáctico y jurídico correcto.

Respecto al ejemplo supra indicado, si se trata de la defensa del padre, esta deberá acreditar que, de alguna manera, la violación perpetrada a la niña generó en el padre una situación que afectó a su capacidad de comprensión. Asimismo, se tendrá en cuenta la brutalidad de la violación por parte de los dos sujetos adultos, quienes golpearon a la niña de manera reiterada, arrojaron latas de cervezas en su rostro, orinaron sobre ella, la amarraron y buscaron su muerte por asfixia (ahorcamiento) subiéndola a un árbol. La rama no resistió el peso y la niña logró sobrevivir; sin embargo, producto de la violación, la niña perdió su capacidad de procrear. Dicho contexto, debidamente acreditado, puede evidenciar una afectación a nivel mental que en cierta forma puede nublar la capacidad de comprender; este elemento puede afectar a la culpabilidad, lo cual puede atenuar o, dependiendo del alcance, fungir de causa de exculpación por inimputabilidad. Por parte de la Fiscalía, se deben acreditar los hechos relativos a la comisión del delito de homicidio o asesinato, en atención a la legislación, abarcando el tipo objetivo y subjetivo. Se debe destacar el *animus necandi* y apelar a la separación temporal de los hechos (violación), pues no fue en flagrancia —que podría dar lugar a una justificación— sino con posterioridad, como sinónimo de venganza. Así, se vislumbra que los aspectos fácticos y jurídicos comulgan con la teoría del delito para contar con un sustento y una línea clara a nivel de litigación, es decir, para una fundamentación fáctica y dogmática basada en la teoría del caso.

- **Aspecto probatorio y teoría de la prueba**

El componente probatorio descansa en la teoría de la prueba, entendida como el eje sobre el cual gira el proceso. Como señala Delgado (2016), “las pruebas son la vida del proceso o más bien son el proceso mismo” (p. 9), ya que de nada sirve el derecho si no se prueba (Rivera, 2012). Asimismo, las pruebas y las valoraciones son expuestas y discutidas de manera oral (Puy Muñoz, 2009), mientras que corresponde al juez valorarlas. La oralidad se entiende como el modo óptimo y convincente para generar dichas conclusiones en el marco de la inmediación (Clariá, 2004).

Conforme a lo expuesto, la temática relacionada con el aspecto probatorio se entiende como trascendental para el proceso, ante lo cual es menester dominar las terminologías, los sujetos, los objetos, los medios de prueba y la práctica de la prueba. Es en este último elemento

en el que se centran las técnicas de litigación, ya que, principalmente, se trabaja sobre la base de tres medios de prueba: la prueba documental, la testimonial y la pericial. En las dos últimas se trabaja con dos figuras trascendentales, el examen y el contraexamen.

- **Examen y contraexamen de testigos**

Cuando se alude al examen, se recomienda, en general, observar lo que la doctrina ha señalado al respecto. Se trata de un tema amplio abarca distintos tópicos, entre los cuales figuran analizar lo relativo a la admisibilidad del testimonio de la pericia, los límites con respecto a las facultades del juez, el objetivo que tiene el examen directo, la forma y las técnicas a emplearse en el interrogatorio y, lo más importante, el papel y alcance de cada fase del examen. Rúa (2020) señala la acreditación del testigo, la acreditación de las proposiciones fácticas —aquí se debe mantener un relato ordenado y lógico, que evite lo superficial y permita captar la atención de los presentes, utilizando recursos audiovisuales de ser el caso y controlando al testigo—, la acreditación e incorporación de la prueba material y el aporte de información relevante para acreditar, en su lugar, otra prueba, sea material o testimonial. A esto se debe sumar que existen preguntas permitidas, como las narrativas, abiertas o cerradas —estas últimas, las más óptimas— y se prohíben las sugestivas, salvo que se trate de preguntas de transición, introductorias, de testigo hostil o por la negativa (Rúa, 2020). Para ello, el abogado debe dominar los mecanismos adecuados, como las objeciones, para controlar de manera inmediata dicho acto.

Por otra parte, el contrainterrogatorio o contraexamen permitirá obtener información para desacreditar lo expuesto en el interrogatorio. A este respecto, González (2016) señala que el contrainterrogatorio ofrece la posibilidad de controvertir la información que se ofrece al tribunal, al ser contraria a los intereses de las partes. El contrainterrogatorio es, por tanto, la vía más usual para desacreditar, en la cual se permiten “preguntas cerradas, sugestivas y que tienen por objetivo desacreditar el testimonio de la persona que ha declarado en un interrogatorio”.

De esta manera, se observa que es un mecanismo necesario para desacreditar la información obtenida de manera previa y que se puede trabajar con preguntas sugestivas. Cabe resaltar que, de manera general, el examen y contraexamen, respecto a sus aspectos teóricos, opera de igual manera para los testigos y para los peritos. No obstante, en materia de peritos se suma que la acreditación juega un papel importante, en lo relativo a su objeto, y que, por tratarse de una prueba compuesta, existe un peritaje adicional al testimonio.

Igualmente, cuando se habla de la declaración del imputado en el litigio adversarial, se deben observar ciertos parámetros y no excluir *a priori* tal posibilidad, considerando en todo momento la garantía de que la declaración debe ser voluntaria. En términos generales, coincidimos con Carbajal (2020) cuando afirma que:

(...) la decisión del imputado de ejercer la facultad de abstenerse de declarar tiene siempre un costo de credibilidad cuya entidad y trascendencia depende de un conjunto de variables difíciles de mensurar, por lo cual, esa decisión debe ser cuidadosamente analizada y resuelta con un sentido estratégico según las circunstancias del caso.

Citando nuevamente el ejemplo *sub examine*, se observa que el examen y contraexamen son medulares a nivel procesal en la litigación para acreditar los aspectos fácticos que inciden, a su vez, en el plano

jurídico-penal. Así, los testigos fueron contestes en la acreditación de los supuestos fácticos de las partes para la defensa del padre, que implica determinar que, en efecto, la violación lo afectó, pues incluso tuvo que cargar a su niña para trasladarla al hospital, lo cual fue visualizado por la comunidad. Se observó la mirada perdida del sujeto, la conversación que sostuvo con el abogado y la reacción al recibir la noticia de que la hija sobrevivió milagrosamente tras los brutales hechos materializados con la conducta delictiva de los sujetos.

En el mismo contexto, con respecto a los peritos o expertos, el punto de partida es su acreditación profesional, destacando su trayectoria, experticia, dominio del tema, títulos académicos y, en general, la experiencia en el área. Se observan, en este caso, exámenes y contraexámenes en los cuales se procura acreditarlos o desacreditarlos; por ejemplo, se apela al pasado delictivo de un perito, promovido por la defensa, en un presunto caso de abuso sexual. Asimismo, se desacredita la experticia en el área de otro de los expertos promovido por la Fiscalía. Posteriormente, se ataca la acreditación fáctica de la opinión de hechos presentados por terceros, que significa la determinación de las consecuencias de un episodio como el vivido por el sujeto y cómo este puede afectar a su capacidad de comprender la ilicitud. Se realiza con el objetivo de dilucidar si, en efecto, se puede afectar dicho elemento del delito y, por tanto, incidir en la calificación jurídica, es decir, en el componente jurídico.

Con ello se denota que la práctica de la prueba, en este caso, obedece, principalmente, al ámbito del examen y contraexamen de testigos, así como de peritos o expertos. Esta observación se extrae más allá de que se trate de un alegato de la defensa que obedece a temas de índole psiquiátrico, que inciden en la culpabilidad, lo cual implica el auxilio de las ciencias médicas en el ámbito penal.

- **Alegatos de apertura y cierre: El impacto del inicio y la última visión antes de la decisión judicial**

Por otra parte, cuando se elabora la teoría del caso, también se debe atender a los alegatos de apertura y de cierre. Con respecto al primero:

(...) es una actividad fundamental del litigante, pues constituye la oportunidad para presentar su verdad procesal ante el tribunal, en este punto los jueces tomarán [sic] por primera vez contacto con los hechos y antecedentes que fundamentan el caso, la teoría del caso es un ángulo, un punto de vista desde el cual mirar la prueba, en términos tales que si el juzgador la mira desde allí verá en ella lo que nosotros vemos. (Ortiz y Ortega, 2022)

En este sentido, se entiende que, en materia penal, debe quedar clara la pretensión; si se trata de la defensa, se trabaja sobre la base de la exclusión de los elementos del delito, como puede ser una ausencia de acción, atipicidad, causas de justificación o causas de exclusión de la culpabilidad, y si es por parte de la Fiscalía, se trabaja principalmente según la tipicidad objetiva y subjetiva —sin menoscabo de los demás elementos del delito— para determinar que se está en presencia de un delito. Con ello, debe quedar claro si hay delito, qué delito es, la participación, concursos y formas inacabadas, entre otros elementos. Por el contrario, si se excluye el delito, se debe señalar sobre la base de qué elemento y en razón de qué supuesto, junto a un resumen puntual de los hechos más los principales elementos con los cuales se probarán.

Por último, el alegato de clausura o de cierre es el elemento final de la actividad derivada del debate —puede subsistir el tema recursivo

o relativo a la ejecución de la decisión—. Es un momento cumbre porque representa una exposición de cierre en la cual se ilustra al juzgador de oído lo más trascendental del juicio, es decir, debe ser una suerte de borrador para la toma de decisión del juzgador. Así, Blanco (2018) señala:

El eje central del Discurso de Clausura gira en torno a las evidencias rendidas, y a la forma en que la información aportada por tales pruebas permite acreditar la Teoría del Caso, y consecuentemente, la teoría jurídica de la parte.

En este alegato se pueden mencionar las debilidades, pero sin dejar un marco que posibilite el ataque de la contraparte. En todo caso, este acto debe ser claro, sucinto, preciso y contundente, y debe dejar patente que fue demostrada nuestra teoría del caso.

La litigación estratégica penal en el sistema oral tiene ciertas particularidades que van más allá de consejos genéricos, pues existe un constructo teórico que, con el tiempo, se ha ido reconociendo como parte del derecho procesal. Esto implica el dominio de ciertos elementos para optimizar el ejercicio profesional del abogado en relación con la naturaleza de la oralidad, que reclama que la confrontación viva y directa conforme a los nuevos sistemas, lo que, a su vez, conlleva contar con referentes técnicos para poder actuar.

Por otra parte, volviendo al caso examinado, los alegatos de inicio y de cierre son el ejemplo paradigmático de lo que se debe observar en ellos. Primero, contar con una línea argumentativa sólida, de conformidad con la planificación. Con respecto a la defensa, en el alegato de apertura, plantea que los hechos que dieron lugar al homicidio o asesinato se reconducen a un episodio del sujeto activo con ocasión de la violación y tentativa de muerte de su hija, amén de los otros aspectos antes descritos. Con ello, se busca contextualizar al juzgador —o jurado— respecto a los aspectos fácticos y jurídicos, además de mencionar que existe un bagaje de elementos probatorios que permitirán conciliar dichos elementos, que conforman una teoría del caso. Este aspecto se observa, igualmente, por parte de la Fiscalía, quien manifiesta que en todo momento se trató de un homicidio-asesinato-doloso, con pleno conocimiento por parte del sujeto activo, que utilizó un arma de fuego y disparó en reiteradas ocasiones sobre la humanidad del occiso y los lesionados.

Por último, el alegato de cierre comenzó con los planteamientos de la Fiscalía, que, de manera concisa, precisa y clara, aborda los hechos, la calificación jurídica y los elementos de prueba que se expusieron en el juicio y que, de alguna manera, se considera que determinan la culpabilidad del sujeto, tanto a nivel de elemento del delito como a nivel procesal. No obstante, es el alegato de cierre de la defensa el que terminó de generar la convicción del jurado, pues, con claridad, concisión y también precisión, se refirió al contexto de los hechos y al aspecto fáctico, así como al probatorio. Además, logró que el jurado se imaginara la brutal violación, las lesiones y la tentativa de homicidio-asesinato en perjuicio de la niña, situación que generó una afectación al padre, quien, en el marco de dicho escenario, dio muerte a uno de los sujetos y provocó lesiones a los demás.

Así, se evidencia que es trascendental la sustentación del caso a nivel jurídico, dogmático y probatorio. También se deben transmitir y contextualizar los hechos de manera clara, sencilla y precisa, de forma que demuestren solidez, coherencia, lógica y, de manera integral, el cumplimiento de la teoría del caso.

CONCLUSIONES

En conclusión, se evidencia la tendencia actual de los sistemas procesales penales hacia la oralidad, lo cual implica un cambio de paradigma que se refleja en distintos instrumentos internacionales, así como en los organismos de protección de derechos humanos. A ello se suman las constituciones y códigos procesales penales de la región.

La oralidad posee ciertas particularidades, en virtud de que va aparejada a la publicidad, la contradicción, la concentración y la inmediación. Así, los alegatos, la práctica de prueba y demás actividades propias del juicio se desarrollan de manera oral, pública y directa, con la presencia de las partes y sujetos procesales. Estas características implican que el abogado, independientemente del rol que ocupe, debe dominar los fundamentos de las técnicas de litigación, con el objetivo de trabajar sobre la base de una litigación estratégica.

Por tanto, las técnicas de litigación oral son un constructo teórico que permite vislumbrar herramientas y metodologías para trabajar en el marco de la oralidad, entre las que destaca la teoría del caso y sus elementos fácticos, jurídicos y probatorios. Estos elementos deben ir armonizados y de la mano, en aras de probar en juicio algún acontecimiento histórico, de acuerdo a distintas fases o momentos: la planificación del caso, el alegato de apertura o inicial, la práctica de pruebas —que incluye el examen, el contraexamen de testigos y expertos el reconocimiento de objetos y la prueba documental—, y, finalmente, el alegato de cierre.

Por último, se recomienda que los abogados litigantes dominen las técnicas mencionadas para que se puedan elaborar defensas estratégicas que descansen en aspectos sólidos y que optimicen la función del abogado ante los estrados. De esta forma, asumiendo el rol que corresponda y sin menoscabo del dominio teórico de otros elementos propios de la ciencia procesal, así como de la teoría general de la prueba y la teoría del delito, se contribuirá a un ejercicio eficaz y eficiente mediante el uso de las técnicas de litigación.

Contribución de los autores: Los autores declaran igualdad en las contribuciones y elaboración del artículo.

Fuente de financiamiento: Esta investigación no recibió financiamiento externo.

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

REFERENCIAS

- Ahumada, C (2019). *Los recursos en la litigación*. Colección litigación y enjuiciamiento penal adversarial. Director: Alberto Binder. Ediciones Didot.
- Arellano, J. y Mendivil, C. (2020). Teoría del delito y teoría del caso. *Revista de Investigación Académica sin Frontera*, (33). 1-43.
- Almanza, F. (2017). *Técnicas de litigación oral y argumentación en juicio*. 1ra ed. Olejnik.
- Blanco, R. (2018). *Manual de litigación para defensores públicos: perspectivas estratégicas*. Oficina Nacional de Defensa Pública.
- Calderón, L. (2012). ¿la Solidez de una teoría del caso determina el éxito de un alegato de apertura? *Derecho & Sociedad Asociación Civil*, (39). 133-139.

- Carbajal, F. (2020). *La declaración del imputado en el litigio adversarial*. Colección litigación y enjuiciamiento penal adversarial. Director: Alberto Binder. Ediciones Didot.
- Código Procesal Civil Modelo para Iberoamérica (1988). Hammurabi. Instituto Iberoamericano de Derecho Procesal. Secretaría General.
- Código Procesal Penal Modelo para Iberoamérica (1989). Hammurabi. Instituto Iberoamericano de Derecho Procesal. Secretaría General.
- Convención Americana de Derechos Humanos (1969). San José de Costa Rica. Organización de Estados Americanos.
- Constitución de la República del Ecuador (2008). Registro Oficial número 449 de fecha 20 de octubre de 2008. Ecuador.
- Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (1999). Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela número 5.453 (extraordinario) marzo 24, 2000.
- Clariá Olmedo, J. (2004). *Derecho Procesal Penal, Tomo II*. Rubinzal Culzoni Editores.
- Corte Interamericana de Derechos Humanos (2008). Caso Apitz Barbera y otros.
- Delgado, R. (2016). *Las pruebas en el proceso penal venezolano*. 7ma ed. Vadell Hermanos
- Gatica S. (2005). La clausura como conclusión de la actuación del abogado en el juicio oral. *Revista de Derecho (Valparaíso)*, 1(26), 379-384.
- Grisham, J. (1989). *Tiempo de matar*. Editorial Planeta.
- González, D. (2016). *Manual práctico del juicio oral*. 4ta ed. Tirant Lo Blanch.
- Hidalgo, J. (2013). *Hacia una teoría del caso mexicana*. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Investigación Jurídicas. Serie: Juicios Orales, (5).
- Hernández, J. (2005). Imputación fáctica y jurídica. *Derecho Penal y Criminología*, 26(78), 87-108.
- Lorenzo, L. (2015). *Manual de litigación*. 1ra ed. Didot.
- Luján, M.; Peña, A.; Benavente, H.; Paz, M.; Santa Cruz, H.; Guevara, I.; Rojas, F.; Espinoza, P.; Angulo, P.; Gamero, L.; Arbulú, V.; Celis, F.; Alva, C. y Reynaldi, R. (2018). *Técnicas de litigación oral y teoría del caso*. Jurado, Doly Coord. Gaceta Jurídica.
- Mila, F. L., Yáñez, K. A. y Mantilla, J. D. (2021). Una aproximación a la metodología de la investigación jurídica. *Revista Pedagogía Universitaria y Didáctica del Derecho*, 8(2), 81-96. <https://doi.org/10.5354/0719-5885.2021.60341>
- Moreno, L. (2021). *Teoría del caso*. Colección litigación y enjuiciamiento penal adversarial. Director: Alberto Binder. Ediciones Didot. Argentina
- Ortiz B., y Ortega S. (2022). Las técnicas de litigación oral y argumentación jurídica: su incidencia e importancia en el proceso penal. *Dom. Cien.*, 8(1) DOI: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v8i41.2518>
- Páez Cuba, L. D. (2020). La oralidad: su repercusión para la ciencia jurídica y la enseñanza del Derecho. *Enunciación*, 25(2), 206-219. <https://doi.org/10.14483/22486798.16005>
- Puy Muñoz, F. (2009). Sobre oralidad y argumentación jurídica. *Dereito*, 18(2), 117-147. URL: <https://minerva.usc.es/xmlui/bitstream/handle/10347/7928/03.Puy.pdf?sequence=1>
- Rivera, R. (2012). *Manual de Derecho Procesal Penal*. Universidad Católica del Táchira.
- Rúa, G. (2020). *Examen directo de testigos*. Colección litigación y enjuiciamiento penal adversarial. Director: Alberto Binder. Ediciones Didot.
- Velázquez, F. (2013). La aplicación de la teoría del delito en la teoría del caso. *Revista Digital de Ciencias Penales de Costa Rica*. (4)3. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/RDMCP/article/view/12385>
- Zalamea, D. (2021). *Audiencias diversas al juicio*. Colección litigación y enjuiciamiento penal adversarial. Director: Alberto Binder. Ediciones Didot.



Sobre la portada:

"El progreso del ser humano puede ser evaluado por la valentía de sus preguntas, los resultados obtenidos y la profundidad de las respuestas que busca. También se puede juzgar por la forma en que percibimos el mundo y respetamos el medio ambiente, por nuestras acciones para cuidar y mejorar nuestros espacios, y por nuestra audacia para buscar la verdad más allá de la comodidad. Todos estos aspectos se entrelazan en una amalgama donde la mirada y perspectiva humana, la importancia de seres como las abejas en el ecosistema y la exploración científica del cosmos y las estructuras se unen para resaltar la relevancia de la academia en todos los ámbitos."



**Pontificia Universidad
Católica del Ecuador**
Seréis mis testigos

IBARRA



Dirección: Av. Jorge Guzmán Rueda y Av. Aurelio Espinosa Pólit.
Ciudadela La Victoria, Ibarra-Provincia de Imbabura - Ecuador
Teléfonos: (593-06) 2615-631
Código Postal: 100112 - Ibarra Ecuador
E-mail: axioma@pucesi.edu.ec
<http://www.pucesi.edu.ec>