VOL. 17. Nº33. 2025. ISSN: 1909-0811 ISSN en línea: 2805-9204

SAPIENTIA

Discapacidad y educación física: un llamado para las Instituciones de Educación Superior (IES) en el Valle del Cauca -p. 06

La obesidad infantil en méxico: un análisis del impacto socioambiental -p. 19

Modelo de gestión para la atención y respuesta ante ataques de ransomware en el área de networking -p. 25

Caso de aprendizaje para la asignatura de seguridad operacional para el programa de ciencias militares aeronáuticas de la escuela militar de aviación "marco fidel suárez" -p. 40

Implementación y automatización de un laboratorio remoto de cinemática para el análisis de caída libre con sistema IOT -p. 47

Análisis multirango de la galaxia NGC 3034: una exploración de su estructura y formación estelar -p. 52

Humedales construidos de flujo subsuperficial horizontal como alternativa para la remoción de metales pesados en efluentes de minería aurífera -p. 63

IDEAS PLANTADAS
DE LOS SEMILLEROS DE INVESTIGACIÓN

Antonio José Camacho
INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA
Calidad, excelencia y compromiso social

+SAPIENTIA (más conocimiento) es la revista de los semilleros de investigación de la UNIAJC, que busca promover e incentivar el amor por la investigación entre los estudiantes. De esta manera contribuir a la producción y difusión del conocimiento científico de nuestra universidad. +SAPIENTIA ofrece, además, información puntual acerca de la dinámica investigativa de los semilleros, el cómo puedes vincularte a ellos y participar en las actividades programadas, que sean de tu interés.

En esta edición la revista muestra el inicio de un cambio de diseño de marca y estructura editorial en sus páginas. Trabajo que desde el Semillero de investigación Alografía venimos desarrollando. Por eso esperamos contar con tu apoyo y participación.

SEMILLERO
DE INVESTIGACIÓN
EDITORIAL
alografía@admon.uniajc.edu.co

EDITOR

Mg. Juan Carlos Cruz Ardila
Decano Asociado de Investigaciones

COMITÉ CIENTÍFICO

PhD. Edward Fernando Toro Perea
Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología en Ingeniería, Cali. Colombia.

PhD. Iván Garrido González
Centro Universitario de la Defensa - Escuela Militar Universidad de Vigo

PhD. Walter Iván Abanto Vélez
Universidad César Vallejo Piura

Mg. Óscar Casas García
Universidad del Valle, Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Cali. Colombia.

PhD. José Fernando Valencia Murillo
Universidad San Buenaventura, Facultad de Ingenierías, Cali. Colombia.

Mg. Diego Fernando Vivas Berrío
Universidad Konrad Lorenz, Facultad de Matemáticas e Ingenierías, Bogotá. Colombia.

Mg. Edwin Novoa Duarte
Universidad Externado de Colombia, Facultad de Contaduría Pública, Bogotá. Colombia.

Mg. Luz Patricia Varón Morales
Institución Universitaria Antonio José Camacho, Facultad de Educación a Distancia y Virtual, Cali. Colombia.

Mg. Hernán Zuluaga Albarracín
Institución Universitaria Antonio José Camacho, Facultad de Educación a Distancia y Virtual, Cali. Colombia.

Mg. Víctor Manuel Uribe Villegas
Institución Universitaria Antonio José Camacho, Departamento de Ciencias Básicas, Cali. Colombia.

Mg. María del Pilar Franco Cortés
Institución Universitaria Antonio José Camacho, Facultad de Ciencias Empresariales, Cali. Colombia.

Mg. Beatriz Eugenia Marín Ospina
Institución Universitaria Antonio José Camacho, Facultad de Ingenierías, Cali. Colombia.

Mg. Octavio Calvache Salazar
Institución Universitaria Antonio José Camacho, Facultad de Ciencias Sociales y Humanas, Cali. Colombia.

Mg. Juan Carlos Cruz Ardila
Institución Universitaria Antonio José Camacho, Decanato Asociado de Investigaciones, Cali. Colombia.

COORDINACIÓN EDITORIAL

Diseño Editorial
Keyla Tejada-Semillero Alografía FCSH

Edición Gráfica
Mónica Peláez Montoya-Semillero Alografía

Maquetación e impresión
SuForma S.A.S

Diseño de portada
Luis Mauricio Wilches
Semillero Select

Promoción
Biblioteca Centro Cultural Jairo Panesso Tascón
Teléfono: (57) 6026652828 – Ext: 1202

Coordinación editorial
Angélica Grajales Ramos

Auxiliar administrativo
Edwin Alexander Guerrero Solarte

Circulación
Nacional e Internacional

Edición Semestral
Enero de 2025 - Volumen 17
Número 33
DOI: https://doi.org/10.54278/sapientia.v17i33
ISSN 1909-0811
ISSN: 2805-9204 (En línea)
https://doi.org/10.54278/sapientia/2805-9204

Decanato Asociado de Investigación
Institución Universitaria Antonio José Camacho
Teléfono: (57) 6026652828 – Ext: 3301 - 3305
Sede Principal Avenida 6 Norte # 28N - 102
A.A. 25663 – Santiago de Cali, Valle del Cauca

CONSEJO ACADÉMICO

Rector
HUGO ALBERTO GONZÁLEZ LÓPEZ

Vicerrectora Académica
ZORAIDA PALACIO MARTÍNEZ

Decana Facultad de Ciencias Empresariales
FRANCIA ELENA AMELINES

Decano Facultad de Ingenierías
EDWIN JAIR NÚÑEZ

Decano Facultad de Ciencias Sociales y Humanas
OCTAVIO AUGUSTO CALVACHE SALAZAR

Decana Facultad de Educación a Distancia y Virtual
MARÍA ISABEL AFANADOR RODRÍGUEZ

Director Departamento de Ciencias Básicas
VÍCTOR MANUEL URIBE

Representante Docentes
OLGA IVONNE FERNÁNDEZ GAITÁN

Representante Estudiantil
ANA LILIANA CAICEDO CUENÚ

Jefe de Bienestar Universitario
YOLANDA OCHOA GRAJALES

Decano Asociado de Investigaciones
JUAN CARLOS CRUZ ARDILA

Director de Proyección Social
YESCENIA PEREA ÑUSTE

Secretario General
LUIS GUILLERMO BETANCOURT

Por: Mg. Juan Carlos Cruz Ardila
Decano Asociado de Investigaciones
Editor Revista Sapientía

EDITORIAL

La edición actual de nuestra Revista Sapientía se despliega como una colección de resultados de investigaciones y análisis críticos sobre temas contemporáneos de notable relevancia social, ambiental y tecnológica. Cada artículo nos invita a reflexionar sobre los desafíos que enfrentan diversas áreas del conocimiento, desde la educación hasta la ciberseguridad, ofreciendo perspectivas profundas y soluciones prácticas que buscan impactar positivamente el contexto inmediato de nuestras universidades.

Comenzamos con un enfoque en el ámbito educativo inclusivo: "Discapacidad y educación física: un llamado para las instituciones de educación superior (IES) en el Valle del Cauca", un artículo que examina la importancia de fomentar una educación física inclusiva en la educación superior. Este trabajo nos recuerda la urgencia de adoptar políticas y prácticas que abran espacios para la participación de todos los estudiantes, promoviendo una verdadera igualdad de oportunidades.

En la misma línea de impacto social, "La obesidad infantil en México: un análisis del impacto socioambiental" nos ofrece una visión integral de esta problemática desde una perspectiva que trasciende el ámbito de la salud. Se examinan los factores sociales y ambientales que están incidiendo en el aumento de los índices de obesidad infantil, así como la necesidad de abordar el tema de manera multidimensional para promover el bienestar de las futuras generaciones.

Por otro lado, en el ámbito de la ciberseguridad, "Modelo de gestión para la atención y respuesta ante ataques de ransomware en el área de networking" se presenta como un recurso esencial para las organizaciones en un contexto donde las amenazas digitales continúan en aumento. Este artículo propone un modelo de gestión que no solo se enfoca en la reacción ante estos ataques, sino en la prevención, proporcionando así herramientas valiosas para el sector tecnológico y empresarial.

Complementando el enfoque en la seguridad, presentamos "Caso de aprendizaje para la asignatura de seguridad operacional para el programa de ciencias militares aeronáuticas de la Escuela Militar de Aviación 'Marco Fidel Suárez' " ubicada en la ciudad de Cali -Colombia. Este caso de estudio aporta un recurso pedagógico único para los futuros oficiales de la aviación militar, quienes encontrarán en él un enfoque práctico y especializado sobre la importancia de la seguridad operacional en contextos de alta exigencia y riesgo.

En el campo de la ingeniería y la innovación educativa, "Implementación y automatización de un laboratorio remoto de cinemática para el análisis de caída libre con sistema IoT" nos transporta a un entorno de aprendizaje de última generación, donde los estudiantes pueden experimentar con fenómenos físicos desde la distancia, haciendo uso de herramientas IoT. Este avance abre nuevas puertas para la enseñanza de la física y sienta las bases para un futuro educativo más accesible y práctico.

En la astronomía, "Análisis multirango de la galaxia NGC 3034: una exploración de su estructura y formación estelar" nos lleva al espacio profundo, donde los secretos de una de las galaxias más intrigantes son develados a través de un análisis exhaustivo de su estructura y dinámica estelar. Este artículo no solo satisface la curiosidad científica, sino que también amplía nuestro entendimiento sobre el universo.

Finalmente, en el campo ambiental, "Humedales construidos de flujo subsuperficial horizontal como alternativa para la remoción de metales pesados en efluentes de minería aurífera" ofrece una solución innovadora y ecológica para la remediación de aguas contaminadas. La minería, vital para muchas economías, plantea riesgos ambientales, y esta investigación nos muestra cómo la tecnología y la naturaleza pueden trabajar juntas para mitigar dichos efectos.

Cada uno de estos artículos representa una contribución significativa de los semilleros y grupos de investigación, de diferentes instituciones de la región, a su respectivo campo de conocimiento y subraya el compromiso de nuestra revista con la divulgación de conocimientos que promuevan el desarrollo sostenible, la equidad social y el avance científico. Invitamos a nuestros lectores a sumergirse en estas páginas y a reflexionar sobre el papel que cada uno de nosotros puede desempeñar para construir un futuro mejor. Adicionalmente, la importancia que tiene para cada uno de nuestros autores, la citación que hagan de sus trabajados en próximos escritos que desarrollen con contenidos similares e incluso que vayan a publicar en esta revista, que da cuenta del trabajo de los semilleros y grupos de investigación.

EDITORIAL

CONTENIDO

.06

DISCAPACIDAD Y EDUCACIÓN FÍSICA: UN LLAMADO PARA LAS INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR (IES) EN EL VALLE DEL CAUCA

Vanessa Álvarez Reina
Carlos Mario Basto Cardona
Yeimy Sofia Meneses

.19

LA OBESIDAD INFANTIL EN MÉXICO: UN ANÁLISIS DEL IMPACTO SOCIOAMBIENTAL

Ariadna Teresa Peña García
José Carlos Valderrábano Castelán
Adriana Igsabel Mora Santos

.25

MODELO DE GESTIÓN PARA LA ATENCIÓN Y RESPUESTA ANTE ATAQUES DE RANSOMWARE EN EL ÁREA DE NETWORKING

Vanessa García Pineda
Edison Andrés Zapata Ochoa
Juan Camilo Gallego Gómez
Luis Alberto Flórez Laverde
Jackeline Andrea Macías Urrego

.40

CASO DE APRENDIZAJE PARA LA ASIGNATURA DE SEGURIDAD OPERACIONAL PARA EL PROGRAMA DE CIENCIAS MILITARES AERONÁUTICAS DE LA ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN "MARCO FIDEL SUÁREZ"

Jorge Armando Duarte Gallo
Cristian David García Alarcón

47.

IMPLEMENTACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UN LABORATORIO REMOTO DE CINEMÁTICA PARA EL ANÁLISIS DE CAÍDA LIBRE CON SISTEMA IoT

Geovany Colorado Vidarte
Rolar Stiven Cabezas Lasso
Julián Andrés Ángel Jiménez

52.

ANÁLISIS MULTIRANGO DE LA GALAXIA NGC 3034: UNA EXPLORACIÓN DE SU ESTRUCTURA Y FORMACIÓN ESTELAR

Jonnatan Arias García
Jhonny Barrios Vanegas
David Rodríguez Granados

63.

HUMEDALES CONSTRUIDOS DE FLUJO SUBSUPERFICIAL HORIZONTAL COMO ALTERNATIVA PARA LA REMOCIÓN DE METALES PESADOS EN EFLUENTES DE MINERÍA AURÍFERA

Edwin Fernando Sierra Gaviria
Karol Daniela Fernández Vargas
César Fernández Morantes
Arnol Arias Hoyos

DISCAPACIDAD Y EDUCACIÓN FÍSICA: UN LLAMADO PARA LAS INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR (IES) EN EL VALLE DEL CAUCA

DISABILITY AND PHYSICAL EDUCATION: A CALL FOR HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS (IES) IN THE VALLE DEL CAUCA

Recibido/Received: 12/05/2024 **Aceptado/Accepted:** 10/09/2024

AUTORES

Vanessa Álvarez Reina. Estudiante de Licenciatura en Educación Física y Deporte de la Institución Universitaria Antonio José Camacho. Integrante del Semillero de Investigación en Educación y Cultura – Inclusión y Diversidad - Siembra.

Yeimy Sofia Meneses. Docente hora cátedra de la Licenciatura en Educación Física y Deporte de la Institución Universitaria Antonio José Camacho. Integrante del Semillero de Investigación en Educación y Cultura – Inclusión y Diversidad - Siembra.

Carlos Mario Basto Cardona. Profesor tiempo completo de la Facultad de Educación a Distancia y Virtual de la Institución Universitaria Antonio José Camacho. Investigador del Grupo de Investigación en Pedagogía GIP

Semillero SIEMBRA
Institución Universitaria Antonio José Camacho

Para citar este artículo: Álvarez Reina, V., Basto Cardona, C.M. y Meneses Beltrán, Y.S. (2025). Discapacidad y educación física: un llamado para las Instituciones de Educación Superior (IES) en el Valle del Cauca. *Revista Sapientía, 17*(33), 06-18. Doi: 10.54278/sapientia.v17i33.206

RESUMEN

Este artículo busca realizar una revisión documental de los programas académicos relacionados con las Ciencias del Deporte y/o la Educación Física de las universidades e instituciones universitarias del Valle del Cauca, con la finalidad de conocer si dentro de sus planes de estudio ofrecen asignaturas que aborden el tema sobre la discapacidad en la educación física y si su perfil profesional va acorde a su pensum. La metodología de este análisis está enfocada en el estudio documental cualitativo de tipo descriptivo, con siete instituciones registradas en el Ministerio de Educación Nacional de Colombia (SNIES), que ofertan estos programas de profesionales. Los resultados indican que de 6 programas entre licenciaturas y profesionales todas reflejan en sus planes de estudio asignaturas de formación conforme a las personas con discapacidad, lo cual quiere decir que, aunque todas las instituciones de educación superior (IES) cuentan con alguna asignatura, sigue siendo escasa la oferta de cursos obligatorios acerca de la discapacidad ya que muchos de estos son electivos, dejando una carencia en la formación de los futuros profesionales o Lic. en Educación Física, Recreación y Deporte.

PALABRAS CLAVE

Discapacidad, Planes de estudio, Educación superior, Educación física.

ABSTRACT

This article seeks to conduct a documentary review of the academic programs related to Sports Science and/or Physical Education of universities and colleges in Valle del Cauca, in order to know if their curricula offer subjects that address the issue of disability in physical education and if their professional profile is in line with their curriculum. The methodology of this analysis is focused on the qualitative documentary study of descriptive type, with seven institutions registered in the Colombian Ministry of National Education (SNIES), which offer these professional programs. The results indicate that out of 6 undergraduate and professional programs, all of them reflect in their curricula training subjects according to persons with disabilities. This means that, although all the institutions of higher education (IES) have some subjects, the offer of compulsory courses on disability is still scarce, since many of these are elective, leaving a lack in the training of future professionals or Lic. in physical education, recreation and sport.

KEYWORDS

Disability, Study Plans, Higher Education, Physical Education

INTRODUCCIÓN

La presente investigación tendrá como área de enfoque los planes de estudios de las instituciones universitarias de educación superior en el Valle del Cauca que oferten los programas relacionados con la Licenciatura en Ciencias del Deporte y la Educación Física, con la finalidad de examinar si dentro de sus planes de estudio ofrecen cursos que aborden el tema de la discapacidad y conocer cuáles son las asignaturas asociadas a la formación en discapacidad. De la misma forma, comparar los perfiles de egresados de las diferentes universidades del valle del cauca que oferten el programa de Educación Física, Recreación y Deporte para así lograr identificar cuál es el porcentaje de universidades que en el perfil del egresado tienen un enfoque inclusivo.

Es fundamental identificar si las universidades, en la formación de futuros docentes, están adoptando un enfoque inclusivo. Esto es especialmente relevante dado que los docentes enfrentan numerosos retos en su praxis, entre los cuales destacan las diferencias físicas, biológicas, psicológicas y conductuales de los estudiantes. A pesar de que el Decreto 1421 de 2017 propone el Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA), una estrategia pedagógica accesible que reconoce las capacidades, intereses y realidades de los estudiantes, adaptando el currículo, los programas educativos y las prácticas pedagógicas a sus características y estilos de aprendizaje, aún se evidencian falencias en la adecuada planificación de clases que respondan a estas particularidades. Es por ello que el proceso de planeación en el área de educación física debe considerar y abordar las características individuales y el proceso de aprendizaje de cada niño o niña, asegurando que las actividades propuestas sean inclusivas y adaptadas a sus necesidades.

Así mismo, el Decreto 1421 de 2017 nos habla del Plan Individual de Ajustes Razonables (PIAR), una herramienta de valoración pedagógica y social que integra apoyos y ajustes pertinentes para garantizar los procesos de enseñanza-aprendizaje inclusivos cuando se presentan barreras para el aprendizaje y la participación. De ahí la importancia de que los profesionales en Educación Física tengan un adecuado conocimiento sobre este grupo social, pues así podrán realizar los ajustes pertinentes de acuerdo al contexto y al mismo tiempo conocer lo valioso de que en el currículo y en el plan de estudios se pueda encontrar una línea hacia esta población, en tanto estos son los que sustentan y desarrollan la práctica educativa universitaria, "los cuales integran los correspondientes agentes con el propósito de la formación: aprendizaje, enseñanza, evaluación, reconocimiento, acompañamiento y formación pertinente del docente" (Universidad Católica de Colombia, 2016).

Por lo tanto ¿qué sucede si la formación docente no va acorde hacia las personas en situación de discapacidad? Sucaticona Yujra (2016) enfatiza en la importancia de la actitud del docente hacia sus estudiantes, ya que esta juega un papel importante en el acto educativo, más que por la naturaleza del área curricular que enseña. Por ello, es importante identificar aquellas actitudes que podrían impedir a los estudiantes con necesidades educativas especiales a acceder y beneficiarse de una educación en igualdad de oportunidades. Así mismo, el egresado en licenciatura en ciencias del deporte o áreas afines de una institución universitaria debe conocer cómo actuar frente a diferentes situaciones que impliquen el movimiento corporal de un alumno con discapacidad.

Alhumaid et al. (2020) plantea que, en el contexto educativo, la autoeficacia del profesorado se refiere a la confianza de las/los docentes en su capacidad para impactar positivamente en el proceso educativo. Es por esta razón que los egresados de una institución de educación superior deben conocer y tener un acercamiento a las diferentes poblaciones que amplíe su horizonte a nuevos conocimientos como oportunidades que más adelante puedan ser de gran utilidad y no solo partiendo desde el movimiento, sino también la forma en la que los docentes se comunican e interactúan brindando a este grupo de la sociedad una educación física integral.

Entonces, si no se cuenta con este saber ¿cómo responderemos al Decreto 3012 de 1997 de la ley general de educación lo cual "reglamenta la organización y funcionamiento de las Escuelas Normales Superiores y establece que éstas tendrán en cuenta experiencias, contenidos y prácticas pedagógicas relacionadas con la atención educativa de las poblaciones de las que trata el Título III de la Ley 115 de 1994"? (Salazar & Villaquirán, 2020). Es decir, que las personas con discapacidad deben ser tenidas en

cuenta al momento de la realización del plan de estudios, ya que es una responsabilidad social que cada docente debe enfrentar brindando el conocimiento y la práctica acorde a las personas con discapacidad. Esto permitirá que los profesionales en ciencias del deporte y la educación física, en el campo de la inclusión deportiva, puedan tener un acercamiento en la práctica diaria con cada individuo para así poder fomentar la participación en la Educación Física, Recreación y Deporte. Por eso es de vital importancia que los planes de estudio incluyan la discapacidad en las diferentes universidades del valle del cauca para así poder garantizar una educación calidad.

De igual forma, resaltar la importancia de la sociedad cuando se habla de personas con discapacidad y cómo influye la formación docente en el contexto social, dado que es un derecho para esta parte de la sociedad. Al respecto, Danel et al. (2020) se pregunta lo siguiente:

> ¿Cómo capturar las formas en que ese procesamiento se da en cada momento histórico y en determinados espacios sociales? ¿cómo identificar esos procesamientos para la situación de discapacidad? Considerando los cruces entre infancia, juventud, adultez, vejez y las discapacidades, es importante preguntarse ¿en todas las edades se construye una misma mirada sobre las redes sociales de apoyo? ¿la discapacidad supone una estructuración única de los tiempos? ¿Las organizaciones sociales vinculadas a la discapacidad tienen más presencia en las infancias discapacitadas? ¿los estudios de protagonismo infantil incluyen a las niñeces en situación de discapacidad? ¿Cómo opera el movimiento de vida independiente en relaciona las organizaciones familiares? Con lo expresado por el autor es necesario que los profesionales o futuros licenciados en EF tengan en claro que uno de los principales objetivos es sensibilizar y capacitar a los futuros educadores para que puedan contribuir a una sociedad más inclusiva.

FORMACIÓN DOCENTE FRENTE A LA DISCAPACIDAD

La formación docente juega un papel fundamental, ya que permitirá a los profesionales abarcar de manera significativa cada estudiante y tener estrategias de enseñanza que propicien una construcción social de la discapacidad y contribuyan a eliminar esas barreras que no permiten que los derechos de las personas con discapacidad puedan mejorar día a día. En el análisis de Fernández & de Barros Camargo (2021) se expone la importancia de la inclusión, atención a la diversidad y neuroeducación en el ámbito de Educación Física, porque es vital que en el proceso de pregrado se pueda conocer y tener un concepto amplio de lo que abarca la discapacidad y cómo se debe trabajar y llevar a la práctica cada concepto visto teniendo en cuenta que una parte fundamental de la educación física es conectar el cerebro y la mente. Es por eso que dentro del saber del futuro docente, entran el poder reconocer los conceptos que se utilizan adecuadamente para esta parte de la sociedad como lo son: discapacidades de aprendizaje, discapacidades intelectuales, discapacidades relacionadas con el comportamiento y los sentidos "(auditivo, visual, sordo-ciego), intelectual, mental y físico-motor; Trastornos generalizados del desarrollo, síndrome de Down y problemas con múltiples o más discapacidades" (PUCE, 2021; Víquez Ulate, Quirós Carrión, Rodríguez Méndez, & Solano Mora, 2020; Bonifaz Arias, et al., 2018).

Según Van Dijk (2003) como citado en Yupanqui, González, Llancalahuén, Quilodrán, & Toledo (2016), expone que

> La utilización del leguaje como un medio de discriminación, explicaría por cuanto constituye un medio fundamental de comunicación y a su vez, de reproducción principal de prejuicios e ideologías sociales en las cuales subyacen conceptos discriminatorios. Muchas veces los docentes de educación no conocen el lenguaje correcto, respetuoso y lo que implica cada concepto y al momento de enfrentarse con personas con discapacidad no utilizan estrategias de enseñanzas adecuadas, es ahí donde realmente se evidencian las deficiencias en el conocimiento acerca de la discapacidad, el docente piensa que es un tema solo compete al área de psicología u otras áreas.

Es importante mencionar que cuando se habla de la formación docente, también es necesario que cada profesional pueda adaptarse partiendo de estos saberes, que realmente son necesarios en cada entorno de un docente para que no sea todo un desafío adaptar las diferentes estrategias de enseñanza y pueda evaluar de acuerdo con las necesidades de cada alumno. "Esto nos lleva a que la actitud del profesorado, es decir, sus creencias, percepciones y sentimientos deben ser reconocidas y perfeccionadas durante la etapa formativa para una eficiente atención a la diversidad en Educación Física" (Hernández y De Barros, 2021).

EDUCACIÓN FÍSICA Y DISCAPACIDAD

Los docentes de educación física deben tener en cuenta que su carrera juega un papel fundamental en el desarrollo motriz, cognitivo y como tal en el proceso psicomotor del estudiante, es por ello que deben contar con herramientas teóricas que desde su quehacer puedan aportar significativamente a las personas con discapacidad. Navarro (2019) señala que "la educación física es una de las áreas que más favorece al desarrollo y la formación integral de una persona, la maduración del alumno y la integración de este ya que se trabaja de forma colectiva" (p. 21). Es decir, que dentro de las clases de educación física brinda actividades físicas, de recreación y deporte para así fortalecer la relación consigo mismo como con los demás y, al mismo tiempo, considera la particularidad de cada estudiante partiendo desde la metodología y la adaptación dentro del salón de clase por medio del acondicionamiento del espacio o de las actividades que el docente va a realizar. Estas deben ser pensadas como herramientas pedagógicas para los niños y niñas con discapacidad, es por eso que se debe analizar las actitudes de los estudiantes universitarios (futuro profesorado) de EF, de las cuales depende el éxito de la inclusión (Rello, Garoz y Tejero- González, 2020).

Cuando se habla de discapacidad y educación en Colombia existe el Decreto 1421 de 2017 del Ministerio de Educación Nacional, donde reglamenta el marco de la educación inclusiva a la población con discapacidad. Teniendo en cuenta lo dicho anteriormente, es adecuado resaltar un estudio realizado por Díaz-Piñeres et al. (2020), el cual propone que "para formular un acompañamiento efectivo en la implementación de los lineamientos del Decreto 1421 de 2017, es fundamental atender a las características propias de cada institución". Esto es que la comunidad educativa debe proyectarse de acuerdo con el rol de cada individuo y como profesional que puede aportar a la sociedad, enfatizando en la discapacidad, optando así las practicas inclusivas.

Además de enforcarse en las instituciones educativas, también las IES tienen un rol fundamental debido a que si el profesional docente ya ha tenido un acercamiento a la población educativa con discapacidad en su práctica, puede aportar significativamente en la educación del niño o la niña.

De la misma forma, para que el Decreto 1421 de 2017 del Ministerio de Educación Nacional se cumpla adecuadamente, es fundamental que desde el área administrativa o de gerencia tenga un seguimiento, ya que este es la principal fuente para que se cumpla adecuadamente; claro está que es una construcción entre pares, pero este velará por que se realice el marco de la educación inclusiva en cada una de las IES en el valle del cauca

METODOLOGÍA

El presente estudio está situado en una investigación documental, cualitativa de tipo descriptiva, que ocupa como fundamento los planes de estudio y el perfil del egresado publicados en las páginas web de las instituciones de educación superior del Valle del Cauca registradas en el SNIES de acuerdo con el programa considerado.

También se llevó a cabo una búsqueda de artículos e investigaciones sobre la formación del profesorado referente al tema de la atención a la discapacidad, de la cual se encontraron aportes significativos para la presente investigación.

CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN PARA EL PRIMER TIPO DE ANÁLISIS DOCUMENTAL

Criterios de inclusión

- Programas académicos de pregrado en áreas de formación en ciencias deporte, educación física, deporte y afines, ofertados en el Valle del Cauca.
- Programas académicos de pregrado ofertados en el Valle del Cauca que aparezcan registrados en la página de las SNIES y que tengan código IES diferente.
- Programas académicos cuyo pensum esté disponible para revisión por página web.
- Programas académicos cuyo perfil de egresado esté disponible en la página web.

Criterios de exclusión

- Programas académicos que aparezcan inactivos en la página del SNIES.

De acuerdo a lo anterior, se establece como población los programas de deporte y áreas semejantes de las universidades registradas en el Ministerio de Educación Nacional de Colombia (SNIES) y se establece como muestra 6 programas que encuentran situados en el Valle del Cauca.

CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN PARA EL SEGUNDO TIPO DE ANÁLISIS DOCUMENTAL

Criterios de inclusión de artículos

- Artículos de investigación disponibles para revisión por Internet.
- Artículos completos
- Publicados en los últimos 5 años
- Idioma español
- Artículos que discutan sobre los programas de pregrado de educación física, ciencias del deporte y afines, en relación con la formación en discapacidad.

Criterios de exclusión

- Artículos que no cumplan con las fechas de publicación ya establecidas.
- Artículos que no se encuentren en bases de datos o revistas oficiales para revisión.

Estrategias de búsqueda

- Para la búsqueda en las diferentes bases de datos emplearon las siguientes palabras: "Discapacidad y educación física", "Formación académica sobre la discapacidad", "planes de estudio de pregrado en el área de deporte".

Las bases de datos consultadas fueron:

Google Scholar: https://scholar.google.es/schhp?hl=es
Scielo: https://www.scielo.org/es/
Dialnet: https://dialnet.unirioja.es/

Así mismo se utilizaron cadenas de búsquedas combinando palabras con operadores Booleanos como: "Formación para la discapacidad en programas de Educación Física", "Discapacidad y educación superior", "Discapacidad o inclusión".

De acuerdo con la búsqueda realizada se tomaron en cuenta dos estudios que presentan una relación fuerte con la investigación realizada. El primer estudio fue realizado por Molano, Meneses y Zúñiga (2017) en Colombia titulado "Formación para la discapacidad en programas de Educación Física en Colombia", el cual se basó en identificar los programas de la Educación Física, la Recreación y el Deporte en diferentes universidades colombianas que reflejen, en su plan de estudios, asignaturas que desarrollen el tema de discapacidad o la atención a la discapacidad.

El segundo estudio fue el realizado por Sánchez (2023), aborda la formación en discapacidad en los planes de estudio en el área del deporte en Bogotá y expone que

> el currículo es el plan estratégico en el que se refleja un proceso cíclico que implica un desarrollo de formación y transformación de la realidad, en busca de la atención en diversos y

contextos y responder a las necesidades de, en este caso, la población con discapacidad.

PROCEDIMIENTO

Esta investigación propone dos tablas, la Tabla 1 con el objetivo de clasificar las asignaturas de acuerdo con la formación en discapacidad y saber si en estas abordan un curso sobre discapacidad, compuesta por 6 categorías (institución, facultad, programa, N°. de asignaturas, asignatura y semestre), lo cual permitió un mejor análisis.

La Tabla 2 se realiza con el objetivo de comparar y analizar los perfiles de egresados de las diferentes universidades del Valle del Cauca que oferten el programa de educación física recreación y deporte para poder llevar a cabo una observación más efectiva que refleje las competencias adquiridas por los estudiantes universitarios.

Tabla 1. *Planes de estudio de las universidades del Valle del Cauca que ofertan asignaturas asociadas a la formación en discapacidad.*

TABLA 1. PLANES DE ESTUDIO DE LAS UNIVERSIDADES DEL VALLE DEL CAUCA QUE OFERTANASIGNATURAS ASOCIADAS A LA FORMACION EN DISCAPACIDAD

INSTITUCIÓN	FACULTAD	PROGRAMA	N DE ASIGNATURA	CONDICION	ASIGNATURA	SEMESTRE
UNIVERSIDAD DEL VALLE	Facultad de Educación y Pedagogía – FEP	Licenciatura en Educación Física y Deportes	1	electiva	Deporte y discapacidad	-
ESCUELA NACIONAL DEL DEPORTE	Facultad de Ciencias de la Educación y del Deporte	Deporte	1	Electiva	Electiva A.P II deporte paralímpico	8
UNIVERSIDAD SATIAGO DE CALI	Facultad de educación	Licenciatura en Educación Física y Deportes	1	teórico	Actividad física adaptada	4
UNIAJC	Facultad de educación a distancia y virtual	Licenciatura en ciencias del deporte y la educación física	3	Teórico-practico Electiva	Deporte e inclusión social Practica pedagógica IV (inclusión) Deporte y discapacidad	6 10
UNIVERSIDAD SAN BUENAVENTURA	Ciencias Humanas y Sociales	Lic. En educación física	2	Electiva	Electiva de profundización (inclusión socio-laboral) Electiva de profundización (inclusión escolar Deportes de nuevas tendencias)	6 7
UCEVA	Faculta de ciencias de la educación	Licenciatura en Educación Física, Recreación y Deporte	1	Teórico	Seminario de investigación en discapacidad e inclusión social	8

Tabla 2. *Perfil del egresado de las universidades del Valle del Cauca que ofertan el programa de deporte o áreas afines en cuanto a la diversidad.*

TABLA 2- PERFIL DEL EGRESADO DE LAS UNIVERSIDADES DEL VALLE DEL CAUCA QUE OFERTAN EL PROGRAMA DE DEPORTE O ÁREAS AFINES EN CUANTO A LA DIVERSIDAD.

INSTITUCION	PERFIL DEL EGRESADO
UNIVERSIDAD DEL VALLE	El egresado de la universidad del valle debe tener la capacidad de liderar procesos de investigación y docencia en problemas relevantes de la paz y el conflicto, para generar nuevo conocimiento aplicable en contextosdiversos.
UNIVERSIDAD SANTIAGO DE CALI	El Licenciado de Educación Fisica y Deporte es solidario en procesos de gestión y desarrollo de la comunidad. Hábil en la resolución de problemasen diferente contexto. Perseverante en el logro de innovaciones pedagógicas con capacidad para autoformarse permanentemente en la búsqueda del mejoramiento para una educación con calidad.
ESCUELA NACIONAL DEL DEPORTE	Orientar prácticas motrices deportivas adaptadas y especificas en una o varias modalidades de acuerdo con las caracteristicas biopsicosociales de los practicantes
UNIVERSIDAD SAN BUENAVENTURA	Desarrollar y potencializar en sus estudiantes las expresiones motrices inmersas en los campos escolares, de entrenamiento, promotoras de salud, de lúdica y recreación, de administración y gestión, de autoconocimiento,entre otras, teniendo como referente el contexto social y cultural.
INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA ANTONIO JOSË CAMACHO	Aplique los conocimientos de las ciencias básicas para el análisis de fenómenos y resolución de problemas. Asume actitudes criticas, argumentativas y propositivas en función de la comunicación asertiva favoreciendo la resolución de conflictos, la sana convivencia y la transformación social. Demuestre actitudes y aptitudes de liderazgo y emprendimiento, para la promoción del desarrollo humano fundamentado en principios éticos. Desarrolle propuestas de investigación e innovación educativa para contribuir al mejoramiento de la calidad educativa y calidadde vida de la población. Gestione programas educativos y deportivos, desde una perspectiva sociocultural para promover la formación y el desarrollo humano integral de los ciudadanos. Evalúe los procesos de formación desde los aspectos biopsicosociales, valorando la cultura, el territorio y el contexto, para promover la educación inclusiva.
UCEVA	Los egresados de UCEVA se caracterizarian por su sólida formaciónacadémica, habilidades prácticas y éticas profesionales, preparados para contribuir positivamente en sus campos de especialización enfocados a poblaciones vulnerables y en situación de discapacidad.

RESULTADOS

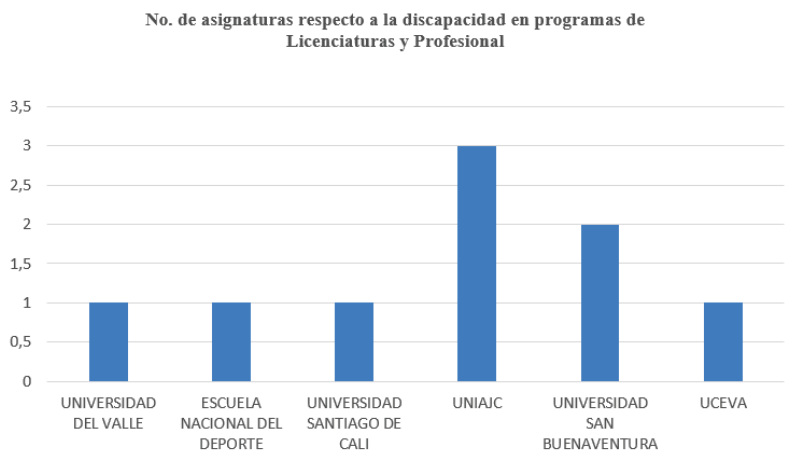
Primeramente, se mostrará la situación general de cada categoría mostrada en la tabla 1 Conforme a los resultados obtenidos, los cuales indican que:

En la Tabla 1, concretamente en el ítem de facultad, se puede observar un valor diferencial entre cada una de las IES del Valle del Cauca, ya sea licenciaturas o profesionales (Facultad de Educación y Pedagogía, Facultad de Ciencias de la Educación y del Deporte, Facultad de Educación, Facultad de Educación a Distancia y Virtual, Ciencias Humanas y Sociales y Faculta de Ciencias de la Educación).

Por otra parte, en el Valle del Cauca se encuentran 6 universidades que ofrecen la licenciatura relacionada con la educación física y el deporte (Universidad Santiago de Cali, Institución Universitaria Antonio José Camacho, Universidad San Buenaventura y Universidad Central del Valle (ver Tabla 1). De igual modo, en el Valle del Cauca se encuentra 1 universidad (Escuela Nacional del Deporte) que oferta un programa de profesional en deporte.

De acuerdo con la categoría de semestre (ver Tabla 1), se reconoce que los programas ofertan asignaturas asociadas a la formación en discapacidad entre el cuarto y séptimo semestre. Por lo cual se entiende que en dichos semestres el profesional en las áreas afines se encuentre con discernimiento para abordar los temas sobre discapacidad.

Figura 1. *No. de asignaturas respecto a la formación en discapacidad en los planes de estudio de los programas de licenciaturas y profesionales.*



Fuente: *Álvarez (2024).*

En esta Figura 1 se observan los programas de licenciatura y programas profesionales, en cuanto a la formación en discapacidad y la oferta de asignaturas, se identifica siete universidades con programas en licenciatura que ofrecen en sus planes de estudio alguna asignatura acorde a la formación en discapacidad.

Así mismo, en la Tabla 1 se logra reconocer que la Institución Universitaria Antonio José Camacho ofrece más cantidad de asignaturas en áreas afines a la discapacidad, ya que cuenta con dos cursos obligatorios acordes a la discapacidad y una electiva. La universidad que le sigue es la Universidad San Buenaventura, aunque es importante resaltar que los dos cursos que ofrece son electivos.

La Escuela Nacional del Deporte cuenta con una práctica denominada Electiva A.P. II deporte paralímpico, pero es importante destacar que esta es electiva, es decir, que el estudiante decide si toma el curso o no, por lo tanto, la universidad no puede garantizar que todos sus egresados tengan el conocimiento acerca de la discapacidad.

Vale la pena destacar que la UNIAJC es la única universidad del valle del cauca que ofrece una práctica en sexto semestre de carácter obligatorio, en cuanto al saber-hacer orientada a la inclusión educativa a la diversidad, deporte e inclusión social.

Figura 2. Porcentaje de universidades que tienen un enfoque inclusivo.

Fuente: *Álvarez (2024).*

Conforme a los resultados esquematizados en la Figura 2 en cuanto a si alguna de las IES tiene un enfoque inclusivo teniendo como referencia el perfil del egresado, se puede identificar que la Institución Universitaria Antonio José Camacho se presenta como una universidad que espera que sus egresados promuevan una educación inclusiva desde diversos contextos.

Así mismo, la Escuela Nacional del Deporte menciona en el perfil del egresado que este debe orientar prácticas motrices deportivas adaptadas y específicas en una o varias modalidades, de acuerdo con las características biopsicosociales de los practicantes. Por último, la UCEVA menciona en el perfil del egresado un profesional capacitado para ejercer los procesos educativos enfocados a poblaciones vulnerables y en situación en discapacidad.

Por otro lado, en la Figura 2 se logra identificar que el 57 % de las universidades de la licenciatura en ciencias el deporte o profesional en este tienen un enfoque inclusivo y el 43 % no manifiesta claramente algo acorde a lo anterior. En consecuencia, se puede deducir que algunas IES expresan el tener este enfoque, pero no tienen en su plan de estudios asignaturas acordes a la formación en discapacidad o profesionales capacitados para enfrentarse a los diferentes contextos que esta implica o estos no son cursos obligatorios si no electivas.

DISCUSIÓN

Es evidente la importancia de que en las IES cuenten con cursos que permitan que los profesionales en EF puedan atender procesos de personas con discapacidad, ya que son los encargados de generar propuestas educativas, como también de investigación, para este grupo de personas que tienen derecho a una educación plena y con profesionales preparados académicamente como en la práctica.

En los resultados del presente estudio se encontró que en el Valle existen varias universidades que ofrecen asignaturas que abordan la discapacidad, pero, por otro lado, se observan unas falencias en la cantidad de cursos que incluyen. Pues en muchas de las IES sólo se brindan cursos teóricos y en semestres más avanzados, siendo importante que estos se aborden en los primeros pasos de la carrera, ya que así los profesionales podrán afrontar diferentes poblaciones y propiciar un aprendizaje de calidad para las personas con discapacidad.

Confrontando los resultados obtenidos, se puede evidenciar que aún existen carencias de cursos que permitan un aprendizaje pleno sobre la formación docente acerca de la discapacidad, lo que concuerda con la investigación realizada por Parra Sánchez (2023) sobre "Formación en discapacidad en planes de estudio de pregrado en el área de deporte en Bogotá", que coincide en señalar la falta de cursos que promuevan la formación en discapacidad y refleja un porcentaje significativo. Si bien en la ciudad de Bogotá existen más universidades que ofertan cursos acerca de la formación docente en cuanto a la discapacidad, aún existe un vacío porque muchos de estos cursos no son obligatorios en el pensum, sino que son electivas o seminarios.

De la misma manera, el estudio realizado por Molano, Meneses y Zúñiga (2017), titulado "Formación para la discapacidad en programas de Educación Física – Colombia", evidencia que existe una carencia de materias que ayuden al profesional a ser un pilar por medio de su conocimiento para mejorar la calidad de vida de las personas con discapacidad. Es por eso que se hace un llamado a las instituciones de educación superior a que sigan fortaleciendo la formación profesional para una educación inclusiva.

Sumado a lo anterior, es importante que las IES tengan en su pensum cursos obligatorios de formación en discapacidad, ya que son indispensables para de la formación en docente.

Al mismo tiempo, se hace necesario que el perfil del egresado tenga un enfoque inclusivo que se refleje en el pensum, así se garantizará que no solo se vea como el enfoque que escogió el profesional, sino que realmente cada Licenciado en Educación Física, Recreación y Deporte salga con unas bases sólidas en cuanto al saber- hacer para esta parte de la sociedad, dado que el pensum de una IES debe ir acorde al perfil del egresado para así garantizar un perfil profesional de calidad.

La presente investigación concuerda con la investigación realizada por Reinoso Mendoza (2023), donde expresa que el análisis de las competencias y los perfiles de formación permitirá encontrar los elementos sustantivos de cada nivel de formación, ya sea este el de las licenciaturas, profesionales, tecnólogos y técnicos, de tal manera que se reconozcan diferencias, similitudes o relaciones en cada nivel de formación, que permitan reflexionar sobre la pertinencia y la coherencia de las propuestas educativas de las diversas IES.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍAS

Investigación: Vanessa Álvarez Reina

Redacción – borrador original: Vanessa Álvarez Reina

Redacción – revisión y edición: Yeimy Sofia Meneses Beltrán y Carlos Mario Basto Cardona

REFERENCIAS

Angenscheidt, L. y Navarrete, I. (2017). Actitudes de los docentes acerca de la educación inclusiva. *Ciencias Psicológicas, 11*(2), 233-243. https://doi.org/10.22235/cp.v11i2.1500

Aristizábal Gómez, K. V. (2021). Cuando hablamos de discapacidad, ¿de qué hablamos? una revisión teórica y jurídica del concepto. *Civilizar, 21*(40), 59–72. https://doi.org/10.22518/jour.ccsh/2021.1a05

Arizabaleta Domínguez, S. L., & Ochoa Cubillos, A. F. (2016). Hacia una educación superior inclusiva en Colombia. *Pedagogía Y Saberes, (45)*, 41.52. https://doi.org/10.17227/01212494.45pys 41.52

Castillo, A. B. (2020). Educación inclusiva y marco legal en Colombia. Una mirada desde la alteridad y las diferencias. Educación inclusiva y marco legal en Colombia. Una mirada desde la alteridad y las diferencias. *Tesis Psicológica, 15*(2), 72-93. https://doi.org/10.37511/tesis.v15n2a4

Cesanelli, M. S., & Díaz, C. (2022). Discapacidad y modelo social: abordajes en la formación de educadores de la Provincia de Buenos Aires. Escenarios, (34). Recuperado a partir de https://revistas.unlp.edu.ar/escenarios/article/view/13350

Danel, P., Martins, M. E., Sala, D. (2020). Discapacidad desde los giros narrativo, corporal y afectivo en ciencias sociales. En A. Pérez y A. Rapanelli (Comp.), *Discapacidad, prácticas e investigación: interpelando a las Ciencias Sociales* (pp. 112-128). Ediciones Celei.

Decreto 1421. Por el cual se reglamenta en el marco de la educación inclusiva la atención educativa a la población con discapacidad. 29 de agosto de 2017. https://www.suin-uriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Decretos/30033428

Díaz-Piñeres, A., Bravo-Rueda, C., & Sierra Delgado, G. E. (2020). Educación inclusiva en contexto: reflexiones sobre la implementación del Decreto 1421 del 2017. *Revista historia de la educación latinoamericana, 22*(34), 265-290.

Escuela Nacional del Deporte. (2020, enero 17). *Conoce la Misión y Visión de la Institución Universitaria.* https://endeporte.edu.co/publicaciones/1440/conoce-la-mision-y-vision-de-la-institucion-universitaria-escuela-nacional-del-deporte/

Flórez Solano, A y Meneses Largacha, V. (2023). *Educación inclusiva: revisión de prácticas del docente de educación física en estudiantes con discapacidad en colegios de Jamundí* (trabajo de grado). Institución Universitaria Antonio José Camacho. https://repositorio.uniajc.edu.co/handle/uniajc/1681

Gómez Valdés, A., Roba Lazo, B. D. C., Hernández Mite, K. D. & Escalante Candeaux, L. (2021). Inclusión en la Educación Física, su perspectiva desde la formación del profesional de Cultura Física. Podium. *Revista de Ciencia y Tecnología en la Cultura Física, 16*(2), 423-435. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1996-24522021000200423&lng=es&tlng=es.

Guevara Salazar, L. X. & Vélez Villaquirán, L. A. (2020). Primeras aproximaciones sobre la realidad de la inclusión en la educación en Colombia. *Revista Boletín Redipe, 9*(3), 85-100. https://revista.redipe.org/index.php/1/article/view/933

Lleixà Arribas, M. T., & Hernández, M. R. (2020). Formación del profesorado en educación física e inclusión del alumnado con pluridiscapacidad. *Revista Interuniversitaria De Formación Del Profesorado. Continuación De La Antigua Revista De Escuelas Normales, 34*(1). https://doi.org/10.47553/rifop.v34i1.76978

Marín-Suelves, D., & Ramón-Llin, J. (2021). Physical Education and Inclusion: a Bibliometric Study. *Apunts. Educación Física y Deportes, 143,* 17-26. https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2021/1).143.03

Molano Tobar, N. J., Meneses Llanos, R., & Zuñiga Lopez, C. I. (2017). Formación para la discapacidad en programas de Educación Física- Colombia. *Educación Física y Ciencia, 19*(2), 1-7.

Mora, F., & Vargas, K. (2023). *Una revisión narrativa: Inclusión de personas en condición de discapacidad visual en la clase de educación física* (Trabajo de grado). https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/handle/20.500.12558/4977

Morley, D., Banks, T., Haslingden, C., Kirk, B., Parkinson, S., Van Rossum, T., ... & Maher, A. (2021). Including pupils with special educational needs and/or disabilities in mainstream secondary physical education: A revisit study. *European Physical Education Review, 27*(2), 401-418

Parra Sánchez, A. M. (2023). Formación en discapacidad en planes de estudio de pregrado en el área de deporte en Bogotá. *Lúdica Pedagógica, 37*(1), 1–15. https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/LP/article/view/18235

Ramírez Valbuena, W. Á. (2017). La inclusión: una historia de exclusión en el proceso de enseñanza aprendizaje. *Cuadernos de lingüística hispánica, 30,* 211–230. https://doi.org/10.19053/0121053x.n30.0.6195

Reinoso Mendoza, R. (2023). *Competencias y perfiles de los licenciados, profesionales, tecnólogos y técnicos en los programas de educación física y áreas afines en Colombia* (Reg. SNIES 2019) (Trabajo de grado). https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/24519/Competencias%20y%20Perfiles%20de%20desempe%c3%b1o%20en%20los%20programas%20de%20educaci%c3%b3n%20f%c3%adsica%20y%20afines.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Rincón Gelves, Z. G. (2020). *Manejo y apropiación de un lenguaje inclusivo por profesionales a personas en condición de discapacidad* (Trabajo de grado). http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/handle/20.500.12744/4098

Rosero Vélez, J. M. (2016). *Aportes de la educacion fisica critica a la educacion fisica por competencias.* (Trabajo de grado) https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/server/api/core/bitstreams/90fea87b-4aa0-4ac5-a0d8-1dcef8f16767/content

Sucaticona Yujra, G. (2016). Actitud del docente hacia la inclusión en maestros con y sin alumnos con necesidades educativas especiales de las instituciones educativas estatales de la UGEL 01.

Tomé Fernández, M. (s.f.). *La educación física como medio de inclusión.* https://w3.ual.es/congresos/educacionysalud/ONLINE/210.pdf

UNICEF. (s/f). *Igualdad, inclusión y diversidad a través del deporte.* https://www.unicef.org/cuba/media/826/file/iguald-inclusion-deporte-folleto.pdf

Valencia Moreno, J. E., & Ayala-Zuluaga, J. E. (2021). Educación física en Colombia: área fundamental y formación docente. MOTRICIDADES *Revista da Sociedade de Pesquisa Qualitativa em Motricidade Humana, 5*(1), 17–33. https://doi.org/10.29181/2594-6463-2021-v5-n1-p17-33

Wolski, B., Vargas, P. P. I., & Lopes, P. B. (2021). O processo de inclusão de alunos com deficiência nas aulas de Educação Física sob a perspectiva de professores do Município deAraucária/PR. *Revista EducaçãoEspecial, 34*. https://doi.org/10.5902/1984686x64538

Yarza de los Ríos, V. A., Rojas Alvarez, H. A., & López David, J. (2014). Discapacidad y educación superior: las contiendas por la participación y la ciudadanía en las reformas neoliberales de la Universidad y la educación superior en Colombia. *Revista Latinoamericana de Educación Inclusiva, 8*(1), 35-49. https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/6513

Zayas Acosta, R. de la C., Camejo León, F., Valdés Portilla, M. R., & Rodríguez Madera, A. (2022). La Educación Física, su finalidad en la Educación Superior. Opiniones del profesor. *Podium,1 7* (1) , 23–40. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1996-24522022000100023

LA OBESIDAD INFANTIL EN MÉXICO: UN ANÁLISIS DEL IMPACTO SOCIOAMBIENTAL

CHILDREN'S OBESITY IN MEXICO: AN ANALYSIS OF THE SOCIO-ENVIRONMENTAL IMPACT

Recibido/Received: 31/06/2024 **Aceptado/Accepted:** 30/08/2024

AUTORES

Ariadna Teresa Peña García. Estudiante adscrita al Semillero RedSISETYS de la Universidad de Guadalajara, México.

José Carlos Valderrabano Castelán. Estudiante adscrito al Semillero RedSISETYS de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla,México.

Adriana Igsabel Mora Santos
Docente e investigadora Semillero RedSISETYS Universidad de Guadalajara.

Semillero Nacional RedSISETYS
Universidad de Guadalajara
Semillero Nacional RedSISETYS
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Para citar este artículo: Peña García, A.T., Valderrábano Catelán, J.C. y Mora Santos, A.I., (2025). La obesidad infantil en México: un análisis del impacto socioambiental. *Revista Sapientía,17*(33), 19-24. Doi: 10.54278/sapientia.v17i33.258

RESUMEN

El presente artículo tiene como objetivo realizar un análisis integral del impacto socioambiental de la obesidad infantil en México. A través de un enfoque multidisciplinario, se exploran las diversas dimensiones que contribuyen a esta crisis de salud, incluyendo las influencias del entorno familiar, escolar y comunitario. Además, se examinan las consecuencias a largo plazo para los individuos afectados y para la sociedad en su conjunto, con el fin de proporcionar una visión comprensiva que permita informar y guiar las estrategias de intervención y prevención. En este contexto, se busca no solo identificar los factores que perpetúan la obesidad infantil en el país, sino también evaluar las políticas y programas existentes destinados a mitigar este problema. La comprensión detallada de los elementos socioambientales implicados es esencial para el diseño de soluciones efectivas y sostenibles que puedan revertir la tendencia creciente de esta enfermedad y mejorar la calidad de vida de los niños afectados.

PALABRAS CLAVE

Obesidad infantil, Causas de obesidad infantil, Factores biopsicosociales.

ABSTRACT

The objective of this article is to carry out a comprehensive analysis of the socio-environmental impact of childhood obesity in Mexico. Through a multidisciplinary approach, the various dimensions that contribute to this health crisis are explored, including the influences of the family, school, and community environment. In addition, the long-term consequences for affected individuals and for society as a whole are examined, in order to provide a comprehensive view to inform and guide intervention and prevention strategies. In this context, we seek not only to identify the factors that perpetuate childhood obesity in the country, but also to evaluate existing policies and programs aimed at mitigating this problem. Detailed understanding of the socio-environmental elements involved is essential for the design of effective and sustainable solutions that can reverse the growing trend of this disease and improve the quality of life of affected children.

KEYWORDS

Childhood obesity, Causes of childhood obesity, Biopsychosocial factors.

INTRODUCCIÓN

La obesidad es una compleja enfermedad crónica que se define por una acumulación excesiva de grasa que puede ser perjudicial para la salud (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2024). Por esto mismo, la obesidad infantil representa una amenaza para el Objetivo de Desarrollo Sustentable número 3 Salud y Bienestar propuesto por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) en 2015.

La obesidad infantil se ha convertido en una preocupación global debido a su creciente prevalencia y a las implicaciones profundas que tiene en diversos ámbitos, además representa uno de los principales problemas de salud pública del siglo XXI (OMS, 2016). Así pues, esta enfermedad es el origen de numerosas enfermedades a corto y largo plazo, lo que puede condicionar un descenso en la esperanza y en la calidad de vida (Ortega et al., 2022). Actualmente las cifras de obesidad infantil en México resultan alarmantes, tanto así que se ha posicionado en el primer lugar a nivel mundial (Mendoza et al., 2024), y en 2016 fue declarada una emergencia sanitaria por las autoridades de salud (Secretaría de Salud, 2016), no obstante, a pesar del reconocimiento internacional de esta emergencia de salud pública, ninguna región del mundo ha detenido con éxito el aumento de la obesidad infantil (Chung et al., 2023). Este fenómeno no solo afecta la salud física y mental de los niños, sino que también impone significativos retos para el sistema de salud y las políticas públicas del país (Torres-González et al., 2020; Arrieta y Pedro-Botet, 2020; Leon y Bautista, 2020).

OBJETIVOS

Objetivo general

Analizar el impacto socioambiental de la obesidad infantil en México, identificando los factores predisponentes y sus repercusiones en la salud de los pacientes.

Objetivos específicos

- Identificar los factores biopsicosociales y ambientales que contribuyen a la obesidad infantil en México.
- Conocer las principales causas de obesidad infantil en México y analizarlas desde un punto de vista socioambiental.
- Analizar la relación entre el comportamiento familiar, la cultura y la obesidad infantil.

MARCO TEÓRICO

Existen muchos factores que condicionan la presencia de obesidad infantil, este conjunto de factores es considerado como "entorno obesogénico". Entre los factores más significativos se encuentran los hábitos alimenticios inadecuados, tales como el consumo elevado de alimentos ultra procesados, ricos en calorías y pobres en nutrientes, y la ingesta excesiva de bebidas azucaradas. El sedentarismo, facilitado por el aumento del tiempo frente a pantallas y la falta de actividad física regular, también contribuye notablemente al riesgo de obesidad. Además, las influencias genéticas y metabólicas juegan un papel importante, así como factores ambientales como la disponibilidad de alimentos saludables y la infraestructura para el ejercicio. El entorno familiar y socioeconómico, que incluye el acceso a recursos educativos y la capacidad económica para adquirir alimentos nutritivos, también impacta en el desarrollo de hábitos que pueden favorecer el sobrepeso. En conjunto, estos factores crean un entorno obesogénico que aumenta la vulnerabilidad de los niños a la obesidad. Aunado a ello, existe evidencia muy clara de una predisposición genética al riesgo de obesidad, se ha demostrado que muchas variantes genéticas raras y comunes contribuyen a la heredabilidad de la obesidad (Littleton et al., 2020).

Así como también es importante mencionar las repercusiones, puesto que los niños que padecen obesidad enfrentan una serie de desafíos que van más allá de las preocupaciones de salud, incluyendo estigmatización, discriminación y problemas en el ámbito educativo. La estigmatización puede generar efectos psicológicos negativos, como baja autoestima y depresión, que a su vez pueden afectar su rendimiento académico y su integración social. La discriminación en el entorno escolar y social puede limitar las oportunidades de los niños obesos, perpetuando un ciclo de desventajas que puede perdurar en la vida adulta. La obesidad infantil y sus comorbilidades representan factores de riesgo para muchas enfermedades crónicas, las cuales incluyen tres de las principales enfermedades no transmisibles en todo el mundo: diabetes tipo 2, enfermedad cardiovascular y cáncer (Chung et al., 2023). Además, también puede provocar problemas ortopédicos, respiratorios y dificultades en el desarrollo motor.

METODOLOGÍA

Este artículo es una revisión de literatura a través de la búsqueda de artículos recientes en repositorios como Springer, Redalyc, Google Scholar, PubMed y en páginas de instituciones como OMS, ONU, para realizar un análisis del impacto socioambiental de la obesidad infantil en México ("Obesidad infantil", "Obesidad infantil en México", "Causas de obesidad infantil", "Factores biopsicosociales relacionados a la obesidad").

RESULTADOS

En México, 1 de cada 20 niñas y niños menores de 5 años y 1 de cada 3 entre los 6 y 19 años padece sobrepeso u obesidad. Ha alcanzado proporciones epidémicas, llegando a afectar al 33.2% de la población infantil (Ortiz et al., 2021).

La obesidad infantil en México es un problema de salud pública complejo, en el que se involucran, entre otros factores, el genético, la alimentación, el ejercicio físico y los patrones de alimentación actuales, que van siendo heredados de los padres a los hijos y que llegan a persistir en la edad adulta. Otros aspectos sociales de la actualidad que se viven en el país están impactando de manera indirecta en la prevalencia del sobrepeso y la obesidad infantil. Por ejemplo, que México sea el primer consumidor a nivel mundial de refrescos,

y que este producto se publicite en horarios de programas televisivos infantiles, aunado al proceso de inseguridad nacional que vive el país y que implica que se realicen en su mayoría actividades que no involucran un gasto energético significativo dentro de los hogares, impactan de forma indirecta en el padecimiento de la obesidad en los niños y adolescentes mexicanos. Aunado a esto, los factores culturales que existen en nuestro país, como la alimentación rica en productos derivados del maíz, impactan de manera directa en la prevalencia de obesidad y sobrepeso en los niños mexicanos tras ingerir alimentos hipercalóricos (Pérez & Cruz, 2018).

CONCLUSIONES

El análisis del impacto socioambiental de la obesidad infantil en México revela una problemática de magnitud considerable, cuya complejidad exige una atención multidisciplinaria y coordinada. La creciente prevalencia de esta condición de salud entre la población infantil no solo compromete el bienestar físico y mental de los menores afectados, sino que también impone una carga significativa sobre el sistema de salud y las estructuras socioeconómicas del país. Los datos demuestran que factores socioeconómicos, culturales y ambientales juegan roles determinantes en la configuración del entorno obesogénico. Las prácticas alimentarias inadecuadas, el sedentarismo y la falta de recursos para actividades recreativas saludables configuran un panorama preocupante. Adicionalmente, las políticas públicas existentes han mostrado limitaciones en su capacidad para abordar de manera integral la problemática. En el mismo contexto, es importante que se adopten estrategias que integren la promoción de hábitos saludables desde una edad temprana, la educación nutricional y la creación de entornos que fomenten la actividad física. La colaboración entre instituciones gubernamentales, organizaciones no gubernamentales, y la comunidad en general resulta crucial para diseñar e implementar intervenciones efectivas que prevengan y mitiguen la obesidad infantil.

El abordaje integral de esta crisis sanitaria no solo contribuirá a mejorar la calidad de vida de los niños afectados, sino que también generará un impacto positivo en la salud pública y el desarrollo socioeconómico del país. Por lo tanto, la acción coordinada y la inversión en programas de prevención y tratamiento son esenciales para revertir la tendencia actual y garantizar un futuro más saludable para las próximas generaciones.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍAS

Investigación: Ariadna Teresa Peña García y José Carlos Valderrabano Castelán,Adriana Igsabel Mora Santos.

Redacción – borrador original: Ariadna Teresa Peña García, José Carlos Valderrabano Castelán, Adriana Igsabel Mora Santos.

Redacción – revisión y edición: Ariadna Teresa Peña García, José Carlos Valderrabano Castelán, Adriana Igsabel Mora Santos.

REFERENCIAS

Arrieta, F., & Pedro-Botet, J. (2020). Recognizing obesity as a disease: A true challenge. Reconocer la obesidad como enfermedad: todo un reto. *Revista clinica española, 221*(9), 544–546. https://doi.org/10.1016/j.rce.2020.08.003

Ayala, G. X., Monge Rojas, R., King, A. C., Hunter, R., & Berge, J. M. (2021). Entorno social y obesidad infantil: implicaciones para la investigación y la práctica en Estados Unidos y en los países latinoamericanos. *Obesity Reviews, 22,* e13350. https://doi.org/10.1111/obr.13350

Chung, S. T., Krenek, A., & Magge, S. N. (2023). Childhood obesity and cardiovascular disease risk. *Current Atherosclerosis Reports, 25*(7), 405–415. https://doi.org/10.1007/s11883-023-01111-4

Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia [UNICEF México] (2016). *Salud y Nutrición.* https://www.unicef.org/mexico/salud-y-nutrici%C3%B3n#:~:text=1%20de%20cada%2020%20ni%C3%B1as,norte%20y%20en%20comunidades%20urbanas.

León, P. X., Morales, A., & Bautista, C. J. (2020). La desnutrición y la obesidad en aumento: un reto mundial para la erradicación. *Revista de la Escuela de Medicina Dr José Sierra, 34*(2), 50-59. https://www.researchgate.net/publication/350850343_LA_DESNUTRICION_Y_LA_OBESIDAD_EN_AUMENTO_UN_RETO_MUNDIAL_PARA_LA_ERRADICACION

Littleton, S. H., Berkowitz, R. I., & Grant, S. F. A. (2020). Genetic determinants of childhood obesity. *Molecular Diagnosis & Therapy, 24*(6), 653–663. https://doi.org/10.1007/s40291-020-00496-1

Mendoza García, C. I., Gómez, M., & Rodríguez, J. C. (2024). La obesidad infantil en México. *ININEE CIENCIA, 1*(2), 27–33. https://doi.org/10.33110/inineeciencia.v1i2.16

Ortega, Rosa M, Jiménez-Ortega, Ana Isabel, Martínez-García, Rosa M, Aguilar-Aguilar, Elena, & Lozano-Estevan, Mª Carmen. (2022). La obesidad infantil como prioridad sanitaria. Pautas en la mejora del control de peso. *Nutrición Hospitalaria, 39*(spe3), 35-38. https://doi.org/10.20960/nh.04308

Organización Mundial de la Salud. (2016). *Establecimiento de áreas de acción prioritarias para la prevención de la obesidad infantil.* https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/250750/9789243503271-spa.pdf;jsessionid=4133421C0878332FEFE2C4D52AEDAA33?sequence=1

Organización Mundial de la Salud [OMS]. (1 de marzo de 2024). *Obesidad y sobrepeso.* https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight

Pérez-Herrera, A., & Cruz-López, M. (2018). Situación actual de la obesidad infantil en México. *Nutrición Hospitalaria, 36(2)*, 463-469. https://doi.org/10.20960/nh.2116

Torres-González, Emanuel de J., Zamarripa-Jáuregui, Rosa G., Carrillo-Martínez, José M., Guerrero-Romero, Fernando, & Martínez-Aguilar, Gerardo. (2020). Prevalencia de sobrepeso y obesidad en niños escolares. *Gaceta médica de México, 156(3)*, 184-187. Epub 27 de mayo de 2021.https://doi.org/10.24875/gmm.20005642

MODELO DE GESTIÓN PARA LA ATENCIÓN Y RESPUESTA ANTE ATAQUES DE RANSOMWARE EN EL ÁREA DE NETWORKING

MANAGEMENT MODEL FOR ATTENTION AND RESPONSE TO RANSOMWARE ATTACKS IN THE NETWORKING AREA

Recibido/Received: 31/06/2024 **Aceptado/Accepted:** 30/08/2024

AUTORES

Vanessa García Pineda. Docente tiempo completo e investigadora del Instituto Tecnológico Metropolitano. Ingeniera en Telecomunicaciones y Magíster en gestión de innovación tecnológica, cooperación y desarrollo regional.

Edison Andrés Zapata Ochoa. Docente e investigador del Instituto Tecnológico Metropolitano. Msc Automatización y Control.

Juan Camilo Gallego Gómez. Ingeniero Networking - Especialista en Ciberseguridad. Profesor e investigador del del Instituto Tecnológico Metropolitano.

Luis Alberto Flórez Laverde. Ingeniero de Telecomunicaciones, Magíster en gestión de innovación tecnológica, cooperación y desarrollo regional.

Jackeline Andrea Macías Urrego. Docente e investigadora del Instituto Tecnológico Metropolitano. Ingeniera de Telecomunicaciones, Magíster en gestión de innovación tecnológica, cooperación y desarrollo regional.

Semillero de Antenas y Comunicaciones Inalámbricas
Grupo de investigación Automática, Electrónica y Ciencias Computacionales
Ciencias Administrativas
Instituto Tecnológico Metropolitano – ITM

Para citar este artículo: García Pineda, V., Zapata Ochoa, E.A., Gallego Gómez, J.C., Flórez Laverde, L.A. y Macías Urrego, J.A. (2025). Modelo de gestión para la atención y respuesta ante ataques de ransomware en el área de networking. *Revista Sapientía, 17(33),* 25-39. Doi: 10.54278/sapientia.v17i33.263

RESUMEN

En la era actual de avances tecnológicos, el uso frecuente de servicios en la nube por parte de organizaciones y empresas ha brindado agilidad y comodidad a usuarios y colaboradores. Sin embargo, esta tendencia conlleva la exposición de datos tanto de usuarios como de organizaciones, haciéndolos vulnerables a ciberataques principalmente de ransomware, lo que ha despertado la creciente preocupación por la seguridad de los datos. En respuesta a esta amenaza, las organizaciones han reconocido la importancia de tomar medidas para proteger los datos y prevenir ataques cibernéticos. Este estudio propone un modelo de gestión para la respuesta ante ataques de ransomware en entornos de redes. La metodología se divide en dos fases: revisión de literatura, revisión y formulación del modelo. Los resultados identifican variables clave como técnicas de inteligencia artificial, modelos predictivos, y herramientas de monitoreo de seguridad. La discusión resalta la efectividad del modelo en la detección temprana y prevención de ataques, y la importancia de la capacitación del personal. A pesar de sus limitaciones, el modelo proporciona un marco robusto para mitigar riesgos y garantizar la continuidad operativa. Este estudio contribuye significativamente a la mejora de la ciberseguridad en redes organizacionales, ofreciendo un enfoque integral y adaptable frente a amenazas de ransomware.

PALABRAS CLAVE

Ataque cibernético, Ciberseguridad, Modelo de gestión, Ransomware, Redes de comunicaciones.

ABSTRACT

In the current era of technological advances, the frequent use of cloud services by organizations and companies has provided agility and convenience to users and collaborators. However, this trend entails the exposure of data of both users and organizations, making them vulnerable to cyber-attacks, mainly ransomware, which has raised growing concerns about data security. In response to this threat, organizations have recognized the importance of taking steps to protect data and prevent cyber-attacks. This study proposes a management model for responding to ransomware attacks in network environments. The methodology is divided into two phases: literature review, model review and formulation. The results identify key variables such as artificial intelligence techniques, predictive models, and security monitoring tools. The discussion highlights the effectiveness of the model in early detection and prevention of attacks, and the importance of staff training. Despite its limitations, the model provides a robust framework to mitigate risks and ensure operational continuity. This study contributes significantly to the improvement of cybersecurity in organizational networks, offering a comprehensive and adaptable approach to ransomware threats.

KEYWORDS

Cyber-attack, Cybersecurity, Management model, Ransomware, Communications networks

MARCO TEÓRICO

En los últimos años, el avance tecnológico ha llevado a las organizaciones y empresas a utilizar servicios en la nube con más frecuencia, con el fin de dar a sus usuarios y colaboradores agilidad y facilidad en el momento de adquirir y usar cualquier servicio. Lo anterior, implica que los datos tanto de los usuarios como de las organizaciones estén disponibles en la red, lo que los expone y los hace más vulnerables a ciberataques. Esto lleva a las organizaciones a pensar más en la protección de los datos de los usuarios. En este sentido, actualmente para las organizaciones es muy importante tomar medidas activas destinadas a salvaguardar la información confidencial tanto de los usuarios como de la propia empresa, así como a prevenir posibles ataques cibernéticos, dado que esto se ha vuelto fundamental en la gestión de cualquier organización (Oakley, 2020). De esta manera, se entiende un ciberataque como una acción maliciosa y premeditada por parte de un individuo o grupo con la intención de violar la seguridad del sistema informático de una organización (Kaspersky, 2023). Por lo general, el atacante busca obtener ganancias monetarias mediante la interrupción de la red, donde su principal meta es acceder a la información confidencial de la empresa. Al lograr obtener esta información, su intención principal suele ser presionar a la organización, ya sea para filtrarla, secuestrarla o llevar a cabo cualquier otra acción ilegal que pueda causar perjuicio a la empresa.

En diferentes sectores y a nivel mundial, los ciberataques han representado un desafío significativo. Por ejemplo, según reportes de la BBC en 2023, un grupo de ciberdelincuentes activos, potencialmente con base en Rusia, han puesto en jaque a varias organizaciones a nivel global mediante un extenso ataque cibernético. Este grupo, conocido como Clop, ha emitido una advertencia en la dark web dirigida a las empresas víctimas del ataque al software MOVEit. Este grupo notificaron que, de no establecer comunicación para negociar antes del 14 de junio, divulgarán los datos obtenidos. Más de 100,000 empleados de empresas como BBC, British Airways y Boots han sido alertados sobre la posible exposición de datos personales y financieros (Tidy, 2023).

En Colombia, se han reportado varios incidentes de ciberataques que han impactado diversos sectores, incluyendo salud, entidades públicas y empresas privadas como Nutresa, EPM y Colsanitas. Esto se atribuye principalmente a la falta de preparación y conocimiento en el ámbito de la ciberseguridad (Osorio, 2022). Un método de ataque ampliamente utilizado en el país es el ransomware, cuyas primeras variantes datan de finales de la década de 1980 (Tandon & Nayyar, 2020). Esta táctica se basa en cifrar la información y amenazar con su exposición pública, exigiendo un pago generalmente en criptomonedas para desbloquear los datos o, de lo contrario, hacerlos públicos, lo que podría dañar la reputación de la empresa (IBM, 2022).

El ransomware se aprovecha de la dependencia cada vez mayor de las personas de la tecnología moderna y las aplicaciones. Constituye un nuevo modelo de negocio que se deriva de antiguos conceptos de extorsión. Este modelo explota la creciente necesidad y dependencia de las organizaciones e individuos de sus datos, negándoles acceso y solicitando un rescate a cambio de la restauración de dichos datos (Cybersecurity, 2016). Algunos ejemplos de ransomware mencionados por Kaspersky, (2022) incluyen WannaCry, CryptoLocker, NotPetya, Bad Rabbit y REvil: Revil, Ryuk.

Existen diversas técnicas y amenazas adicionales que pueden comprometer la seguridad de los sistemas informáticos de las organizaciones. Una de ellas es el Botnet, que consiste en una red de dispositivos infectados con software malicioso, usualmente un virus. Los atacantes pueden controlar un botnet como un grupo sin el conocimiento del propietario, con el objetivo de aumentar la magnitud de los ataques, como los de denegación de servicio distribuido (DDoS) para interrumpir las operaciones de las compañías (Kaspersky, 2023).

Otra amenaza común es el malware, una de las formas más sofisticadas de ataque en el ámbito cibernético. Un desafío clave en la detección y clasificación del malware radica en la alta variabilidad y similitud del código malicioso (Bu & Cho, 2023). Según Bu & Cho (2023), el malware opera comprometiendo las redes a través de vulnerabilidades, generalmente cuando un usuario hace clic en un enlace sospechoso o descarga un archivo adjunto de un correo electrónico, lo que resulta en la instalación de software malicioso. Una vez dentro del sistema, el malware puede llevar a cabo diversas acciones maliciosas, como bloquear el acceso a componentes clave de la red, robar información mediante la transmisión de datos del disco duro, alterar componentes críticos o llevar a cabo suplantación de identidad (phishing), entre otros (Red Hat, 2018).

Otro método de ataque es la denegación de servicio (DDoS), un ataque en el que un gran número de atacantes desde diversas ubicaciones lanzan

simultáneamente ataques contra un objetivo específico, abrumando la funcionalidad de los usuarios legítimos (Li et al., 2023). El objetivo de este tipo de ataque es saturar los sistemas, servidores o redes con tráfico para agotar los recursos y el ancho de banda, lo que impide que el sistema pueda procesar solicitudes legítimas. Además, los atacantes suelen utilizar múltiples dispositivos comprometidos para llevar a cabo el ataque (Li et al., 2023). Otro tipo de ataque es la inyección de lenguaje de consulta estructurado (SQL), en la cual un atacante inserta código malicioso en un servidor que utiliza SQL, obligando al servidor a revelar información confidencial que normalmente no compartiría. Esta técnica puede aprovecharse manipulando las solicitudes de DNS para exfiltrar datos de un sistema (CloudFlare, 2022).

Asimismo, los ataques de día cero representan una amenaza ya que ocurren antes de que el objetivo sea consciente de la vulnerabilidad existente. En este tipo de ataque, el perpetrador libera malware antes de que el desarrollador o proveedor pueda desarrollar un parche para corregir dicha vulnerabilidad, lo que expone a sistemas vulnerables (Gonzalez, 2023). Por otro lado, la tunelización de DNS utiliza el protocolo DNS para transmitir tráfico que no está relacionado con DNS a través del puerto 53. Este método permite enviar tráfico HTTP y de otros protocolos a través de DNS, lo que puede ser utilizado de forma maliciosa para ocultar datos de una conexión a Internet, manipulando las solicitudes de DNS para extraer información del sistema (CISCO, 2006).

La proliferación de sistemas de red y la rápida adopción de aplicaciones tecnológicas han impulsado un crecimiento exponencial de los delitos cibernéticos, que involucran tácticas como phishing, hacking y propagación de malware. Las técnicas empleadas en estos ciberataques pueden generar efectos no deseados que podrían reducir el número de víctimas dispuestas a pagar el rescate exigido por los atacantes. Para prevenir estas situaciones, proponen la utilización de estrategias como la optimización Water Moth Flame (WMFO) y el empleo de redes neuronales recurrentes profundas para identificar y contrarrestar el ransomware (Nalinipriya et al., 2022).

Por otro lado, la incorporación de la organización definida por software (SDN) supone una simplificación y centralización en la gestión de grandes redes empresariales. Los beneficios de la SDN incluyen la programabilidad del tráfico, la preparación y la capacidad de implementar estrategias personalizadas para supervisar y automatizar la red. Este enfoque permite a los administradores gestionar toda la empresa de manera cohesiva y eficiente, independientemente de la estructura de la red subyacente (Anand & Ganeshwari, 2022). Estudios detallados han analizado los patrones de ransomware y malware mediante estrategias SDN, destinadas a mitigar los riesgos asociados con estos tipos de ciberataques (Anand & Ganeshwari, 2022).

Los ciberataques son considerados el quinto riesgo más alto en 2021 y se han establecido como un desafío creciente tanto para empresas públicas como privadas. Se espera que la incidencia de ciberataques a dispositivos de IoT (Internet de las Cosas) se duplique para 2025, ya que la expansión de la tecnología ha llevado a una mayor conectividad de dispositivos, lo que resulta en un incremento de incidentes de seguridad. Se pronostica que más de la mitad de los datos generados y procesados por las empresas para 2025 se gestionarán en ambientes fuera de las infraestructuras tradicionales de centro de datos o nube (Duque, 2023). Los delincuentes cibernéticos se mantienen constantemente a la búsqueda de oportunidades para explotar vulnerabilidades en individuos y organizaciones, adaptando rápidamente nuevas técnicas y tácticas, así como colaborando estrechamente entre sí (Garcia-Holgado et al., 2018). Entre 2018 y 2022, una parte significativa de las organizaciones ha experimentado un aumento en la frecuencia de ataques recibidos en comparación con años anteriores (ISACA, 2022). Esta realidad ha despertado una creciente preocupación a nivel internacional, en particular en los países de América Latina y el Caribe (OAS, 2022).

En consecuencia, es esencial implementar estrategias que permitan prevenir y responder de manera efectiva a los ataques de ransomware en las redes corporativas. Esto implica llevar a cabo un análisis detallado del tráfico de red, que incluye la detección de protocolos como ARP, la inspección de encabezados de paquetes, el uso de honeypots y la verificación del SMB, entre otras medidas (Sibi Chakkaravarthy et al., 2020). Un enfoque integral que incorpore metodologías y procedimientos eficaces puede contribuir significativamente a mitigar el impacto de un ataque de ransomware, asegurando la continuidad operativa de las organizaciones y fortaleciendo su resiliencia frente a tales amenazas. Este enfoque también plantea la formulación de un modelo de gestión derivado de la categorización de factores identificados en la literatura, destinado a mejorar la preparación y respuesta ante ataques de ransomware en el ámbito de la red de sistemas informáticos.

Por último, los avances en tecnologías como Inteligencia Artificial (IA) y Big Data han abierto

nuevas posibilidades en la predicción de congestión de tráfico, dando lugar a diseños innovadores como antenas reconfigurables en frecuencia para redes móviles 5G, agentes inteligentes para la creación de perfiles de tráfico en tiempo real, detección de intrusiones basada en algoritmos de aprendizaje automático, modelado de amenazas a la privacidad en sistemas de búsqueda personalizados, y sistemas mejorados de detección de intrusiones basados en la red, entre otros (NISS, 2021). Estas herramientas han permitido desarrollar soluciones efectivas para mitigar ataques a las redes informáticas de las organizaciones, brindando una capa adicional de seguridad en un entorno cada vez más vulnerable a las amenazas cibernéticas.

METODOLOGÍA

A continuación, se describe el desarrollo y enfoque metodológico que se llevó cabo con el fin de determinar los factores que permiten brindar atención y respuesta ante ataques de ransomware en el área de networking. De esta manera se presentan a continuación los diferentes métodos y pasos propuestos para el alcance del objetivo de la investigación:

Fase 1 - Revisión de Literatura

Las revisiones de literatura constituyen una forma de investigación observacional que sintetiza los resultados de múltiples estudios primarios. Su propósito fundamental es resumir la información disponible sobre un tema específico y determinar las variables clave y causales que respaldan la investigación (García Pineda & Macías Urrego, 2021). Para llevar a cabo una revisión de literatura exhaustiva, se seguirán los siguientes cinco pasos propuestos por Beltrán (2005):

- Formular una pregunta de investigación clara que responda al propósito de la investigación. En este caso, la pregunta sería: " ¿Qué factores son necesarios para definir un modelo de gestión que permita la atención y respuesta ante ataques de ransomware en el área de networking?".

- Establecer los criterios de inclusión y exclusión de los estudios. Únicamente se considerarán los artículos que se centren específicamente en ciberseguridad y networking.

- Definir la estrategia de búsqueda. Se seleccionarán bases de datos que incluyan revistas de todos los campos del conocimiento y de todas las regiones. Además, se desarrollarán ecuaciones de búsqueda adecuadas para cada base de datos.

- Registrar los datos y evaluar los documentos seleccionados. Los artículos se elegirán conforme a la cantidad de citaciones, su relación con las ciencias computacionales, seguridad e ingenierías, y la relevancia del contenido en lo que respecta al área de networking.

- Interpretar y presentar los resultados. Se analizarán los resultados de acuerdo con los criterios de inclusión y exclusión, y la información se organizará en una base de datos en Excel siguiendo categorías específicas para su posterior análisis y aplicación.

Fase 2 - Formulación

Después de completar cada una de las fases previamente mencionadas, se avanzará hacia la formulación de un modelo a partir de la información recopilada a través de los factores y estrategias que permitan la atención y respuesta ante ataques de ransomware en el área de networking". Esto se llevará a cabo siguiendo los pasos siguientes:

- Identificación de los resultados obtenidos en todas las etapas previas.
- Evaluación y debate de los resultados.
- Análisis en profundidad de los resultados.
- Formulación de una un modelo que permita la gestión ante ataques de ransomware a partir de los factores, recomendaciones variables y características encontradas que se pueden aplicar en el área de networking.

RESULTADOS

Fase 1 - Revisión Sistemática de Literatura

Siguiendo los criterios definidos para la estrategia de búsqueda, la ecuación de búsqueda empleada en Scopus es la siguiente:

TITLE (ransom* AND network*)

Con esta se obtienen 77 documentos, sin embargo, para cumplir con los criterios de inclusión y exclusión, se filtra por área de conocimiento, incluyendo solo documentos en las áreas de ingeniería, ciencias computacionales, y ciencias de la decisión, con lo que se obtienen 76 resultados.

Además, se incluyen solo los documentos correspondientes a los últimos 5 años, es decir a partir del 2019 y solo se tienen en cuenta documentos tipo artículos, con lo que los resultados se reducen a 27 documentos finales.

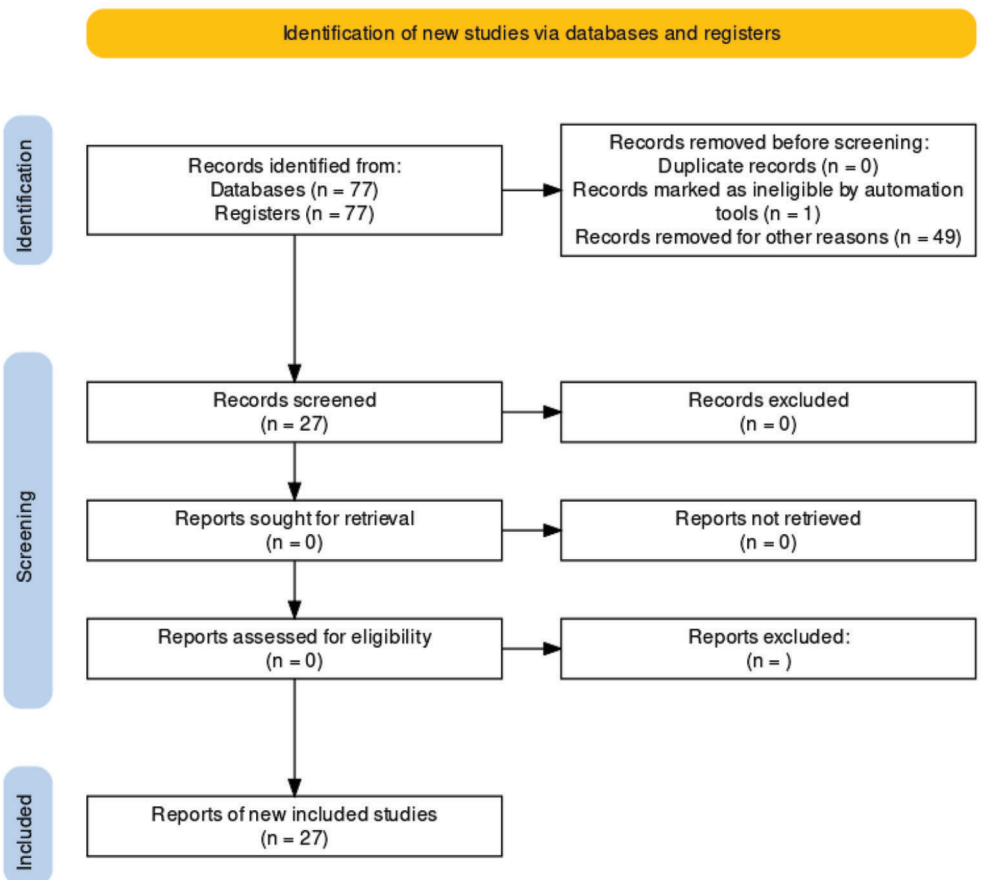
Estrategia de búsqueda:

A partir de los criterios definidos anteriormente, la estrategia de búsqueda queda finalmente de la siguiente manera:

TITLE (ransom* AND network*) AND PUBYEAR > 2018 AND PUBYEAR < 2024 AND (LIMIT-TO (SUBJAREA , "COMP") OR LIMIT-TO (SUBJAREA , "ENGI") OR LIMIT-TO (SUBJAREA , "DECI"))

Esta estrategia también se limitó a que los términos o palabras clave buscadas se encontrarán específicamente en el título, lo cual permite que la búsqueda sea más refinada y reduce el sesgo en los resultados obtenidos. De esta manera, la metodología siguiendo la estructura PRISMA y estrategia de búsqueda se puede ver reflejada en la Figura 1.

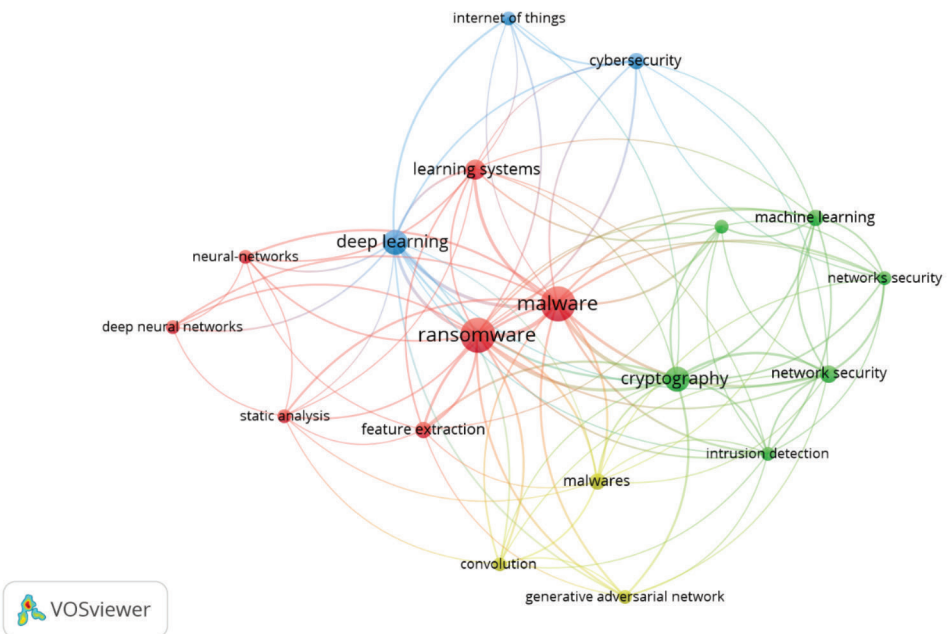
Figura 1. *Estructura de búsqueda*



A partir de estos resultados se analizan los 27 documentos y se analizan los términos clave, así como aquellas variables clave que permitirán la definición de un modelo de gestión que permita la atención y respuesta ante ataques de ransomware en el área de networking. Inicialmente, se analiza la red de palabras clave, lo que permite comprender cuales son los factores que posiblemente estén interactuando de la gestión en términos de ataques de ransomware y networking, esto permitirá comprender que variables se deben tener en cuenta en términos de tendencias para la definición del modelo, como se puede observar en la Figura 2.

Se puede observar que existe una fuerte relación entre los términos malware, ransomware, extracción de características análisis estadístico y redes neuronales. Un segundo clúster corresponde a los términos criptografía, seguridad en la red, detección de intrusión, y machine learning. El tercer clúster está compuesto por red adversarial generativa, malware y convolución y el último clúster lo componen internet de las cosas, ciberseguridad y deep learning.

Figura 2. *Co-ocurrencia de palabras clave*



Por otro lado, se observaron también las tendencias temáticas con el fin de definir el enfoque principal de las variables que harán parte del modelo, como se observa en la Figura 3. En esta figura se puede observar como el término neural es el más reciente surgiendo aproximadamente en el año 2023, seguido de convolucional que también surge en 2023, pero no con la misma fuerza que neural. El término 2022 surgió aproximadamente en el año 2021 siendo el más relevante seguidos de network y detección que tienen su fecha de aparición en el mismo año, los tres términos tienen su mayor relevancia en el año 2022.

Figura 3. *Términos tendencia de acuerdo con su año de mayor vigencia y aparición.*

Fase 2 - Formulación

En esta fase se realizó el análisis de las variables encontradas en los diferentes artículos, teniendo en cuenta la herramienta, tipo de ransomware y la variable de ataque. Para estas variables se encontraron las definiciones como se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. *Definición de variables propuestas para el diseño del modelo a partir de la revisión sistemática de literatura.*

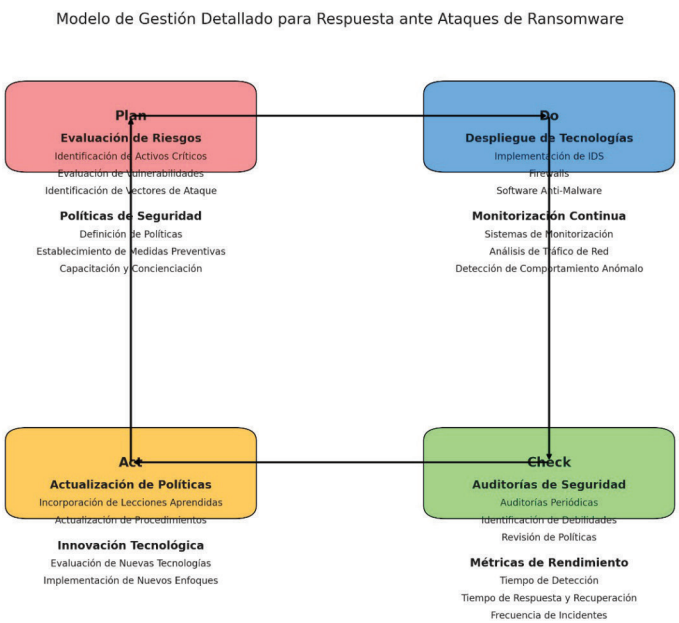
Nº	Tipo de Ransomware	Definición de Ransomware	Herramienta	Definición de Herramienta	Ataque	Ref.
1	Varios	Los autores mencionan que su segundo conjunto de datos incluye 1023 muestras de ransomware agrupadas en 25 familias activas y relevantes, tales como Cerber, Locky, TorrentLocker, TeslaCrypt, entre otros	Red neuronal convolucional Xception	Xception ColSeq	Detección preventiva	Moreira et al. (2023)
2	Malware	Tipo de malware que infecta a los usuarios y hace que sus archivos sean inaccesibles, exigiendo un rescate para su recuperación.	SINN-RD (Spline Interpolation envisioned Neural Network-based Ransomware Detection Scheme)	Mecanismo basado en la detección de tráfico de red utilizando un modelo de red neuronal artificial (ANN) que predice si el tráfico es malicioso o benigno	Detección preventiva	Singh et al. (2023)
3	Varios	Se mencionan diferentes tipos de ransomware entre los cuales están; TeslaCrypt, Petya, WannaCry, Pipeline y LockBit 2.0.	SwiftR	SwiftR está diseñado para detectar ransomware, distinguirlo de otro malware general y atribuirlo a familias de ransomware específicas	Identificación y atribución del ransomware	Karbab et al. (2023)

4	Varios	Se identificación diferentes tipos de ransomware entre los que se encuentran; Maze, Hive, y LockBit.	No se mencionan	Propuesta de modelo	No se indica	Cartwright & Cartwright (2023)
5	Crypto-ransomware	Malware que cifra los datos en el dispositivo de la víctima y demanda un rescate para proporcionar la clave de descifrado. Este tipo de ransomware se caracteriza por el uso de mecanismos criptográficos que hacen irreversible el ataque si no se dispone de la clave de descifrado.	Weighted Generative Adversarial Networks (wGANs)	La técnica de wGANs propuesta es utilizada para detectar el ransomware en su fase previa al cifrado, generando patrones sintéticos de comportamiento que permiten identificar las amenazas antes de que se realicen.	Detección preventiva	Urooj et al. (2024)
6	Crypto-ransomware y Locker ransomware	•Crypto-ransomware: Cifra los documentos clave en el sistema del usuario utilizando métodos de encriptación complicados y exige pagos, generalmente en criptomonedas, para descifrar las credenciales de las víctimas. •Locker ransomware: Muestra una pantalla de bloqueo que impide al usuario abrir su sistema y exige dinero para acceder nuevamente al ordenador.	Red Neuronal Convolucional de Grafos Óptimos (OGCNN-RWD)	Esta técnica utiliza algoritmos de optimización basados en el aprendizaje para la selección de subconjuntos de características y la clasificación del ransomware.	No se menciona	Khalid Alkahtani et al. (2023)
7	Crypto-ransomware	Cifra los archivos de los usuarios y solicita un rescate para recuperar el contenido cifrado.	Técnicas de aprendizaje automático	La herramienta propuesta detecta y bloquea la actividad de crypto-ransomware basada en el análisis del tráfico de archivos compartidos. Utiliza técnicas de aprendizaje automático para identificar patrones en el tráfico que delatan acciones de ransomware mientras se leen y sobrescriben archivos.	Monitoreo del tráfico de red entre clientes y servidores de archivos	Berrueta et al. (2022)
8	Ransomware en android	Ransomware es un tipo de malware que encripta los datos del usuario.	Red Neuronal Convolucional (CNN) basada en imágenes	Transforma un paquete de aplicación de Android (APK) en una imagen en escala de grises, utilizando técnicas de Procesamiento de Lenguaje Natural (NLP) y Hashing Difuso (Fuzzy Hashing) para representar el código descompilado del APK en un conjunto de hashes después del preprocesamiento con técnicas de NLP.	Clasificación y detección	Rodriguez-Bazan et al. (2023)

9	Varios	CC, FileDownload, HeartBeat, PartofHorizontalPortScan, Torii, Okiru, Mirai, y DDoS	No se proporcionan detalles	Modelo llamado AAA-ODBN (Artificial Algae Optimization with Optimal Deep Belief Network)	Se centra en la detección y categorización del ransomware en entornos IoT.	Al Duhayyim et al. (2023)
10	Varios	No se específica	Algoritmo de Red Generativa Adversarial (GAN)	Se utiliza para la predicción del comportamiento del ransomware.	Detección preventiva	Gazzan & Sheldon (2023)

A partir de los términos clave y las variables encontradas en la revisión de literatura es posible proponer el modelo de gestión basados en el estándar ISO 22301 que proporciona un marco para implementar un sistema BCM en empresas de todo tipo y tamaño, permitiendo una respuesta adecuada a incidentes significativos y reduciendo su impacto (ISO, 2019). Este estándar se centra en la identificación y protección de procesos críticos, facilitando la continuidad operativa incluso en condiciones desafiantes. La gestión de la continuidad del negocio se integra con la cultura organizativa, adoptando el ciclo PDCA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar) para planificar, implementar, practicar y mejorar continuamente los procesos. De esta manera, en la Figura 4, se detallan los componentes del modelo.

Figura 4. *Modelo de gestión propuesto para ataques de ransomware.*



Este modelo está basado en el ciclo PDCA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar), incluye los criterios de la norma ISO 22301 y describe detalladamente los componentes y actividades asociadas a cada fase, las cuales se describen a continuación:

1. Planificación (Plan)

1.1. Análisis de Contexto y Evaluación de Riesgos

- Identificación de Activos Críticos: Identificar los activos críticos de la red, tales como servidores, bases de datos, y dispositivos de red.

- Evaluación de Riesgos: Realizar una evaluación detallada de los riesgos, identificando vulnerabilidades y posibles vectores de ataque de ransomware.

- Definición de Políticas de Seguridad: Establecer políticas de seguridad claras que incluyan medidas preventivas y de respuesta ante incidentes de ransomware.

1.2. Diseño de Estrategias de Prevención y Detección

- Implementación de Herramientas de Detección: Utilizar herramientas basadas en inteligencia artificial y machine learning, como redes neuronales convolucionales y algoritmos GAN (Generative Adversarial Networks), para la detección temprana de ransomware.

- Capacitación y Concienciación: Desarrollar programas de capacitación para empleados sobre buenas prácticas de seguridad y manejo de incidentes de ransomware.

2.Implementación (Do)

2.1. Desarrollo de Capacidades Operacionales

- Despliegue de Tecnologías de Seguridad: Implementar tecnologías avanzadas de detección y prevención, como sistemas de detección de intrusiones (IDS), firewalls, y software anti-malware.

- Monitorización Continua: Establecer sistemas de monitorización continua del tráfico de red y comportamiento anómalo utilizando técnicas de machine learning y análisis de tráfico de red.

2.2. Configuración y Prueba de Procedimientos de Respuesta

- Procedimientos de Respuesta a Incidentes: Desarrollar y documentar procedimientos detallados de respuesta ante incidentes, incluyendo roles y responsabilidades específicas.

- Simulacros de Incidentes: Realizar simulacros regulares de ataques de ransomware para evaluar la efectividad de los procedimientos y la preparación del equipo.

3. Verificación (Check)

3.1. Auditorías y Revisiones Periódicas

- Auditorías de Seguridad: Realizar auditorías de seguridad periódicas para identificar debilidades en la infraestructura de red y en las políticas de seguridad.

- Revisión de Incidentes: Analizar todos los incidentes de seguridad para identificar patrones y mejorar las estrategias de prevención y respuesta.

3.2. Evaluación de la Eficacia del Modelo

- Métricas de Rendimiento: Establecer métricas de rendimiento para evaluar la eficacia del modelo de gestión, como el tiempo de detección de ransomware, el tiempo de respuesta y recuperación, y la reducción en la frecuencia de incidentes.

4.Mejora Continua (Act)

4.1. Actualización de Políticas y Procedimientos

- Incorporación de Lecciones Aprendidas: Actualizar políticas y procedimientos basados en lecciones aprendidas de incidentes previos y auditorías de seguridad.

- Innovación Tecnológica: Evaluar e incorporar nuevas tecnologías y enfoques de detección y prevención de ransomware.

4.2. Fomento de una Cultura de Seguridad

- Fomento de la Concienciación: Continuar con programas de formación y concienciación para mantener al personal actualizado sobre las mejores prácticas de seguridad.

- Promoción de una Cultura de Seguridad: Integrar la seguridad en la cultura organizacional, promoviendo una actitud proactiva hacia la gestión de riesgos y la respuesta a incidentes.

De esta manera, el uso de tecnologías avanzadas de inteligencia artificial y aprendizaje automático, como las redes neuronales convolucionales y los algoritmos GAN, ha permitido desarrollar capacidades de detección temprana y prevención de ransomware, lo cual es crucial para minimizar el impacto de estos ataques. La implementación de un enfoque basado en el ciclo PDCA y los estándares de la norma ISO 22301 proporciona un marco estructurado para la gestión de la seguridad y la continuidad del negocio. Este enfoque asegura que las organizaciones no solo estén preparadas para prevenir ataques, sino que también tengan procedimientos robustos para responder y recuperarse eficazmente.

Los hallazgos de este estudio están alineados con investigaciones previas que subrayan la importancia de la inteligencia artificial y el aprendizaje automático en la detección de ransomware. Por ejemplo, Anand & Ganeshwari (2022) propusieron el uso de estrategias SDN para mitigar riesgos de ransomware, destacando la relevancia de técnicas avanzadas para la gestión de

redes. Asimismo, Nalinipriya et al. (2022) propusieron la optimización Water Moth Flame (WMFO) y el uso de redes neuronales recurrentes profundas para la detección de ransomware, lo cual coincide con nuestro enfoque en la utilización de algoritmos avanzados para la prevención de ataques.

La revisión de literatura también reveló que la capacitación y la concienciación del personal son fundamentales para la efectividad de cualquier estrategia de seguridad, un aspecto resaltado por Sibi Chakkaravarthy et al. (2020). Esta investigación reafirma que la formación continua y la sensibilización del personal son cruciales para reducir las vulnerabilidades humanas que pueden ser explotadas por los ciberdelincuentes. A pesar de los resultados presentados, este estudio no contempla la variabilidad de los entornos organizacionales. Cada organización tiene una infraestructura de red y un nivel de madurez en ciberseguridad diferente, lo cual puede afectar la aplicabilidad universal del modelo propuesto. Además, la rápida evolución de las amenazas cibernéticas implica que las estrategias de detección y prevención deben ser continuamente actualizadas y adaptadas a nuevas técnicas de ataque.

Otra limitación es la dependencia de datos históricos y patrones conocidos para el entrenamiento de los modelos de inteligencia artificial. Si bien estos modelos son eficaces para detectar ataques basados en patrones previamente identificados, pueden no ser tan efectivos contra nuevas variantes de ransomware que utilizan técnicas completamente innovadoras. Esto subraya la necesidad de una vigilancia constante y la actualización regular de los algoritmos de detección. Como línea de investigación y trabajos futuros podrían centrarse en la integración de tecnologías emergentes como blockchain para fortalecer la seguridad y la resiliencia de las redes contra ataques de ransomware. El blockchain puede proporcionar una capa adicional de seguridad mediante la descentralización y la inmutabilidad de los datos, lo cual podría dificultar la ejecución de ataques exitosos.

También se recomienda explorar la combinación de diferentes técnicas de detección y prevención, como la inteligencia artificial junto con métodos tradicionales de ciberseguridad, para desarrollar un enfoque más robusto y holístico. La colaboración con expertos en ciberseguridad y la participación en foros de intercambio de información sobre amenazas también pueden mejorar significativamente la capacidad de las organizaciones para defenderse contra ransomware y otros tipos de ciberataques.

CONCLUSIONES

La revisión de literatura ha revelado que términos como "redes neuronales convolucionales", "machine learning" y "detección de intrusión" son recurrentes y claves en la investigación actual sobre ciberseguridad. Estos términos indican que las tecnologías basadas en inteligencia artificial son fundamentales para la detección y prevención de ransomware. En el modelo de gestión propuesto, estas tecnologías pueden integrarse como componentes críticos en la fase de implementación. Por ejemplo, la implementación de redes neuronales convolucionales puede mejorar significativamente la capacidad de monitoreo continuo del tráfico de red y la identificación de patrones anómalos, mientras que los algoritmos de machine learning pueden ser utilizados para analizar grandes volúmenes de datos y predecir posibles ataques antes de que ocurran.

Otra variable clave identificada en la literatura es la utilización de técnicas de criptografía y redes generativas adversariales (GAN) para la generación de patrones sintéticos que pueden identificar ransomware en sus etapas iniciales. Estas técnicas son particularmente útiles en la detección preventiva, ya que permiten simular ataques y estudiar sus comportamientos sin comprometer los sistemas reales. Integrar estas técnicas en el modelo de gestión implicaría desarrollar capacidades avanzadas para la simulación y análisis de amenazas en la fase de planificación y diseño de estrategias de prevención. Además, la criptografía puede ser aplicada para asegurar los datos críticos y minimizar el impacto en caso de un ataque exitoso, añadiendo una capa de seguridad adicional en la infraestructura de red de la organización.

Por otro lado, la capacitación continua y la concienciación del personal sobre buenas prácticas de seguridad y manejo de incidentes son fundamentales para la efectividad del modelo de gestión propuesto. Los empleados a menudo representan el eslabón más débil en la cadena de seguridad, y su formación adecuada puede prevenir muchos incidentes de seguridad. Este estudio subraya que una cultura organizacional proactiva en ciberseguridad, complementada con programas de capacitación regulares, es esencial para mitigar las vulnerabilidades humanas explotadas por los ciberataques.

A pesar de las fortalezas del modelo, es esencial reconocer la rápida evolución de las amenazas cibernéticas y la variabilidad de los entornos

organizacionales. El modelo debe ser adaptado continuamente para incorporar nuevas tecnologías y estrategias de detección y prevención. Además, es crucial realizar evaluaciones periódicas y auditorías de seguridad para identificar y corregir debilidades en la infraestructura de red y en las políticas de seguridad. La mejora continua, basada en lecciones aprendidas y avances tecnológicos, es vital para mantener la relevancia y efectividad del modelo frente a las amenazas emergentes.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍAS

Investigación: Vanessa García Pineda, Edison Andrés Zapata Ochoa, Juan Camilo Gallego Gómez, Luis Alberto Flórez Laverde y Jackeline Andrea Macías Urrego

Redacción – borrador original: Vanessa García Pineda, Edison Andrés Zapata Ochoa, Juan Camilo Gallego Gómez, Luis Alberto Flórez Laverde y Jackeline Andrea Macías Urrego

Redacción – revisión y edición: Vanessa García Pineda, Edison Andrés Zapata Ochoa, Juan Camilo Gallego Gómez, Luis Alberto Flórez Laverde y Jackeline Andrea Macías Urrego

BIBLIOGRAFÍA

Al Duhayyim, M., G. Mohamed, H., Alrowais, F., N. Al-Wesabi, F., Mustafa Hilal, A., & Motwakel, A. (2023). Artificial Algae Optimization with Deep Belief Network Enabled Ransomware Detection in IoT Environment. Computer Systems Science and Engineering, 46(2), 1293–1310. https://doi.org/10.32604/csse.2023.035589

Anand, S., & Ganeshwari, A. (2022). Enhancing Security for IoT Devices using Software Defined Networking (SDN). 2022 International Conference on Distributed Computing, VLSI, Electrical Circuits and Robotics (DISCOVER), 130–137. https://doi.org/10.1109/DISCOVER55800.2022.9974896

Beltrán, Ó. A. (2005). Revisiones sistemáticas de la literatura. Revista Colombiana de Gastroenterología, 20, 60–69.

Berrueta, E., Morato, D., Magaña, E., & Izal, M. (2022). Crypto-ransomware detection using machine learning models in file-sharing network scenarios with encrypted traffic. Expert Systems with Applications, 209(July). https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.118299

Bu, S.-J., & Cho, S.-B. (2023). Malware classification with disentangled representation learning of evolutionary triplet network. Neurocomputing, 552, 126534. https://doi.org/10.1016/j.neucom.2023.126534

Cartwright, A., & Cartwright, E. (2023). The Economics of Ransomware Attacks on Integrated Supply Chain Networks. Digital Threats: Research and Practice, 4(4), 1–14. https://doi.org/10.1145/3579647

CISCO. (2006). Configuración del Protocolo de tunelización de la capa 2 (L2TP) por IPSec. https://www.cisco.com/c/es_mx/support/docs/security-vpn/ipsec-negotiation-ike-protocols/14122-24.html

CloudFlare. (2022). ¿Qué es la inyección de código SQL? https://www.cloudflare.com/es-es/learning/security/threats/sql-injection/

Cybersecurity, N. (2016). ICS-CERT MONITOR. October. https://www.cisa.gov/sites/default/files/Monitors/ICS-CERT_Monitor_Sep-Oct2016_S508C.pdf

Duque, X. (2023). Ciberseguridad y estándares en el cuidado. El Tiempo. https://www.eltiempo.com/opinion/columnistas/ximena-duque/ciberseguridad-y-estandares-en-el-cuidado-columna-de-ximena-duque-765439

García Pineda, V., & Macías Urrego, J. A. (2021). Analysis of the Variables Leading to the Identification and Incorporation of Innovation Capabilities by Firms in the Colombian ICT Sector. Innovar, 32(84). https://doi.org/10.15446/innovar.v32n84.99867

Garcia-Holgado, A., Mena, J., Garcia-Penalvo, F. J., & Gonzalez, C. (2018). Inclusion of gender perspective in Computer Engineering careers: Elaboration of a questionnaire to assess the gender gap in tertiary education. 2018 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON), 1547–1554. https://doi.org/10.1109/ EDUCON.2018.8363417

Gazzan, M., & Sheldon, F. T. (2023). An Enhanced Minimax Loss Function Technique in Generative Adversarial Network for Ransomware Behavior Prediction. Future Internet, 15(10), 318. https://doi.org/10.3390/fi15100318

Gonzalez, E. (2023). Fortinet alerta de ataques contra organizaciones gubernamentales aprovechando una vulnerabilidad de día cero. Bit Life Media. https://bitlifemedia.com/2023/01/fortinet-ataques-dia-cero/

IBM. (2022). ¿Qué es el ransomware? https://www.ibm.com/mx-es/topics/ransomware
ISO. (2019). ISO 22301:2019 GUÍA DE IMPLANTACIÓN DE LA CONTINUIDAD DE NEGOCIO. https://www.nqa.com/medialibraries/NQA/NQA-Media-Library/PDFs/Spanish%20QRFs%20and%20PDFs/NQA-ISO-22301-Guia-de-implantacion.pdf

Karbab, E. B., Debbabi, M., & Derhab, A. (2023). SwiftR: Cross-platform ransomware fingerprinting using hierarchical neural networks on hybrid features. Expert Systems with Applications, 225, 120017. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.120017

Kaspersky. (2022). Ransomware Attacks and Types – How Encryption Trojans Differ. https://www.kaspersky.com/resource-center/threats/ransomware-attacks-and-types
Kaspersky. (2023). ¿Qué es un botnet? - Definición. https://latam.kaspersky.com/resource-center/threats/botnet-attacks

Khalid Alkahtani, H., Mahmood, K., Khalid, M., Othman, M., Al Duhayyim, M., Osman, A. E., Alneil, A. A., & Zamani, A. S. (2023). Optimal Graph Convolutional Neural Network-Based Ransomware Detection for Cybersecurity in IoT Environment. Applied Sciences, 13(8), 5167. https://doi.org/10.3390/app13085167

Li, Q., Huang, H., Li, R., Lv, J., Yuan, Z., Ma, L., Han, Y., & Jiang, Y. (2023). A comprehensive survey on DDoS defense systems: New trends and challenges. Computer Networks, 233, 109895. https://doi.org/10.1016/j.comnet.2023.109895

Moreira, C. C., Moreira, D. C., & Sales Jr., C. de S. de. (2023). Improving ransomware detection based on portable executable header using xception convolutional neural network. Computers & Security, 130, 103265. https://doi.org/10.1016/j.cose.2023.103265

Nalinipriya, G., Balajee, M., Priya, C., & Rajan, C. (2022). Ransomware recognition in blockchain network using water moth flame optimization aware <scp>DRNN</scp>. Concurrency and Computation: Practice and Experience, 34(19). https://doi.org/10.1002/cpe.7047

NISS. (2021). 4th International Conference on Networking, Intelligent Systems and Security, NISS 2021. 4th International Conference on Networking, Intelligent Systems and Security, NISS 2021. https://scopus.bibliotecaitm.elogim.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85116889719&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=dcd054c507aee22c3aa9c6a1c080c196&sot=a&sdt=a&s=TITLEABS%28ransomware+AND+networking%29&sl=36&sessionSearchId=dcd054c507aee22c3aa9c6a

Oakley, J. G. (2020). Cybersecurity for Space. Apress. https://doi.org/10.1007/978-1-4842-5732-6

Osorio, C. (2022). La precaria ciberseguridad de Colombia. https://elpais.com/america-colombia/2022-12-24/la-precaria-ciberseguridad-de-colombia.html

Red Hat. (2018). El concepto de la seguridad de la TI. https://www.redhat.com/es/topics/security

Rodriguez-Bazan, H., Sidorov, G., & Escamilla-Ambrosio, P. J. (2023). Android Ransomware Analysis Using Convolutional Neural Network and Fuzzy Hashing Features. IEEE Access, 11, 121724–121738. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3328314

García Pineda – Zapata Ochoa – Gallego Gómez – Flórez Laverde – Macías UrregoSibi Chakkaravarthy, S., Sangeetha, D., Cruz, M. V., Vaidehi, V., & Raman, B. (2020). Design of Intrusion Detection Honeypot Using Social Leopard Algorithm to Detect IoT Ransomware Attacks. IEEE Access, 8, 169944–169956. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3023764

Singh, J., Sharma, K., Wazid, M., & Das, A. K. (2023). SINN-RD: Spline interpolation-envisioned neural network-based ransomware detection scheme. Computers and Electrical Engineering, 106, 108601. https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2023.108601

Tandon, A., & Nayyar, A. (2020). Data Management, Analytics and Innovation (N. Sharma, A. Chakrabarti, & V. E. Balas, Eds.; Vol. 1042). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-32-9949-8

Tidy, J. (2023). El masivo ciberataque que amenaza con revelar los datos de empleados de grandes empresas del mundo, incluyendo la BBC. BBC. https://www.bbc.com/mundo/noticias-65834916

Urooj, U., Al-Rimy, B. A. S., Zainal, A. B., Saeed, F., Abdelmaboud, A., & Nagmeldin, W. (2024). Addressing Behavioral Drift in Ransomware Early Detection Through Weighted Generative Adversarial Networks. IEEE Access, 12, 3910–3925. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3348451

CASO DE APRENDIZAJE PARA LA ASIGNATURA DE SEGURIDAD OPERACIONAL PARA EL PROGRAMA DE CIENCIAS MILITARES AERONÁUTICAS DE LA ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN "MARCO FIDEL SUÁREZ"

LEARNING CASE FOR THE SUBJECT OF OPERATIONAL SAFETY FOR THE AERONAUTICAL MILITARY SCIENCE PROGRAM OF THE MILITARY AVIATION SCHOOL "MARCO FIDEL SUÁREZ"

Recibido/Received: 31/06/2024 **Aceptado/Accepted:** 30/08/2024

AUTORES

CD3. Duarte Gallo Jorge Armando. Integrante del Semillero SICMA adscrito al Grupo de investigación en Ciencias Militares Aeronáuticas y Administrativas GICMA de la Escuela Militar de Aviación "Marco Fidel Suárez".

CD3. García Alarcón Cristian David. Integrante del Semillero SICMA adscrito al Grupo de investigación en Ciencias Militares Aeronáuticas y Administrativas GICMA de la Escuela Militar de Aviación "Marco Fidel Suárez".

Semillero GICMA
Grupo de investigación en Ciencias Militares Aeronáuticas y Administrativas GICMA
Escuela Militar de Aviación "Marco Fidel Suárez"

Para citar este artículo: Duarte Gallo, J. y García Alarcón, C. (2025). Caso de aprendizaje para la asignatura de Seguridad Operacional para el Programa de Ciencias Militares Aeronáuticas de la Escuela Militar de Aviación "Marco Fidel Suárez". *Revista Sapientía,17(33),* 40-46. Doi: 10.54278/sapientia.v17i33.264

RESUMEN

Este estudio de caso tiene como objetivo estructurar una estrategia didáctica para la toma de decisiones de la Asignatura electiva "Crew Resource Management (CRM)" en la instrucción de vuelo, dentro del programa académico de Ciencias Militares Aeronáuticas, en el cual se forman los futuros pilotos de la Fuerza Aérea Colombiana FAC.

La investigación de enfoque mixto, combinando métodos cuantitativos y cualitativos. En el análisis de información se consideran manuales y otros documentos institucionales, además de experiencias de empresas nacionales e internacionales. Entre las técnicas para la recolección se utilizan entrevistas a expertos, que por su capacitación y experiencia han utilizado estos conocimientos en el FAC; se entrevistaron oficiales activos y en retiro, de la Oficina de Seguridad Operacional del Comando Aéreo de Combate No. 7, pilotos que formaban parte de grupos de combate y de entrenamiento de vuelo, y personal experto en psicología aeronáutica, con varios años de trayectoria en el campo del CRM. Los resultados de esta investigación se orientan a mejorar las comunicaciones, externas e internas, de las tripulaciones desde la Seguridad Operacional con temas de CRM para evitar la menor cantidad de accidentes posibles, logrando así vuelod seguros y eficientes.

PALABRAS CLAVE

Estudio de caso, Crew resource management, Comunicaciones aeronáuticas, Seguridad operacional.

ABSTRACT

This case study aims to structure a didactic strategy for decision making in the elective course "Crew Resource Management (CRM)" in Flight Training, within the academic program of Aeronautical Military Sciences, in which future pilots of the Colombian Air Force FAC are trained.

The research follows a mixed approach, combining quantitative and qualitative methods. The analysis of information will include manuals and other institutional documents, as well as the experiences of national and international companies. The techniques used to collect information include interviews with experts who, by virtue of their training and experience, have applied this knowledge in the FAC; active and retired officers from the Operational Safety Office of Air Combat Command No. 7; pilots who have been part of combat and flight training groups; and experts in aeronautical psychology with several years of experience in the field of CRM. The results of this research are aimed at improving the external and internal communication of crews from Operational Safety with CRM issues to avoid as many accidents as possible and thus achieve a safe and efficient flight.

KEYWORDS

Case study, Crew resource management, Aeronautical communications, Operational safety.

MARCO TEÓRICO

El termino en inglés *Crew Resources Managment (CRM)* hace referencia un protocolo conocido como Gestión de Recursos de la Tripulación, orientado a la comunicación entre la tripulación, y es fundamental para el desarrollo actual de la aviación, la cual permite la reducción de algún posible error humano y mejorar la Seguridad Operacional. Cuando se desarrollan habilidades no técnicas y se fomenta la interacción entre tripulaciones, una comunicación abierta, para contribuir al éxito de cualquier misión.

Con los años, la comunicación entre grupos de personas ha sido muy problemática; ya que cada persona tiene una manera de pensar y ver el mundo de distinta manera y esto puede generar problemas de comunicación y falta de unión en el equipo. Es por esto, que el CRM ayuda a mantener una comunicación efectiva. El entrenamiento CRM se encarga del análisis y estudio de los factores humanos para la reducción de accidentes aéreos al reducir el margen de error; este se ha convertido en un método muy eficiente y constituye uno de los puntos fuertes en el sector aeronáutico por incrementar la efectividad de las tripulaciones aéreas. Una de las funciones principales del entrenamiento CRM es inducir a la óptima utilización por parte de la tripulación de todos los recursos disponibles, como la información, equipos materiales y recursos humanos para lograr, operaciones de vuelo seguras y eficientes. De esta forma, podemos ver que la doctrina con respecto a la seguridad y, en especial el CRM, ha sido cambiante, ha estado en constante evolución, por tanto, es necesario que la EMAVI continúe desarrollando y adquiriendo nuevos estándares internacionales evitando ir por debajo de los avances que ya tiene la aviación mundial.

La seguridad aérea se define como la responsable de la prevención de accidentes aéreos, ya que la seguridad en la FAC es un principio institucional, responsabilidad de todos y cada uno de los miembros que la integran y, por tanto, estará presente en todas las actividades y procesos de la Fuerza, teniendo en cuenta lo estipulado en el Manual de Gestión de la Seguridad Operacional - MAGSO 2020.

El CRM comenzó en EE. UU. a finales de los años 70 y principios de los 80. Aunque fue en la década de los 90, cuando se reconoció por primera vez que los individuos no funcionan en el vacío, sino dentro de contextos operacionales definidos. Esto señaló el comienzo de la era de la organización en la que la Seguridad Operacional comenzó a verse desde una perspectiva de sistema, para abarcar los factores de organización, humanos y técnicos, como aparece resumido en uno de los manuales de la OACI (Organización de Aviación Civil Internacional) (AIR-HOSSTESS, s.f.). La evolución de la Crew Resource Managment puede resumirse en cinco a seis generaciones como se describe a continuación.

Tabla 1. *Evolución de la CMR*

Etapa	Descripción
1ra generación	Aerolínea United. En el año 1981 donde nace el primer programa conocido como Cockpit Resource Management, y se buscaba el enfoque en los recursos de cabina de la manera más fácil y sencilla posible.
2ra generación	La NASA decide realizar trabajos en 1986 y adopta el nombre que conocemos hasta hoy en día como "CRM", ya se agregan metodologías de control como lo es la conciencia situacional, el manejo del estrés y estrategias de briefing.
3ra generación	En la década de los 90, el entrenamiento del CRM toma diferentes vías, pero se centra en llegar a la capacitación técnica de las habilidades de los pilotos al mando de la máquina, a su vez la manera en que deben comportarse para llegar a ser más proactivos en sus decisiones.
4ra generación	La FAA en el año 1990 hace un gran cambio en los entrenamientos de la tripulación conocidos como AQP (Advance Qualification Program), donde integra y establece procedimientos formales.
5ra generación	Énfasis en las generaciones pasadas y desarrolla estrategias para evitar el error humano y surgen contramedidas siendo estas, evitar el error, agarrar el error y sin cometerlo, el deber es mitigarlo.
6ra generación	Mayor percepción y conocimientos de las posibles amenazas, el piloto reconoce que el error es oportuno y sucede con frecuencia identificándose y de esta forma evitando cualquier inseguridad del sistema.

OBJETIVOS

Objetivo General

Estructurar una estrategia didáctica para la toma de decisiones en la asignatura electiva Crew Resource Management (CRM).

Objetivos Específicos

- Comparar la doctrina CRM de la EMAVI con otras doctrinas de formación aérea.
- Analizar el Syllabus de la asignatura del CRM a la luz de expertos en el área de Seguridad Operacional.
- Establecer un caso de estudio para la asignatura CRM.

METODOLOGÍA

El enfoque de investigación es mixto, se abordó desde un enfoque tanto cualitativo como cuantitativo, tomando referencias bibliográficas, históricas y el estudio de caso, realizando diferentes análisis que servirían para actualizar nuevos conocimientos que se podrían implementar en la Escuela Militar de Aviación "Marco Fidel Suarez".

Para el primer objetivo, se buscaron diferentes manuales aeronáuticos y archivos, enfocados en la Seguridad Operacional y la ejecución de procedimientos, con normas y saberes, de este modo se analiza cómo otras agencias y entidades correlacionan, sus temas de seguridad operacional, para realizar la comparación con la instrucción en la EMAVI.

Para el análisis del silabo actual de la asignatura, se buscó personal experto del tema para incorporar sus recomendaciones en el contenido programático, de esta manera mejorar la enseñanza y los conocimientos de la asignatura. Como último, se realiza una investigación de un caso hipotético que podría presentarse en la Fuerza Aérea Colombiana, basándose en casos reales, para abordar y exponer en la asignatura electiva e incentivar a los cadetes a que usen sus diferentes capacidades y conocimientos del CRM, para obtener el mejor resultado posible, en pro de un mejor control a la hora de una situación de crisis en un vuelo real.

Como se mencionó, el enfoque de la investigación es mixto, con un enfoque descriptivo, explicativo, ya que se tomarán los puntos de vista de diferentes personas, y se compararán los manuales, para observar en qué se diferencian y realizar la actualización correspondiente.

Dentro de las etapas metodológicas para lograr los objetivos, se recopilará información de los diferentes manuales del CRM que se usan para la instrucción de pilotos comerciales y los utilizados en la FAC para la formación de sus pilotos militares. Se realizarán entrevistas a diferentes jefes o comandantes de Grupo y de Escuadrón para indagar sobre la inclusión de nuevos conceptos que se pueden actualizar, y otros datos relevantes expuestos en las entrevistas sobre el nuevo Syllabus.

Dentro de las fuentes de información, se utilizó como fuente primaria el trabajo de grado de los Subtenientes ST. Calvo y el ST Cardona, teniendo como base, los resultados y propuestas de mejora de su investigación, así como artículos académicos en bases de datos. Además, existen sitios web especializados que pueden proporcionar información sobre el método lógico inductivo. Para la realización de este trabajo se utilizaron diferentes manuales como el "Flight-crew human factors handbook CAP 737" del año 2014, el cual fue publicado por la aviación civil de estado del Reino Unido, así como su actualización del año 2023, el "CRM Training Guide for Pilots" publicado en el año 2019 por la compañía Etihad Airways y "A practical guide for improving flight path monitoring final report for the active pilot monitoring working group" publicado en el año 2014 por Flight Safety Foundation. Así como diferentes grupos propios de la FAC, como lo son el Grupo de Entrenamiento e Instrucción de Vuelo (GRUEV) y el Departamento de Seguridad Operacional (DESOP).

Como fuentes secundarias tenemos las entrevistas a diferentes oficiales tanto activos como retirados de la FAC y una psicóloga experta en el tema aeronáutico, aportando conocimiento y una visión crítica del Syllabus actual, permitiendo así realizar correcciones y actualizaciones con base en sus conocimientos y experiencias, fomentando una mejor experiencia a la hora de entrar en una situación crítica. Por su lado, la psicóloga dará una mejor comprensión y recomendaciones de cómo los cadetes pueden mejorar su aprendizaje para ser lo más efectivos y eficientes posible.

Tanto con los manuales, como con las entrevistas se analizarán los datos, buscando similitudes o diferencias y la información más apropiada para realizar la comparación entre los datos y tener los resultados de la investigación.

RESULTADOS

El CRM (Crew Resource Management) ha evolucionado como un componente crucial en la operación segura y efectiva de la Fuerza Aérea Colombiana (FAC), adaptándose de la aviación comercial a las operaciones militares. Este enfoque mejora la toma de decisiones, la comunicación y la gestión de recursos en entornos complejos, contribuyendo significativamente a la reducción de incidentes y accidentes. Los pilotos en la EMAVI reciben entrenamiento específico en CRM para fortalecer habilidades como la toma de decisiones en equipo, la comunicación efectiva, la gestión del estrés y la conciencia situacional. Estos programas aseguran que la tripulación esté preparada para enfrentar situaciones críticas, permitiendo una respuesta rápida y adaptativa en misiones complejas, lo que refuerza la Seguridad Operacional.

Los cadetes del programa de Ciencias Militares Aeronáuticas cursan en ocho (8) semestres diversas asignaturas en su plan de estudio enfocadas en la seguridad aérea y la gestión de recursos. En el primer semestre, aprenden sobre reglamentos aeronáuticos y aeroportuarios, basados en normas internacionales como el Tratado de Chicago de 1944, esenciales para la seguridad y eficiencia de la aviación civil y militar. En el tercer semestre, se introduce la seguridad aérea I, con énfasis en el documento 9859 de la OACI y programas como CFIT, prevención de accidentes en tierra, pérdida de control en vuelo, y reducción de accidentes en aproximación y aterrizaje.

En el cuarto semestre, se profundiza en la seguridad aérea II y el CRM, una metodología que mejora la comunicación y toma de decisiones en las tripulaciones para reducir errores y aumentar la efectividad. Durante el sexto semestre, los cadetes estudian CRM en mayor detalle, incluyendo CRM para la gestión de recursos en operaciones de un solo piloto. La formación en EMAVI subraya la importancia de seguir manuales y protocolos establecidos, como el programa estratégico de Seguridad Operacional, vigente de 2020 a 2042. A pesar de los manuales, se enfatiza la creación de una cultura de seguridad desde la formación, para minimizar errores humanos y asegurar la eficiencia en las operaciones.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍAS

Investigación: CD3. Duarte Gallo Jorge Armando y CD3. García Alarcón Cristian David

Redacción – borrador original: CD3. Duarte Gallo Jorge Armando y CD3. García Alarcón Cristian David

Redacción – revisión y edición: CD3. Duarte Gallo Jorge Armando y CD3. García Alarcón Cristian David

BIBLIOGRAFÍA

Acuña, C. H. (2013). *El entrenamiento CRM aplicado al ámbito de Fuerza de Submarinos de la Armada Argentina (Operaciones de submarinos y de buzos tácticos).* Edu.ar. https://nulan.mdp.edu.ar/id/eprint/1928/1/acuna_ch_2013.pdf

ANAC. (2019). *Manual del instructor de vuelo.* https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/manual-de-instructor-de-vuelo-digital-final.pdf

Autoridad Aeronáutica del Estado. (2021). *Prevención de Accidentes en Tierra "GAP".* https://cdn979857.fac.mil.co/sites/aaaes/files/2021-09/boletin_seguridad_oper._no.01-2021_gap_v2.pdf

Barrientos, F. C. (2020). "CRM" en aviación y la importancia del liderazgo. *Revista de Marina, (974).* https://revistamarina.cl/revistas/2020/1/fcornejob.pdf

CAE. (2023). *Multi-crew cooperation (MCC).* https://www.cae.com/civil-aviation/aviation-training/airline-pilot-training/multi-crew-cooperation-mcc/

Calvo Castillo, M. Ángel. (2020). El espacio aéreo y su reglamento internacional. *Iuris Tantum, 34(31),* 111–124. https://doi.org/10.36105/iut.2020n31.09

Chica Castañeda, P. A. (2014). *Diseño del control estadístico de los niveles aceptables de Seguridad Operacional en Colombia* [Universidad Militar Nueva Granada]. https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/13041/DISE%C3%91O%20DEL%20CONTROL%20ESTADISTICO%20DE%20LOS%20NIVELES%20ACEPTABLES%20DE%20SEGURIDAD%20OPERACIONAL%20EN%20COLOMBIA.pdf?sequence=2&isAllowed=y

De Camacho, N. C. (2013). *El Syllabus.* https://utp.ac.pa/documentos/2016/pdf/el-tecnologico-23-el-syllabus.pdf

FAC. (2022). *Misión, visión y funciones. Fuerza Aeroespacial Colombiana.* https://www.fac.mil.co/es/conozcanos/mision-vision-y-funciones

García M., D. (2018). *CRM Indicador de Desempeño Grupal.* Gov.co. https://www.aerocivil.gov.co/aerocivil/Congreso-Internacional-Medicina-Aeroespacial/Memorias/Memorias_Congreso%20Internacional%20de%20Medicina%20Aeroespacial/Diego%20Garcia%20I_CRM%20team%20performnce.pdf

Jiménez González, A., Javier, F., & Zepeda, R. (2016). *Las estrategias didácticas y su papel en el desarrollo del proceso de enseñanza aprendizaje.* http://192.100.162.123:8080/bitstream/123456789/1439/1/Las%20estrategias%20didacticas%20y%20su%20papel%20en%20el%20desarrollo%20del%20proceso%20de%20ense%C3%B1anza%20aprendizaje.pdf

MAGSO. (2020). *Manual de Gestión de la Seguridad Operacional.* Mil.co. https://www.fac.mil.co/sites/default/files/linktransparencia/Planeacion/Manuales/manuales2022/magso_2020.pdf

MOPED. (2017). *Modelo Pedagógico SEFAC.* https://www.fac.mil.co/sites/default/files/linktransparencia/Planeacion/Manuales/manuales2022/moped_2017.pdf

Muñoz Marrón, D. (2018). Factores humanos en aviación: CRM (Crew Resource Management - gestión de recursos de la tripulación). *Papeles del psicólogo, 39*(3). https://doi.org/10.23923/pap.psicol2018.2870

Neto, P. (2016). *History of crew resource management - Part II.* https://www.linkedin.com/pulse/history-crew-resource-management-part-ii-paulo-neto

NTSB. (2014). *Descent below visual glidepath and impact with seawall.* https://www.ntsb.gov/investigations/accidentreports/reports/aar1401.pdf

OACI. (2007). Plan global OACI para la seguridad operacional de la aviación. https://www.icao.int/secretariat/airnavigation/documents/gasp/gasp_sp.pdf

PEFA. (2008). *Proyecto Educativo de las Fuerzas Armadas.* https://www.mindefensa.gov.co/irj/go/km/docs/Mindefensa/Documentos/descargas/estrategia_planeacion/desa_capital/Pagina/PEFA_FINAL.pdf

Pereira Manrique, F. (2016). Psicología del error y sistema de gestión de recursos para el control de riesgos (SisGRECOR). *Academia y Virtualidad, 5*(1), 206–221. https://doi.org/10.18359/ravi.2617

PESE. (2008). *Plan Estratégico del Sistema Educativo de las Fuerzas Armadas.* https://www.mindefensa.gov.co/irj/go/km/docs/Mindefensa/Documentos/descargas/estrategia_planeacion/desa_capital/Pagina/PESE_FINAL.pdf

Saab. (2022). *Entrenando a los pilotos de combate de mañana.* https://www.saab.com/es/markets/colombia/gripen-blog/2022/entrenando-a-los-pilotos-de-combate-de-manana

SEFA. (2010). *Lineamientos Curriculares Fuerzas Militares.* https://www.eslog.mil.co/enio/recurso_user/doc_contenido_pagina_web/800130633_4/605404/sefa.pdf

T**orres, T. A. H. (2023).** *¿Cuáles son los ejércitos más poderosos de América Latina?* El Tiempo. https://www.eltiempo.com/mundo/latinoamerica/cuales-son-los-ejercitos-mas-poderosos-de-america-latina-786229

Wikander, R., & Dahlström, N. (2014). *The Multi Crew Pilot Licence - Revolution, Evolution or not even a Solution?* https://www.tfhs.lu.se/fileadmin/tfhs/doc/The_Multi-Crew_Pilot_License.pdf

IMPLEMENTACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UN LABORATORIO REMOTO DE CINEMÁTICA PARA EL ANÁLISIS DE CAÍDA LIBRE CON SISTEMA IoT

IMPLEMENTATION AND AUTOMATION OF A REMOTE KINEMATICS LABORATORY FOR FREEFALL ANALYSIS WITH IoT SYSTEM

Recibido/Received: 31/06/2024 **Aceptado/Accepted:** 30/08/2024

AUTORES

Rolar Stiven Cabezas Lasso. Estudiante de Tecnología en Instrumentación Industrial de la Institución Universitaria Antonio José Camacho. Integrante del Semillero de Investigación en Simulación y Modelación Matemáticas (Semosima).

Geovany Colorado Vidarte. Estudiante de Tecnología en Mecatrónica Industrial de la Institución Universitaria Antonio José Camacho. Integrante del Semillero de Investigación en Simulación y Modelación Matemáticas (Semosima).

Julián Andrés Ángel Jiménez. Físico y Magíster en Ciencias Físicas de la Universidad del Valle. Profesor e investigador del Departamento de Ciencias Básicas de la Institución Universitaria Antonio José Camacho. Adscrito al Grupo de Investigación en Ciencias Básicas Aplicadas GISCBA.

Semillero Semosima
Grupo de Investigación en Ciencias Básicas Aplicadas GISCBA
Institución Universitaria Antonio José Camacho

Para citar este artículo: Colorado Vidarte, G., Cabezas Lasso, R. S. y Ángel Jiménez, J. A. (2025). Implementación y automatización de un laboratorio remoto de cinemática para el análisis de caída libre con sistema IoT. *Revista Sapientía, 17(33)*, 47-51. Doi: 10.54278/sapientia.v17i33.259

RESUMEN

El documento aborda la implementación de un laboratorio remoto de cinemática para el análisis de caída libre utilizando tecnología IoT en la Institución Universitaria Antonio José Camacho. La pregunta principal que se plantea es cómo implementar una solución mecatrónica que permita realizar prácticas de laboratorio de física de manera remota. La perspectiva teórica se basa en la aplicación de la cinemática y la tecnología IoT en la educación, destacando el potencial de los laboratorios remotos para mejorar la comprensión de conceptos complejos y fomentar un aprendizaje interactivo. La metodología incluye el desarrollo de módulos móviles con sensores que capturan datos en tiempo real, transmitiéndolos a través de una interfaz gráfica para su análisis. Las conclusiones indican que el uso de IoT facilita la accesibilidad y la calidad de las prácticas, beneficiando tanto a estudiantes presenciales como a distancia. Las líneas futuras de investigación sugieren explorar la integración de tecnologías emergentes y el desarrollo de más aplicaciones educativas que utilicen laboratorios remotos para diversas disciplinas científicas.

PALABRAS CLAVE

ESP-32, Servo motor, Sensor láser, Cinemática, Caída libre, IoT.

ABSTRACT

The document addresses the implementation of a remote kinematics laboratory for free fall analysis using IoT technology at the Institución Universitaria Antonio José Camacho. The main question that arises is how to implement a mechatronic solution that allows physics laboratory practices to be carried out remotely. The theoretical perspective is based on the application of kinematics and IoT technology in education, highlighting the potential of remote laboratories to improve the understanding of complex concepts and encourage interactive learning. The methodology includes the development of mobile modules with sensors that capture data in real time, transmitting it through a graphical interface for analysis. The conclusions indicate that the use of IoT facilitates the accessibility and quality of practices, benefiting both face-to-face and distance students. Future lines of research suggest exploring the integration of emerging technologies and the development of more educational applications that use remote laboratories for various scientific disciplines.

KEYWORDS

ESP-32, servo motor, Laser sensor, Kinematics, Free fall, IoT.

MARCO TEÓRICO

El marco teórico de este documento se centra en la integración de la tecnología IoT en la enseñanza de la física, con un enfoque particular en la cinemática de la caída libre. Esta rama de la física examina cómo los objetos se mueven bajo la influencia exclusiva de la gravedad, sin considerar otras fuerzas como la resistencia del aire. La cinemática de caída libre se describe a través de ecuaciones que vinculan posición, velocidad y aceleración a lo largo del tiempo. La incorporación de dispositivos IoT permite una recolección y análisis de datos en tiempo real, lo cual transforma el aprendizaje en una experiencia más interactiva y accesible para los estudiantes (Smith, 2019).

Los laboratorios remotos, facilitados por la tecnología IoT, presentan numerosas ventajas. No solo permiten a los estudiantes realizar experimentos a distancia, sino que también ofrecen la posibilidad de repetir prácticas y llevar a cabo actividades que, en un entorno físico tradicional, podrían ser peligrosas o costosas (Jones & Brown, 2021). Este enfoque se basa en la teoría constructivista, que sostiene que el aprendizaje es más efectivo cuando los estudiantes participan activamente en experiencias prácticas y pueden interactuar directamente con el conocimiento (Piaget, 1972). La integración de estas tecnologías no solo profundiza la comprensión de conceptos físicos complejos, sino que también da a los estudiantes la oportunidad de adaptar su ritmo de aprendizaje y recibir retroalimentación en tiempo real, mejorando así su experiencia educativa (García & López, 2020).

OBJETIVOS

• Desarrollar un laboratorio remoto de cinemática para el análisis de caída libre

Crear un entorno educativo virtual que permita a los estudiantes realizar experimentos de cinemática, específicamente el análisis de la caída libre, utilizando tecnología IoT. Este laboratorio facilitará la visualización y comprensión de conceptos físicos complejos a través de datos obtenidos en tiempo real, accesibles desde cualquier lugar.

• Implementar un sistema mecánico y electrónico para la medición precisa de datos físicos

Desarrollar y configurar un sistema integrado de sensores y dispositivos mecánicos que capture y transmita datos relevantes, como tiempo, velocidad y distancia, durante experimentos de caída libre. Este sistema utilizará tecnología IoT para asegurar la precisión y la transmisión eficiente de la información a una plataforma digital.

• Fomentar una experiencia de aprendizaje interactiva y accesible

Proveer a los estudiantes una plataforma intuitiva y fácil de usar que les permita interactuar con los datos recopilados, personalizar su ritmo de aprendizaje y recibir retroalimentación inmediata. Este objetivo busca enriquecer el proceso educativo, promoviendo la participación activa y el aprendizaje autónomo en la física, tanto para estudiantes presenciales como remotos.

METODOLOGÍA

Tecnología IoT para montar un laboratorio cinemático remoto para el análisis de caída libre: sensores, servomotores y dispositivos IoT, incluido el sensor de distancia láser vl53lo, que puede medir las distancias de caída de los objetos con precisión. Se utiliza una interfaz gráfica de usuario para ver e interpretar datos en tiempo real, a través de dispositivos móviles o computadoras

Liberar un cuerpo desde una cierta altura y usar sensores conectados al sistema IoT para medir parámetros como la duración y la velocidad de la caída. Los datos se transmiten a una plataforma en la nube, donde se analizan y presentan en tiempo real. Los estudiantes pueden realizar experimentos a distancia y obtener resultados exactos analizando el comportamiento de los objetos en caída libre, utilizando la información recopilada en el experimento

RESULTADOS

Dado que el proyecto aún está en marcha, algunos posibles resultados esperados podrían incluir:

Mediciones precisas de parámetros físicos: Se espera obtener datos precisos de tiempo, velocidad y distancia durante los experimentos de caída libre, utilizando los sensores IoT implementados. Estos datos permitirán a los estudiantes realizar un análisis detallado del movimiento de los objetos bajo la influencia de la gravedad.

Accesibilidad y facilidad de uso: se anticipa que la plataforma de laboratorio remoto será accesible y fácil de usar, permitiendo a los estudiantes interactuar con los datos en tiempo real. La interfaz gráfica debería facilitar la visualización de los resultados y la comprensión de los conceptos de cinemática.

Mejora en el aprendizaje y la participación: se prevé que la implementación de este laboratorio remoto fomentará una mayor participación de los estudiantes en las actividades prácticas. La posibilidad de realizar experimentos desde cualquier ubicación podría aumentar el interés y la motivación de los estudiantes, mejorando su comprensión de los conceptos físicos.

Evaluación de la efectividad del laboratorio remoto: a medida que el proyecto avanza, se espera realizar una evaluación de la efectividad del laboratorio remoto en comparación con los métodos tradicionales de enseñanza. Esto incluirá encuestas y análisis de desempeño académico para determinar si el uso de la tecnología IoT y el acceso remoto mejora la calidad del aprendizaje en la física.

Retroalimentación y mejoras continuas: a través de la retroalimentación de los usuarios, se identificarán áreas de mejora en el diseño y funcionamiento del laboratorio remoto. Esto podría incluir la optimización de la interfaz de usuario, la precisión de los sensores o la funcionalidad del sistema en general, con el objetivo de perfeccionar la experiencia educativa ofrecida.

CONCLUSIONES

El proyecto de implementación de un laboratorio remoto de cinemática para el análisis de la caída libre se presenta como una propuesta innovadora y prometedora en el campo de la educación en física. Se anticipa que, gracias a la tecnología IoT, los estudiantes podrán obtener una comprensión más profunda de los conceptos de cinemática al interactuar con datos en tiempo real. La capacidad de realizar experimentos de manera remota ha abierto nuevas oportunidades para el aprendizaje autónomo, superando barreras geográficas y de recursos. La creación de una interfaz de usuario intuitiva ha mejorado significativamente la accesibilidad y la experiencia educativa, permitiendo a los estudiantes personalizar su ritmo de aprendizaje. En el futuro, se pueden explorar nuevas aplicaciones educativas de esta tecnología y ampliar su uso a otras disciplinas científicas, con el objetivo de diversificar las oportunidades de aprendizaje y adaptarse a diversas necesidades educativas. Además, es crucial continuar evaluando y mejorando las medidas de seguridad y privacidad de los datos recopilados, para garantizar la protección y la confianza de los usuarios.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍAS

Investigación: Geovany Colorado Vidarte y Rolar Stiven Cabezas Lasso

Redacción – borrador original: Geovany Colorado Vidarte y Rolar Stiven Cabezas Lasso

Redacción – revisión y edición: Julián Andrés Ángel Jiménez

BIBLIOGRAFÍA

Domínguez, M., Fuertes, J. J., Reguera, P., Díez, A. B., Robles, A., & Sirgo, J. A. (2006). Estrategias docentes colaborativas basadas en la utilización de laboratorios remotos vía Internet. Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial, 2(2), 64-72.

Ro Farfán-Pimentel, J. F., Candia-Menor, M. A., Manchego-Villarreal, J. L., Delgado-Arenas, R., Ormeño-Gonzales, M. M., Melgarejo Reina, W. O., Quispe-Vargas, E. A., & Peña-Cotrina, A. I. (2023). Laboratorios Virtuales en la Enseñanza de la Física: Un Análisis Teórico. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 7(4), 7117-7128.

Sears, F. W., Zemansky, M. W., & Young, H. D. (2016). Física universitaria con física moderna (14ª ed.). Pearson Educación.

Triana Ortiz, K. N., Herrera Muñoz, D. C., & Mesa Mendoza, W. N. (2020). Importance of Remote and Virtual Labs in Higher Education. Sello Editorial UNAD. https://repository.unad.edu.co/handle/10596/45122

ANÁLISIS MULTIRANGO DE LA GALAXIA NGC 3034: UNA EXPLORACIÓN DE SU ESTRUCTURA Y FORMACIÓN ESTELAR

MULTI-RANGE ANALYSIS OF THE GALAXY NGC 3034: AN EXPLORATION OF ITS STRUCTURE AND STAR FORMATION

Recibido/Received: 31/06/2024 **Aceptado/Accepted:** 30/08/2024

AUTORES

Jhonny Barrios Vanegas. Licenciado en Matemáticas de la Universidad Santiago de Cali y Máster en Astronomía y Astrofísica de la Valencian International University. Coordinador del Semillero Space U. Investigador del Grupo de Investigación en Ciencias Básicas Aplicadas GISCBA, profesor del Departamento de Ciencias Básicas de la Institución Universitaria Antonio José Camacho.

Jonnatan Arias García. Estudiante de la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca.

David Rodríguez Granados. Estudiante de la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca.

Semillero SPACE-U
Grupo de investigación de simulación en Ciencias Básicas aplicadas GISCBA
Institución Universitaria Antonio José Camacho
Corporación Universitaria Autónoma del Cauca

Para citar este artículo: Arias García, J., Barrios Vanegas, J. y Rodríguez Granados, D. (2025). Análisis multirango de la galaxia ngc 3034: una exploración de su estructura y formación estelar. *Revista Sapientía,17(33)*, 52-62. Doi: 10.54278/sapientia.v17i33.262

RESUMEN

Este artículo responde a la pregunta: ¿cómo se caracteriza la galaxia NGC 3034 (M82) a través de un análisis multirango? Desde una perspectiva astrofísica, se emplea un marco teórico que abarca la morfología galáctica y la evolución estelar. La metodología incluye la obtención y procesamiento de imágenes propias en bandas B, V, R y Hα desde el observatorio Aras de los Olmos, así como la integración de datos de catálogo multirango del espectro electromagnético, incluyendo bandas ultravioleta, óptica, infrarroja y de rayos X. Este enfoque proporciona una visión comprensiva de la estructura galáctica, la distribución de regiones de formación estelar y la interacción de la galaxia con su entorno. Las conclusiones revelan que NGC 3034 presenta una alta concentración de formación estelar y posibles indicios de un agujero negro en su centro. Las líneas futuras de investigación sugieren un análisis más profundo de las interacciones gravitacionales con galaxias cercanas y estudios detallados en otras bandas del espectro electromagnético.

PALABRAS CLAVE

Composición RGB, Morfología galáctica, Bandas espectrales, Multirango.

ABSTRACT

This article addresses the question: How is the galaxy NGC 3034 (M82) characterized through a multiband analysis? From an astrophysical perspective, a theoretical framework encompassing galactic morphology and stellar evolution is employed. The methodology includes the acquisition and processing of proprietary images in the B, V, R, and Hα bands from the Aras de los Olmos Observatory, as well as the integration of multiband catalog data from the electromagnetic spectrum, including ultraviolet, optical, infrared, and X-ray bands. This approach provides a comprehensive view of the galactic structure, the distribution of star-forming regions, and the galaxy's interaction with its environment. The conclusions reveal that NGC 3034 exhibits a high concentration of star formation and possible indications of a black hole at its center. Future research lines suggest a deeper analysis of gravitational interactions with nearby galaxies and detailed studies in other bands of the electromagnetic spectrum.

KEYWORDS

RGB composition, Galactic morphology, Spectral bands, Multiband.

INTRODUCCIÓN

Toda galaxia es un foco estupendo de información. Una visión extensa de esta permite generar una idea sobre cómo es su morfología, qué gases presenta por zona, para finalmente contrastar ese conocimiento con su evolución interna y prever su final. Un buen indicador son las grandes cantidades de hidrogeno ionizado, las cuales resaltan generalmente zonas con altas tasas de formación estelar y posibles sistemas protoplanetarios (Carroll, 2017), (Sparke, 2007).

Los estudios multirango de galaxias son una herramienta fundamental para el estudio del universo, permitiendo identificar características morfológicas como el bulbo, el disco, y el halo de una galaxia. Estos estudios también diferencian puntos importantes como la existencia de estrellas gigantes o zonas de estrellas viejas y débiles, lo que ayuda a estimar la edad de la galaxia (Giovannelli, 2012), (ViewSpace, s.f.). La galaxia NGC 3034, también conocida como M82 o la galaxia del cigarro, es conocida por su alto brote estelar, lo que significa que presenta una gran tasa de formación estelar y es muy perceptible en infrarrojo y rayos X (Heckathorn, 1972) (Ciel de nuit, s.f.).

MARCO TEÓRICO

El análisis de galaxias a través de diferentes longitudes de onda nos permite obtener información detallada sobre su composición y estructura. La espectroscopia, en particular, proporciona datos sobre la presencia de diferentes elementos y compuestos, así como sobre las condiciones físicas en distintas regiones de una galaxia (Rix, 1992). NGC 3034, localizada a unos 12 millones de años luz de la Tierra en la constelación de la Osa Mayor, es una galaxia espiral con brote estelar que ha sido ampliamente estudiada debido a su alta actividad de formación estelar y su interacción gravitacional con la galaxia M81 (NASA, s.f.). Las observaciones en rayos X han revelado que esta galaxia presenta emisiones extremadamente brillantes, lo que ha sugerido la presencia de un agujero negro en su núcleo. En particular, M82 X-1, la fuente de rayos X más brillante de la galaxia, se ha considerado un agujero negro de masa intermedia (100 a 10,000 masas solares) debido a su alta luminosidad y características de variabilidad (Pasham, 2014).

Las oscilaciones cuasi periódicas de rayos X estables en una relación de frecuencia 3:2 observadas en M82 X-1 permitieron estimar la masa del agujero negro en 428± 105 masas solares, utilizando la escala inversa de masa que se aplica a los agujeros negros de masa estelar (Yang, 2023). Las observaciones en el rango ultravioleta, llevadas a cabo por instrumentos como GALEX, muestran la presencia de nubes de polvo y regiones de formación estelar activa. Estos datos complementan las observaciones en el rango óptico, que revelan la estructura detallada de la galaxia y la distribución de estrellas jóvenes y viejas (Sparke, 2007). El análisis en el infrarrojo, utilizando datos de 2MASS y Herschel, permite estudiar las regiones más ocultas por el polvo interestelar, revelando zonas de intensa actividad de formación estelar y calentamiento del gas interestelar (Carroll, 2017). Este tipo de análisis es crucial para entender los procesos dinámicos y evolutivos de las galaxias (Giacconi, 2010).

OBJETIVOS

Objetivo General

Caracterizar la galaxia NGC 3034 utilizando datos multirango para comprender su morfología, estructura interna, procesos de formación estelar y fenómenos astrofísicos, integrando observaciones en diferentes bandas del espectro electromagnético.

Objetivos Específicos

1. Determinar la morfología y la estructura interna de la galaxia NGC 3034 utilizando datos multirango para entender su composición y distribución espacial.

2. Identificar y analizar las regiones de formación estelar en la galaxia mediante observaciones en diferentes bandas del espectro electromagnético.

3. Combinar y procesar datos obtenidos en múltiples bandas del espectro electromagnético para proporcionar una visión detallada de la galaxia, destacando las ventajas de un enfoque multirango en la astrofísica.

METODOLOGÍA

En este estudio se emplearon diversas técnicas y fuentes de datos para obtener y analizar imágenes de la galaxia NGC 3034 en diferentes rangos del espectro electromagnético. Los pasos principales del procedimiento se describen a continuación:

Materiales y Métodos

1. Obtención de Imágenes:

- *Observatorio Aras de los Olmos:* obtención de imágenes propias en las bandas B, V, R y Hα.

- *Catálogos de Datos:* integración de datos de catálogos multirango del espectro electromagnético, incluyendo bandas ultravioleta, óptica, infrarroja y de rayos X.

2. Procesamiento de Imágenes:

- *Preprocesamiento:* calibración de imágenes utilizando procedimientos estándar para darks, bias y flats (Carroll, 2017).

- *Presentación de Imágenes por Banda:* organización de las imágenes según las bandas espectrales.

- *Combinación de Imágenes RGB:* creación de composiciones de triple capa RGB para resaltar características morfológicas.

3. Análisis Espectral:

- *Rayos X:* utilización de datos de ROSAT y Chandra para identificar emisiones de alta energía.

- *Ultravioleta:* uso de imágenes de GALEX y SDSS para estudiar regiones de formación estelar activa.

- *Óptico:* integración de imágenes de OAO y SDSS en varias bandas para analizar la estructura galáctica.

- *Infrarrojo:* análisis de datos de 2MASS y Herschel para identificar zonas de formación estelar ocultas por el polvo interestelar.

PROCEDIMIENTO

1. Obtención de Imágenes:

I. Imágenes en bandas B, V, R y Hα con el telescopio T50 del observatorio Aras de los Olmos.

II. Descarga de imágenes de catálogos (NASA NED).

2. Calibración de Imágenes:

Las imágenes en las bandas B, V, Hα y R fueron obtenidas con el telescopio T50 del observatorio Aras de los Olmos, utilizando exposiciones de 180 segundos para B, V, R y cerca de 5 minutos para Hα. Se tomaron imágenes de calibración para bias, darks y flats. Las demás bandas, tanto del óptico como de otras partes del espectro electromagnético, fueron tomadas de la base de datos de la NASA NED. La calibración de las imágenes siguió el procedimiento estándar descrito en la bibliografía (Carroll, 2017). Se agruparon imágenes por filtros, utilizando la imagen promedio y corrigiendo los efectos de darks, bias y flats mediante operaciones de sustracción y división. Se identificaron y corrigieron los efectos de adiciones y multiplicaciones en las imágenes de calibración aplicando una variacion promedio al histograma de cada flat.

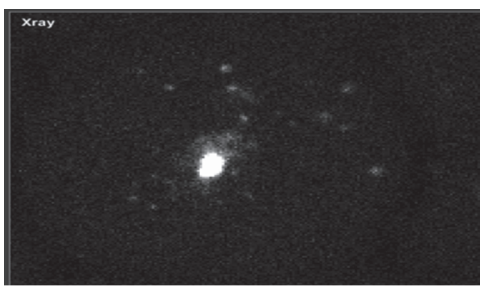
RESULTADOS

El análisis de la galaxia NGC 3034 se llevó a cabo utilizando una combinación de imágenes obtenidas en múltiples rangos del espectro electromagnético, lo que permitió una comprensión detallada de su estructura y proceso interno. A continuación, se presentan los resultados del estudio, divididos por los diferentes rangos espectrales analizados. Estos resultados destacan las características morfológicas, las regiones de formación estelar y los fenómenos astrofísicos significativos, incluyendo la posible presencia de un agujero negro central y las interacciones gravitacionales con galaxias cercanas.

Rayos X

Las imágenes en rayos X fueron tomadas por los telescopios ROSAT y Chandra. M82 es conocida por ser superluminosa en rayos X, lo que indica una gran interacción de energía debida a una fuerza de gravedad severa, probablemente relacionada con la actividad de un agujero negro central (Pasham, 2014).

Figura 1. *Imagen en rayos X, de M82 por ROSAT.*



Ultravioleta

En UV se usaron imágenes tomadas a 2267 A por GALEX y a 3551 A por el SDSS, que muestran nubes de Polvo o remanentes de supernovas, destacando regiones de formación estelar activa (ViewSpace, n.d.).

Figura 2. *Datos en UV por galex ysdss.*

Óptico

Para el óptico se utilizaron imágenes de varias fuentes, incluyendo el telescopio OAO y el SDSS, en bandas B, V, G, Hα, R e I. Estas zonas básicamente permiten observar gran parte de la galaxia y corresponden a su evolución y desarrollo. Se puede notar una estructura algo elíptica con una pequeña

parte central que podría ser barrada. En la banda Hα se destacan las regiones de hidrógeno ionizado, que representan las transiciones de electrones en los primeros orbitales, siendo estas zonas propicias para la creación de nuevas estrellas o protoplanetas.

Figura 3. *Datos en el Visible para bandas B, V y G.*

H alfa - Roja

Para la banda Hα se utilizaron imágenes obtenidas de diversas fuentes, incluyendo el telescopio OAO y el SDSS. Esta banda es esencial para observar las regiones de hidrógeno ionizado dentro de la galaxia, las cuales destacan por las transiciones de electrones en los primeros orbitales. Estas regiones son indicadores cruciales de la formación estelar activa, ya que marcan las zonas donde se están creando nuevas estrellas o protoplanetas. En conjunto con la zona roja del espectro óptico, las imágenes en Hα revelan detalles importantes sobre la estructura y dinámica interna de la galaxia NGC 3034, permitiendo una mejor comprensión de su evolución y desarrollo. Adicionalmente, se incluyeron datos obtenidos del Observatorio Nacional de Kitt Peak (KPNO), específicamente de la banda infrarroja (I), que proporcionan una perspectiva complementaria de las regiones de formación estelar y las estructuras galácticas.

Figura 4. *Regiones de H alfa y zona roja del óptico.*

Infrarrojo

Para el infrarrojo se utilizó 5 subdivisiones en distintas partes del espectro, con datos tomados principalmente del 2MASS. Estas zonas calientes y de gases se enfocan generalmente en las partes centrales de la galaxia, indicando una gran actividad. Los datos tomados son:

NIR

- 12000 A Datos de 2MASS (J 1.2um)
- 16000 A Datos de 2MASS (H 1.6um)
- 22000 A Datos de 2MASS (Ks 2.2um)

MIR

- 45200 A Datos de Spitzer (4.52um)

FIR

- 1600000 A Datos del Herschel (160um)

Estas observaciones revelan zonas calientes en las partes centrales de la galaxia, indicando una gran actividad y formación estelar (Carroll, 2017)

Figura 5. *Imágenes en IR.*

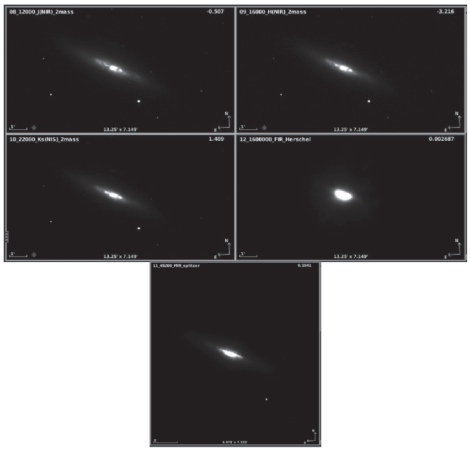


Ilustración 5 Imágenes en IR

La combinación de imágenes en las bandas RGB (rojo, verde y azul) proporciona una visión detallada y completa de las diferentes zonas de la galaxia. Este enfoque resalta de manera efectiva las características morfológicas y la estructura de la galaxia NGC 3034, permitiendo así la identificación y análisis de las regiones de formación estelar, nebulosas y otras características astrofísicas. Al integrar estas bandas y combinarlas, se obtienen imágenes compuestas que revelan detalles sutiles y contrastes que no serían visibles en imágenes individuales, mejorando significativamente la comprensión de la galaxia. Estas combinaciones de imágenes se realizaron utilizando el software Aladin. (Bonnarel et al., 2000)

COMBINACIONES DE IMÁGENES RGB

Explicación del Proceso de Combinación de Imágenes en Aladin:

Pasos para la Combinación de Imágenes RGB en Aladin:

1.Importación de Imágenes:

- Se importaron las imágenes en las bandas B, V y R al software Aladin.

- Las imágenes fueron obtenidas previamente del telescopio T50 del Observatorio Aras de los Olmos y de catálogos de datos como el NED de la NASA.

2. Calibración y Preprocesamiento:

- Las imágenes fueron calibradas usando procedimientos estándar, incluyendo corrección de darks, bias y flats usando el software Distroastro.

- Se alinearon las imágenes para asegurar que todas las características galácticas coincidieran correctamente.

3. Asignación de Colores:

- En Aladin, cada banda espectral se asignó a un color específico del modelo RGB:

§ B (azul)
§ V (verde)
§ R (rojo)

4. Combinación de Imágenes:

- Utilizando la herramienta de combinación de Aladin, las imágenes en las bandas B, V y R

fueron combinadas en una sola imagen compuesta.

- Se ajustaron los niveles de brillo y contraste para resaltar las características morfológicas y estructurales de la galaxia.

5. Ajuste de Parámetros:

- Se utilizaron las funciones de ajuste de color y brillo de Aladin para optimizar la visualización de las regiones de interés, como las zonas de formación estelar y el núcleo galáctico.

6. Exportación de la Imagen:

- La imagen combinada resultante fue exportada para su análisis y presentación en el estudio.

IMÁGENES OBTENIDAS

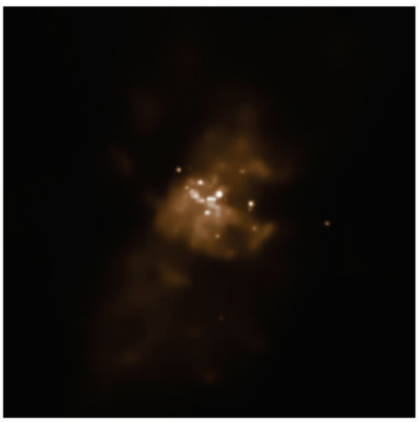


Ilustración 6 Rayos X Chandra

Ilustración 7 UV por galex sdss

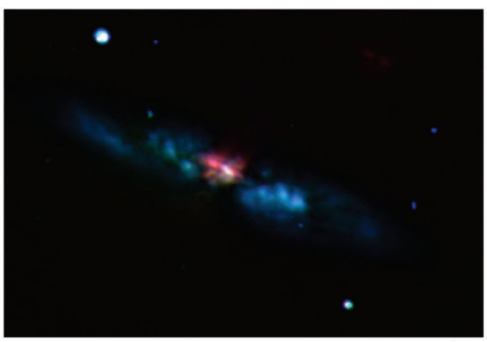


Ilustración 6 RGB del óptico mas azul B V Ha

Ilustración 9 Sloan G I Z

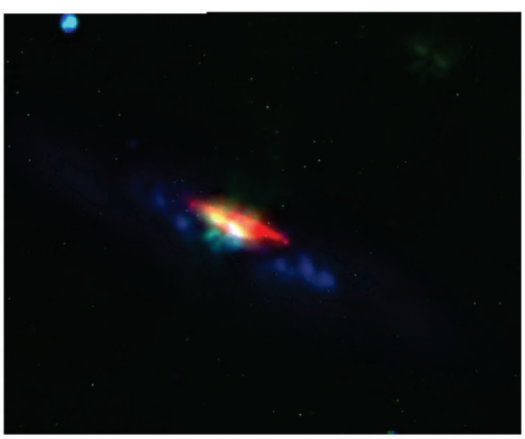


Ilustración 10 Optico para bandas B Ha R

INFRARROJO

Ilustración 11 Combinación de los 3 del 2mass (Nearly IR)

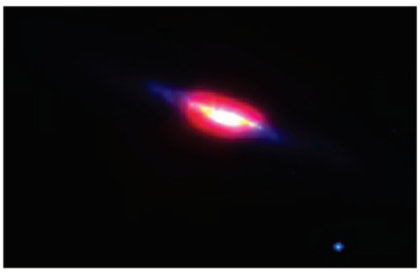


Ilustración 12 J_Split y Hersche

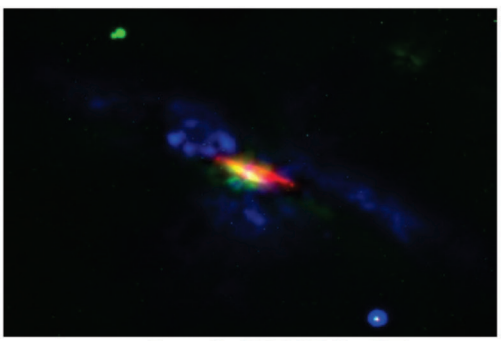


Ilustración 13 NUV Halfa y MIR

RESULTADOS DE LAS COMBINACIONES DE IMÁGENES RGB

La combinación de imágenes en RGB de la galaxia NGC 3034 permitió obtener una visualización detallada de su estructura y características principales:

1. Regiones de Formación Estelar:

Las áreas de formación estelar intensa se destacaron claramente en las combinaciones RGB, mostrando zonas de emisión intensa en Hα (banda roja) que indican la presencia de hidrógeno ionizado.

2. Distribución de Polvo y Gas:

La distribución de polvo y gas interestelar fue evidente, con áreas oscuras que indican regiones densas de polvo que bloquean la luz de las estrellas detrás de ellas.

3. Estructura Espiral:

La estructura espiral de la galaxia se observó con claridad, mostrando los brazos espirales y las áreas centrales con alta densidad estelar.

4. Estructura Espiral:

La estructura espiral de la galaxia se observó con claridad, mostrando los brazos espirales y las áreas centrales con alta densidad estelar.

CONCLUSIONES

El programa IRAF demostró ser una herramienta valiosa para el procesamiento de datos, incluso en investigaciones de galaxias lejanas, permitiendo contrarrestar eficazmente los efectos de flats y bias en las imágenes analizadas. La galaxia NGC 3034 (M82) presenta una forma espiral barrada, aunque con características irregulares, lo que sugiere una intensa actividad de formación estelar. El bulbo de la galaxia muestra una alta concentración de formación estelar, lo que indica que se trata de una galaxia relativamente joven. Esta formación estelar fue claramente observada mediante el uso de filtros SLOAN y Hα, destacando las regiones ricas en hidrógeno ionizado. Además, se observó una alta concentración de rayos X en el centro de la galaxia, lo que sugiere la posible presencia de un agujero negro masivo. Finalmente, la galaxia presenta una alta concentración de hidrógeno en sus brazos, lo que es indicativo de una continua y tardía formación estelar. Estas conclusiones proporcionan una comprensión más profunda de la estructura y evolución de NGC 3034, así como de los fenómenos astrofísicos que ocurren en su interior.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍAS

Investigación: Jonnatan Arias García y David Rodríguez Granados

Supervisión: Jhonny Barrios Vanegas

Redacción – borrador original: Jonnatan Arias García y David Rodríguez Granados

Redacción – revisión y edición: Jhonny Barrios Vanegas

BIBLIOGRAFÍA

Bonnarel, F., Fernique, P., Bienaymé, O., Egret, D., Genova, F., Louys, M., & Bartlett, J. G.-4. (2000). The ALADIN interactive sky atlas. *Astronomy and Astrophysics Supplement Series, 143*(1), 33-40.

Carroll, B.W. and Ostlie, D.A. (2017) *An Introduction to Modern Astrophysics. 2nd Edition.* Cambridge University Press, Cambridge, 578. https://doi.org/10.1017/9781108380980

Ciel de nuit. (n.d.). *Ciel de nuit.* NGC 3034 - M82: https://www.ciel-de-nuit.com

Giacconi, R. (2010). The high energy X-ray universe. *PNAS, 107*(16), 7202-7207.

Giovannelli, F. &. -G. (2012). Multifrequency behaviour of high energy cosmic sources. *A review. Memorie della Societa Astronomica Italiana, 83,* 17.

Heckathorn, H. (1972). The emission-line velocity field in M82. *Astrophysical Journal.*

NASA. (n.d.). *NASA/IPAC* Extragalactic Database (NED). https://ned.ipac.caltech.edu

Pasham, D. S. (2014). A 400-solar-mass black hole in the galaxy M82. *Nature* (513), 74-76.

Rix, H. W. (1992). NGC 4550: A laboratory for testing galaxy formation. *The Astrophysical Journal, 1*-8.

Sparke, L. S. (2007). Chapter 3: Spiral and S0 Galaxies. In L. S. Sparke, *Galaxies in the Universe: An Introduction.* Cambridge University Press.

ViewSpace. (n.d.). *ViewSpace explore the universe with interactives and videos.* Analyzing Light: Starburst Galaxy M82. https://viewspace.org

Yang, X. &. (2023). The Universal Picture for Black Hole Accretion and Ejection. *Galaxies, 1(*0), 1-16.

HUMEDALES CONSTRUIDOS DE FLUJO SUBSUPERFICIAL HORIZONTAL COMO ALTERNATIVA PARA LA REMOCIÓN DE METALES PESADOS EN EFLUENTES DE MINERÍA AURÍFERA

HORIZONTAL SUBSURFACE FLOW CONSTRUCTED WETLANDS AS AN ALTERNATIVE FOR HEAVY METAL REMOVAL IN GOLD MINING EFFLUENTS

Recibido/Received: 31/06/2024 **Aceptado/Accepted:** 30/08/2024

AUTORES

Edwin Fernando Sierra Gaviria: Ingeniero Ambiental y Sanitario, Magíster en Ingeniería Ambiental, Docente investigador de la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca.	**Karol Daniela Fernández Vargas:** Investigadora de la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca.
César Fernández Morantes: Químico y Doctor en Ingeniería. Docente investigador de la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca.	**Arnol Arias Hoyos:** Biólogo, Especialista en Educación, maestrante en Gestión y Auditorías Ambientales. Docente investigador de la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca.

Semillero en Manejo Integral del Recurso Hídrico - MIRH
Grupo de Investigación en Tecnologías y Ambiente - GITA
Corporación Universitaria Autónoma del Cauca

Para citar este artículo: Sierra-Gaviria, E., Fernández, K., Fernández, C. y Arias, A. (2025). Humedal construido de flujo subsuperficial horizontal como alternativa para la remoción de metales pesados en efluentes de minería aurífera. *Revista Sapientía,17(33)*, 63-71. Doi: 10.54278/sapientia.v17i33.261

RESUMEN

En la actualidad, uno de los problemas con mayor connotación que acarrea la humanidad se encuentra centralizado en la contaminación ambiental, donde la calidad del recurso hídrico, el aire y el suelo se encuentran en constante detrimento, influyendo sustancialmente en la salud pública y el bienestar y forma de vida de los individuos. Así pues, la minería aurífera artesanal desata diversos problemas de índole ambiental, principalmente a la matriz hídrica, dado que los residuos líquidos producto del beneficio de oro son vertidos al suelo y cuerpos de agua sin ningún tipo de tratamiento. De acuerdo con lo anterior, el objetivo de esta investigación es evaluar la eficiencia de un humedal construido de flujo subsuperficial horizontal en la remoción de metales pesados presentes en efluentes mineros. La ejecución del estudio consistió en tres fases, integradas por una caracterización fisicoquímica del efluente, posteriormente, el diseño y construcción del humedal a escala piloto, finalmente, la operación y seguimiento para la evaluación de la eficiencia de remoción. Se lograron detectar trazas de mercurio y plomo que no cumplen con la normativa colombiana para vertimientos (Resolución 0631 de 2015). Así mismo, se diseñó un sistema de humedales construidos que permitieron evaluar la eficiencia de dos tipos de macrófitas para la remediación ambiental del efluente.

PALABRAS CLAVE

Humedales construidos, Minería aurífera, Metales pesados, Tratamiento de aguas residuales, Biorremediación.

ABSTRACT

Currently, one of the most significant problems facing humanity is centered on environmental pollution, where the quality of water resources, air and soil are in constant detriment, substantially influencing public health and the well-being and way of life of individuals. Thus, artisanal gold mining causes various environmental problems, mainly to the water matrix, since the liquid waste from gold mining is discharged into the soil and bodies of water without any type of treatment. Accordingly, the objective of this research is to evaluate the efficiency of a horizontal subsurface flow constructed wetland in the removal of heavy metals present in mining effluents. The execution of the study consisted of three phases, integrated by a physicochemical characterization of the effluent, then, the design and construction of the constructed wetland at pilot scale, and finally, the operation and monitoring for the evaluation of the removal efficiency. We were able to detect traces of mercury and lead that do not comply with Colombian regulations for discharges (resolution 0631 of 2015). Likewise, a system of constructed wetlands was designed to evaluate the efficiency of two types of macrophytes for the environmental remediation of the effluent.

KEYWORDS

Constructed wetlands, Gold mining, Heavy metals, Wastewater treatment, Bioremediation.

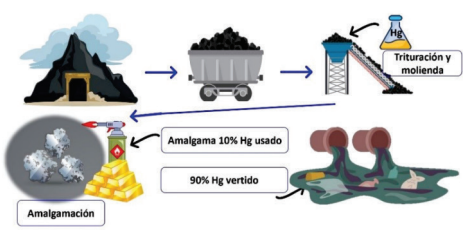
MARCO TEÓRICO

Los procesos de extracción y beneficio de Minería aurífera Artesanal y de Pequeña Escala MAPE, actualmente tienen una marcada connotación en el desarrollo de las economías en las regiones, lo cual ha incidido en un notorio crecimiento de las prácticas auríferas (Gallo et al., 2021) . Sin embargo, los procesos de producción de oro han sido motivo de discusión en diferentes escenarios, puesto que generan afectaciones que repercuten en el ambiente, sociedad y salud pública, repercutiendo en la calidad de vida de las poblaciones (Habashi, 2016).

De acuerdo con lo anterior y en aras de realizar una conceptualización, a continuación, se presentan los tópicos claves en la ejecución de la presente investigación, además de considerar antecedentes que permiten identificar el avance científico en la implementación de humedales como alternativa de remoción de contaminantes, en específico de metales pesados, que contribuyan con el robustecimiento teórico y empírico del estudio.

En ese contexto, es pertinente mencionar que una de las técnicas más empleadas en el beneficio aurífero es la amalgamación, la cual utiliza grandes concentraciones de mercurio (Hg) para realizar la separación del oro de otros minerales, cabe mencionar que este metal pesado es agregado en la trituración y molienda del material rocoso, permitiendo la formación de la amalgama, la cual es calentada para evaporar el mercurio de la aleación, teniendo como resultado el preciado metal (ver Figura 1). Así pues, la problemática del empleo de esta técnica se centra en que la formación de la amalgama solo requiere del 10% del Hg total usado, lo cual significa que el porcentaje restante es dispuesto en el medio ambiente a través del aire y el agua (Habashi, 2016).

Figura 1. *Proceso de amalgamación con mercurio.*



Es así como, el uso del mercurio en la producción minera aurífera ha despertado preocupación en la comunidad científica, puesto que posee la capacidad de biotransformarse al ingresar al medio ambiente, a través de su forma orgánica de metilmercurio (MeHg), metabolizada por acción microbiana, facilitando el ingreso a la cadena alimentaria (Beckers & Rinklebe, 2017). Así pues, es importante comprender las dinámicas de persistencia y permanencia del mercurio en el ambiente, puesto que este metal pesado también tiene la capacidad de bioacumularse y biomagnificarse (ver Figura 2); el primer constructo hace referencia a la facilidad del MeHg para incorporarse y acumularse en los tejidos de los organismos, por su parte, el segundo se centra en la acumulación progresiva del nivel de mercurio (en su forma orgánica) en la cadena trófica (Salazar-Camacho et al., 2022).

Figura 2. *Bioacumulación y biomagnificación del mercurio.*

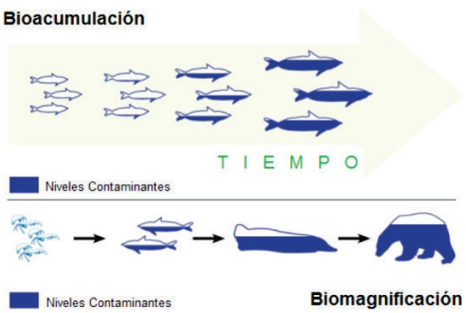


Imagen de autor desconocido bajo licencia CC BY-SA-NC

Teniendo en cuenta lo mencionado con antelación, la investigación se sustenta normativamente a través de la Ley 1658 de 2013, emitida por el Gobierno Nacional de Colombia, en el cual se establecen los lineamientos y disposiciones direccionadas al uso y comercialización del mercurio en los procesos industriales desarrollados en el territorio nacional; entre las directrices se define la prohibición del mercurio, la transición a tecnologías limpias que contribuyan con la sustitución de Hg y el fomento de investigaciones desde la académica para hacerle frente a los procesos de extracción minera aurífera que utilizan este metal pesado como agente de producción de oro (Ley 1658 de 2013, 2013).

Así mismo, en un panorama nacional, Delgado et al.(2020) realizaron un estudio con el propósito de evaluar la remoción de contaminantes emergentes (metilparabeno -Mp-, sildenafil -Sil- y carbamazepina -Cbz-) de origen farmacéutico y de

cuidado personal presentes en las aguas residuales domésticas a través de humedales construidos de flujo horizontal subsuperficial; en este sistema utilizaron dos tipos de macrófitas Heliconea Zingiberales y Cyperus Haspan, obteniendo eficiencias para Mp y Sil superiores al 97%, mientras que para Cbz del 10%, adicionalmente, sostienen que la remoción de materia orgánica fue del 95% (Delgado et al., 2020). Así pues, esto permite identificar que es posible utilizar este tipo de macrófitas en el tratamiento de aguas residuales, donde es interesante evaluar la eficiencia de remoción de metales pesados provenientes de la industria de minería aurífera.

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar la eficiencia de un humedal construido de flujo subsuperficial horizontal en la remoción de metales pesados presentes en efluentes mineros.

Objetivos específicos

• Caracterizar las aguas residuales provenientes de un entable de Minería Aurífera Artesanal a Pequeña Escala – MAPE.

• Diseñar un humedal construido de flujo subsuperficial horizontal para el tratamiento de efluentes de MAPE.

• Determinar la eficiencia del humedal construido de flujo subsuperficial horizontal en la remoción de metales pesados.

METODOLOGÍA

La metodología con enfoque cuantitativo se encuentra dividida en tres fases, que corresponden a la ejecución de cada uno de los objetivos específicos planteados, las cuales son relacionadas a continuación:

Caracterización de aguas residuales

Se realizó la caracterización de un efluente de minería aurífera artesanal en el departamento del Cauca, Colombia. Se realizaron 3 muestreos en el punto de vertimiento directo de las aguas residuales, para ello, se consideraron las directrices de toma de muestras de aguas residuales (IDEAM, 2007). Para determinar las condiciones iniciales del efluente de beneficio aurífero se consideraron parámetros fisicoquímicos como Sólidos Disueltos Totales SDT, Sólidos Sedimentables SSED, pH, Sulfuros, Cobre, Plomo, Mercurio, Color, Demanda Bioquímica de Oxigeno DBO, Oxígeno Disuelto OD, Demanda Química de Oxígeno DQO y Temperatura.

Análisis de parámetros fisicoquímicos

Los parámetros in situ fueron turbiedad, medido con un turbidímetro HACH 2100Q y pH, OD y temperatura, con equipo multiparamétrico YSI Pro-Plus. Por su parte, los parámetros ex situ fueron SDT, SEED, sulfuros, cobre, plomo, mercurio, color, DBO y DQO, fueron determinados de acuerdo con el Standard Methods y kits de la marca NANOCOLOR (ver tabla 1) (American Public Health Association et al., 2017).

Tabla 1. *Métodos para la determinación de parámetros ex situ.*

No	Parámetro	Método
1	Sólidos Disueltos Totales - SDT	APHA 2540B
2	Sólidos Sedimentables - SEED	APHA 2540F
3	Sulfuros	Visocolor ECO 931094
4	Cobre	Visocolor ECO 931037
5	Plomo	NANOCOLOR 986009
6	Mercurio	APHA SM 3112B
7	Demanda Bioquímica de Oxígeno - DBO	APHA 5220D
8	Demanda Química de Oxígeno – DQO	APHA 5220D
9	Color	APHA 2120C

Diseño del humedal construido de flujo subsuperficial a escala piloto

Se realizó el diseño de un sistema de humedales de flujo subsuperficial horizontal, con el objeto de evaluar la eficiencia de remoción principalmente con enfoque en metales pesados provenientes de efluentes de minería aurífera, para ello, se tuvo en cuenta la Guía para el diseño y construcción de un humedal construido con flujos subsuperficiales (APHA (American Public Health Association), 1999).

Operación y monitoreo del funcionamiento del sistema de humedales construidos

El seguimiento del funcionamiento y calidad de agua se realizó durante un periodo de 2 meses con frecuencias de medición de 6 días, tomando como puntos de muestreo referencia a la entrada y salida del sistema. Las muestras fueron tomadas y almacenadas en frascos de plástico estéril y posteriormente enviadas a laboratorio para análisis de los parámetros fisicoquímicos (IDEAM, 2007).

Eficiencia de remoción

Para la determinación de la eficiencia de remoción del sistema, se tuvo en cuenta los resultados de los parámetros fisicoquímicos evaluados en la operación y monitoreo de la calidad del agua en el sistema de humedales. Se consideraron las concentraciones de entrada y salida para cada uno de los parámetros, se calcularon a través de la Ecuación 1.

$$ER = \frac{C_o - C_f}{C_o} * 100 \qquad \text{Ec. 1}$$

Donde

ER: Eficiencia de remoción (%)
C_o: Concentración de entrada al sistema ($m.g.\ L^{-1}$)
C_f: Concentración de salida al sistema ($m.g.\ L^{-1}$)

Análisis estadístico

Los resultados obtenidos en el decurso del estudio son analizados estadísticamente en el software R, para ello, se considerará un análisis de varianza ANOVA de un factor, evaluando cada parámetro por separado, así mismo, se considerará pruebas de homogeneidad de varianzas de Leven's y normalidad de Shapiro-Wilk con significancia del 95% (Mozzaffari et al., 2021).

RESULTADOS

Caracterización de aguas residuales

La caracterización fisicoquímica del agua residual del entable minero aurífero, presentada en la Figura 2, indica que los valores obtenidos para los parámetros analizados se encuentran, en general, dentro de un rango relativamente homogéneo en comparación con la media (Resolución 0631, 2015). Sin embargo, al confrontar estos resultados con los límites establecidos en la normativa nacional para vertimientos, se observa un incumplimiento significativo en cuanto a los parámetros de sólidos suspendidos totales (SST), demanda química de oxígeno (DQO), mercurio y plomo.

Tabla 2. Parámetros fisicoquímicos del efluente minero.

No	Parámetro	Resultado	Resolución 0631 de 2015	
			Valor permisible	Cumplimiento
1	Turbiedad (NTU)	533,33 ± 1,50	N/A	---
2	pH	7,7 ± 0,2	6,00 - 9,00	SI
3	OD ($m.g.\ L^{-1}$)	7,6 ± 0,3	N/A	---
4	Temperatura (°C)	25,1 ± 0,5	N/A	---
5	SST ($m.g.\ L^{-1}$)	418,33 ± 0,7	50,00	NO
6	SEED($m.g.\ L^{-1}$)	1,00 ± 0,20	2,00	SI
7	Sulfuros ($m.g.\ L^{-1}$)	0,3 ± 0,1	1,00	SI
8	Cobre ($m.g.\ L^{-1}$)	0,4 ± 0,1	1,00	SI
9	Plomo ($m.g.\ L^{-1}$)	0,35 ± 0,10	0,20	NO
10	Mercurio ($m.g.\ L^{-1}$)	0,118 ± 0,050	0,002	NO
11	Color (*UPC*)	45,63 ± 0,40	Análisis y reporte	---
12	DBO_5($m.g.\ L^{-1}$)	46,2 ± 0,8	50,00	SI
13	DQO($m.g.\ L^{-1}$)	178,4 ± 0,4	150,00	NO

En ese contexto, los resultados del análisis de calidad del agua revelan que, aunque la turbiedad no posee un límite máximo permisible, presentó valores elevados, por su parte, los sólidos suspendidos totales excedieron ampliamente los límites permitidos. En efecto, esta condición permite evidenciar que existe una elevada concentración de partículas suspendidas (principalmente sedimentos finos, minerales y otros sólidos provenientes del beneficio de oro), tiene implicaciones negativas que ponen en riesgo la supervivencia de la biota acuática (Torres et al., 2018).

Por otro lado, el resultado de pH se encuentra dentro del rango permitido por la normativa nacional, así mismo, puede indicar condiciones que tienen a ser ligeramente alcalinas, posiblemente asociado a la presencia de minerales y sustancias carbonáceas. Por su parte, la temperatura media del agua residual puede favorecer el tratamiento biológico de las aguas residuales (Ramírez, 2021).

El nivel de oxígeno disuelto de 7,6 mg/L es relativamente alto, indicando que el agua tiene una capacidad adecuada para soportar vida acuática y procesos biológicos aeróbicos. Sin embargo, la DBO5 de 46,2 mg/L señala una cantidad significativa de materia orgánica biodegradable, lo cual puede llevar al consumo de oxígeno por parte de microorganismos durante la descomposición de estos compuestos. Respecto a la DQO de 178,4 mg/L, que es considerablemente más alta que la DBO5, sugiriere la presencia de sustancias no biodegradables que también demandan oxígeno (Sharma & Malaviya, 2022). Esta diferencia notable entre DBO y DQO indica que, además de la materia orgánica biodegradable, hay contaminantes resistentes a la biodegradación y posiblemente compuestos tóxicos presentes en el efluente minero.

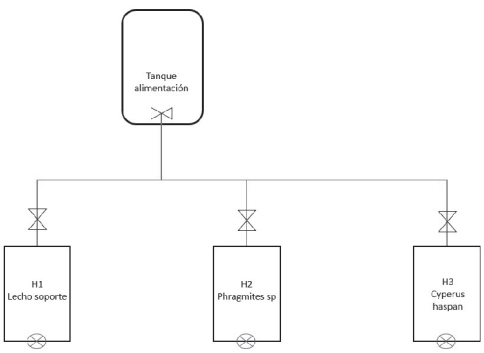
En cuanto a los metales pesados, se logró identificar la presencia de trazas de mercurio, plomo y cobre, estos dos primeros superan los límites máximos permisibles por la normatividad. Esa situación es preocupante, dado que su toxicidad genera altos riesgos para la salud ambiental y pública, por su alta capacidad de bioacumularse y biomagnificarse en el cuerpo (Novoa Villa et al., 2022; Samuel et al., 2022). De ahí la importancia de promover alternativas de tratamiento para le remoción de contaminantes que tienen severas implicaciones en el detrimento de la calidad ambiental.

Humedal construido de flujo subsuperficial horizontal

Los humedales de flujo subsuperficial horizontal son especialmente eficaces para la remoción de metales pesados como mercurio, plomo y cobre, gracias a procesos de adsorción, precipitación y bioacumulación. Además, estos sistemas son efectivos en la reducción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y la Demanda Química de Oxígeno (DQO), mejorando significativamente la calidad del agua.

Se realizó el diseño de un sistema de humedales de flujo subsuperficial horizontal, siguiendo los lineamientos establecidos por la Agencia de Protección Ambiental, para la proyección del sistema a escala piloto se utilizó como criterio de partida la concentración de mercurio de la caracterización del efluente minero (ver Tabla 2). El sistema cuenta con tres humedales en paralelo (ver Figura 3), el primero contiene únicamente el lecho de soporte, mientras que los dos restantes poseen plantación de macrófitas, para H2 Phragmites sp y Cyperus haspan para H3.

Figura 3. *Sistema de humedales construidos a escala piloto.*



El sistema posee capacidad para tratar un caudal de 144 L/día en flujo continuo, con un tiempo de retención hidráulica para de 3 días. Respecto al lecho de soporte se utilizó grava gruesa (~20 mm de diámetro), grava fina (~5 mm de diámetro) y arena gruesa (~2 mm de diámetro), los demás parámetros de diseño se específica en la tabla 3 (Singh & Chakraborty, 2020).

Tabla 3. *Criterios para el diseño del sistema de humedales.*

Criterio	Descripción
Caudal	144 $L.\ día^{-1}$
Tiempo de retención hidráulica	*3 días*
Dimensiones	$0{,}2m * 0{,}8m * 0{,}25m$
Volumen lecho de soporte	$0{,}0672\ m^3$
Lecho de soporte	Grava gruesa Grava fina Arena gruesa
Macrófitas	*Phragmites sp y Cyperus haspan*

CONCLUSIONES

Se logró realizar la caracterización de un efluente de minería aurífera artesanal y a pequeña escala MAPE, en ella, se identificó la presencia de metales pesados de interés ambiental como lo son Mercurio y Plomo, con concentraciones de 0,118 mg. L y 0,35 mg.L , los cuales no cumplen con los límites máximos permisibles de la normatividad colombiana para vertimientos de agua residual, generando riesgos inminentes a la calidad ambiental y a la salud pública, dado que son contaminantes que poseen la capacidad de bioacumularse y biomagnificarse en el cuerpo. Esto sugiere la necesidad de promover alternativas tecnológicas para el tratamiento de los efluentes mineros, que contribuyan con la sostenibilidad del beneficio aurífero.

Así mismo, se realizó el diseño de un sistema de humedales de flujo subsuperficial horizontal, con el objeto de tratar las aguas residuales del entable minero, focalizados principalmente en la remoción de metales pesados y carga orgánica. Este tipo de sistema de tratamiento aprovecha la capacidad natural de ciertos microorganismos, plantas y el sustrato para degradar y estabilizar contaminantes presentes en el agua.

El diseño de este sistema no solo tiene un enfoque técnico, sino que también se ha considerado su viabilidad operativa, eficiencia y costo económico, haciéndolo accesible para los mineros artesanales y de pequeña escala. La implementación de humedales artificiales como tecnología de biorremediación proporciona una solución sostenible y de bajo mantenimiento, utilizando recursos locales y naturales. Esto no solo ayuda a mitigar el impacto ambiental de la minería, sino que también promueve prácticas de minería responsable y sostenible.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍAS

Investigación: Edwin Fernando Sierra Gaviria, Karol Daniela Fernández Vargas, César Fernández Morantes y Arnol Arias Hoyos

Redacción – borrador original: Edwin Fernando Sierra Gaviria, Karol Daniela Fernández Vargas, César Fernández Morantes y Arnol Arias Hoyos

Redacción – revisión y edición: Edwin Fernando Sierra Gaviria, Karol Daniela Fernández Vargas, César Fernández Morantes y Arnol Arias Hoyos

REFERENCIAS

American Public Health Association, American Water Works Association, & Water Environment Federation. (2017). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (R. Baird, A. Eaton, & E. Rice, Eds.; 23rd ed., Issue 9). American Public Health Association.

APHA (American Public Health Association). (1999). *Standard methods for the examination of water and wastewater* (23rd ed).

Beckers, F., & Rinklebe, J. (2017). Cycling of mercury in the environment: Sources, fate, and human health implications: A review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 47*(9), 693–794. https://doi.org/10.1080/10643389.2017.1326277

Chen, J., Deng, S., Jia, W., Li, X., & Chang, J. (2021). Removal of multiple heavy metals from mining-impacted water by biochar-filled constructed wetlands: Adsorption and biotic removal routes. Bioresource Technology, 331(March), 125061. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.125061

Delgado, N., Bermeo, L., Hoyos, D. A., Peñuela, G. A., Capparelli, A., Marino, D., Navarro, A., & Casas-Zapata, J. C. (2020). Occurrence and removal of pharmaceutical and personal care products using subsurface horizontal flow constructed wetlands. *Water Research, 187*, 1–11. https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116448

Gallo, J., Vargas, L., Velasco, M., Gutiérrez, L., & Pérez, E. (2021). Use of the gray water footprint as an indicator of contamination caused by artisanal mining in Colombia. *Resources Policy, 73*, 1–12. https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2021.102197

Habashi, F. (2016). Gold - An Historical Introduction. *In Gold Ore Processing* (2nd ed., pp. 2–20). Elsevier.

IDEAM. (2007). *Instructivo para la toma de muestras de aguas residuales.* http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38158/Toma_Muestras_AguasResiduales.pdf/f5baddf0-7d86-4598-bebd-0e123479d428

Ley 1658 de 2013. Por medio de la cual se establecen disposiciones para la comercialización y el uso de mercurio en las diferentes actividades industriales del país, se fijan requisitos e incentivos para su reducción y eliminación y se dictan otras disposiciones. 15 de julio de 2013. Diario Oficial 48852. https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=53781

Mozzaffari, M., Shafiepour, E., Ahmad, S., Rakhshandehroo, G., Wallace, S., & Stefanakis, A. (2021). Hydraulic characterization and removal of metals and nutrients in an aerated horizontal subsurface flow "racetrack" wetland treating primary-treated oil industry effluent. *Bioresource Technology, 200*(March), 125061. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.125061

Novoa Villa, H. H., Arizaca Avalos, A., Huisa Mamani, F., Novoa Villa, H. H., Arizaca Avalos, A., & Huisa Mamani, F. (2022). Efectos en los ecosistemas por presencia de metales pesados en la actividad minera de pequeña escala en Puno. *Revista de Investigaciones Altoandinas, 24*(3), 182–189. https://doi.org/10.18271/RIA.2022.361

Ramírez, D. F. (2021). Sistema de medición y control de temperatura para un prototipo de planta de tratamiento de aguas residuales. *Investigación e Innovación En Ingenierías*, *9*(1), 100–113. https://doi.org/10.17081/invinno.9.1.4305

Resolución 0631 de 2015 [Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible]. Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones. 17 de marzo de 2015. https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/11/resolucion-631-de-2015.pdf

Salazar-Camacho, C., Salas-Moreno, M., Marrugo-Madrid, S., Paternina-Uribe, R., Marrugo-Negrete, J., & Díez, S. (2022). A human health risk assessment of methylmercury, arsenic and metals in a tropical river basin impacted by gold mining in the Colombian Pacific region. Environmental Research, 212, 1–15. https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113120

Samuel, W., Richard, B., & Nyantakyi, J. A. (2022). Phytoremediation of heavy metals contaminated water and soils from artisanal mining enclave using Heliconia psittacorum. *Modeling Earth Systems and Environment*, *8*(1), 591–600. https://doi.org/10.1007/s40808-020-01076-2

Sharma, R., & Malaviya, P. (2022). Constructed wetlands for textile wastewater remediation: A review on concept, pollutant removal mechanisms, and integrated technologies for efficiency enhancement. *Chemosphere*, *290*, 133358. https://doi.org/10.1016/J.CHEMOSPHERE.2021.133358

Singh, S., & Chakraborty, S. (2020). Performance of organic substrate amended constructed wetland treating acid mine drainage (AMD) of North-Eastern India. *Journal of Hazardous Materials*, *397*(February), 122719. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.122719

Torres, J. D., Magno, J. S., Pineda Aguirre, R. R., & Cruz, M. A. (2018). Evaluación de la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales para riego mediante humedales Artificiales de flujo libre superficial (FLS) con las especies Cyperus Papyrus y Phragmites Australis, en Carapongo-Lurigancho. *Revista de Investigación Ciencia, Tecnología y Desarrollo*, *3*(2). https://doi.org/10.17162/rictd.v3i2.657

NOVA SAPIENTIA

PUBLIREPORTAJE

¡PLANTA UNA IDEA!

Los semilleros de investigación surgen para brindar a los estudiantes espacios académicos donde fortalezcan las dinámicas propias de la metodología de la investigación formativa. Es así como los estudiantes y docentes de la institución unen esfuerzos para vivir de manera práctica los procesos de investigación, complementando de esta manera la formación profesional de los estudiantes que son parte de los semilleros de investigación.

PARA VINCULARTE COMO ESTUDIANTE A UN SEMILLERO, necesitas tener interés por la investigación, cursar desde primer semestre, no tener materias perdidas y tener un promedio académico.

LOS SEMILLERISTAS
CUENTAN SUS EXPERIENCIAS

JUAN DAVID MORALES
Semillero LUMEN
Estudiante Diseño Visual
Estudiante Octado Semestre

Participar en el semillero ha sido una experiencia muy enriquecedora. Al ser diseñador visual me sentí encantado de poder aplicar mis competencias fuera de la carrera, así como mejorar mis habilidades y aprender de otros profesionales participantes del semillero.

He tenido la oportunidad de poder conocer diferentes lugares y personas de diferentes culturas que han tenido un gran impacto en mi desarrollo académico.

El semillero me ha permitido desarrollar tareas que fueron como pruebas de fuego que contribuyeron en mi preparación para la carrera profesional.

Entre los mayores beneficios está el poder prepararse para ejercicios como el trabajo de grado, entendiendo lo complejo de un proceso de investigación al estar en él. Además del poder vivir nuevas experiencias que suman a mi desarrollo personal.

PARTICIPACIÓN EN PROYECTOS

_Deucam: Oro marrón.
_Diseño editorial Cartilla de Salud Mental

MARCYIN TATIANA ANGULO RODRÍGUEZ
Semillero SICNO
Estudiante Comunicación Social y Periodismo
Quinto Semestre

Ser parte de un semillero es una experiencia muy gratificante pues con él he aprendido y crecido en el ámbito académico y profesional.

También me permitió fortalecer mis habilidades de comunicación, ampliar mis conocimientos y mejorar mi acercamiento a los temas en contexto, desde cómo buscar información hasta cómo presentar y desarrollar iniciativas.

Académicamente, la preparación jugó un papel clave para mejorar mi escritura y expresión oral, así como para ampliar mis horizontes sobre diferentes temas. Me preparó profesionalmente, me dio más confianza al manejar escenarios de interacción social, fortaleciendo mi capacidad para abordar situaciones, así mismo, gestionar el desarrollo de ideas de innovación o ideas de negocio.

Sin duda, esta experiencia ha sido una plataforma para el desarrollo integral de mis competencias como Comunicadora.

PARTICIPACIÓN EN PROYECTOS

_Movilidad académica en Buga
_Talleres de innovación

UN SEMILLERO
DE LA UNIAJC
TE ESTÁ ESPARANDO,
ENCUÉNTRALO, AQUÍ

Cuéntanos tu experiencia
como semillerista
y sal en la próxima edición:
alografía@admon.uniajc.edu.co

Antonio José Camacho
INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA
Calidad, excelencia y compromiso social

REVISTA

SAPIENTIA

Antonio José Camacho
INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA
Calidad, excelencia y compromiso social

revistas.uniajc.edu.co

JUNTOS
SEMBRAMOS
EL CONOCIMIENTO

REVISTA

SA
PIEN
TIA

¡HAZ PARTE!

Antonio José Camacho
INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA
Calidad, excelencia y compromiso social

CONTÁCTANOS:

biblioteca@admon.uniajc.edu.co
editorialsapientia@admon.uniajc.edu.co
alografía@admon.uniajc.edu.co