



Revista Conocimiento Libre y Licenciamiento (CLIC)

Centro Nacional de Desarrollo e Investigación en Tecnologías Libres (CENDITEL)

Dirección: Avenida Alberto Carnevali, vía La Hechicera, Edificio CENDITEL. Mérida-Venezuela.

Teléfono: +58 (0274) 6574336

Correo electrónico: convite@cenditel.gob.ve

Página web: <https://convite.cenditel.gob.ve/revistaclic>

Deposito Legal No. PPI 201002ME3476

ISSN No. 2244-7423

La Revista Conocimiento Libre y Licenciamiento (CLIC) se encuentra en los siguientes directorios, bases de datos e índices:



ACADEMIA



Los contenidos de esta publicación expresan el punto de vista académico y científico de los autores, quienes son los únicos responsables de sus escritos y son divulgados con el propósito de generar el debate en torno al conocimiento libre. De ningún modo debe entenderse que los mismos representan necesariamente la política oficial del Centro Nacional de Desarrollo e Investigación en Tecnologías Libres (CENDITEL) ni del Ministerio del Poder Popular para Ciencia y Tecnología.



Todos los documentos publicados en la Revista CLIC número 25, se distribuyen bajo la [Licencia Creative Commons Atribución – No Comercial - Compartir Igual 4.0 Internacional \(CC BY-NC-SA 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/). Usted puede copiar, distribuir y comunicar este contenido, siempre que se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo la misma licencia que la obra original.

Comité Editorial

Director de Investigación Centro Nacional de Desarrollo e Investigación en Tecnologías Libres,
MSc. Daniel Quintero Universidad de Los Andes, Venezuela

Editora Centro Nacional de Desarrollo e Investigación en Tecnologías Libres,
MSc. María Rujano Venezuela

MSc. Santiago Roca	Centro Nacional de Desarrollo e Investigación en Tecnologías Libres, Venezuela
MSc. Endira Mora	Centro Nacional de Desarrollo e Investigación en Tecnologías Libres, Venezuela
MSc. Carlos González	Centro Nacional de Desarrollo e Investigación en Tecnologías Libres, Venezuela
Lic. María González	Centro Nacional de Desarrollo e Investigación en Tecnologías Libres, Venezuela
Abog. Karen Torres	Centro Nacional de Desarrollo e Investigación en Tecnologías Libres, Venezuela
Dra. María Acosta	Centro Nacional de Desarrollo e Investigación en Tecnologías Libres, Venezuela
MSc. Yazmary Rondón	Centro Nacional de Desarrollo e Investigación en Tecnologías Libres, Venezuela
MSc. Jesús Erazo	Centro Nacional de Desarrollo e Investigación en Tecnologías Libres, Venezuela

Comité Científico Asesor

Lic. Luis Araque	Universidad de Los Andes, Venezuela
Ing. Cruz González	Ministerio del Poder Popular para la Educación, Venezuela
Lic. Francis Gómez	Fundación Instituto de Estudios Avanzados, Venezuela
Dra. Caribay Urbina	Universidad Central de Venezuela, Venezuela
Ing. Alfredo Guardia	Universidad Nacional Experimental Politécnica de la Fuerza Armada, Venezuela
Dra. Marisol Dávila	Universidad de Los Andes, Venezuela
MSc. Richard Rosales	Universidad de Los Andes, Venezuela

Comité Técnico

Ing. Yennifer Ramírez	Centro Nacional de Desarrollo e Investigación en Tecnologías Libres, Venezuela
MSc. Jesús Erazo	Centro Nacional de Desarrollo e Investigación en Tecnologías Libres, Venezuela
Ing. Pablo Sulbarán	Centro Nacional de Desarrollo e Investigación en Tecnologías Libres, Venezuela
Ing. Hildayra Colmenares	Centro Nacional de Desarrollo e Investigación en Tecnologías Libres, Venezuela

Diseño de portada
Arq. Gabriel Martínez Centro Nacional de Desarrollo e Investigación en Tecnologías Libres, Venezuela

Revista Conocimiento Libre y Licenciamiento (CLIC) N 25 Año 13 (2022)
<https://convite.cenditel.gob.ve/revistacllc>
Centro Nacional de Desarrollo e Investigación en Tecnologías Libres – CENDITEL
<https://www.cenditel.gob.ve/>
República Bolivariana de Venezuela

Índice general

Presentación	I
Editorial	II
Artículos sobre la Creación de Conocimiento	
La flexibilidad cognitiva en el estudiante hacia el aprendizaje de las matemáticas <i>Yohan Godoy y Yusmery González</i>	2
Dos variantes del modelo SEIR para describir la Covid-19 <i>Raúl Isea</i>	18
Ensayos sobre la Creación de Conocimiento	
Fotodegradación de pesticidas. Toxicidad en los sistemas acuáticos <i>Franklin Vargas, Tamara Zoltan, Yesica Torres y Beatriz Angulo</i>	35
Redacción de textos para publicaciones científicas <i>María Acosta</i>	72
Importancia del uso de rúbricas en la evaluación de cursos en línea <i>Carlos González</i>	83
Derecho de la mujer a una vida sin violencia en Nueva Esparta <i>María Guerra</i>	109
Metaverso: más allá de la realidad inmersiva <i>Jesús Erazo y Pablo Sulbarán</i>	129
Reseña	
Humanidades Digitales: La cultura frente a las nuevas tecnologías <i>Daniel Quintero</i>	142
Boletín	
Instituciones de ciencia y tecnología avanzan en proyectos científicos <i>Yennifer Ramírez</i>	147

Presentación

En la actualidad, la dimensión ética es un aspecto fundamental para la comunicación de la ciencia. Para su atención, la comunidad de investigadores que participan en un proceso editorial son invitados a promover valores como la honestidad, objetividad, responsabilidad y respeto, inmersos en el hecho investigativo para asegurar la calidad de la publicación.

En este contexto, la Revista Conocimiento Libre y Licenciamiento (CLIC) como espacio de divulgación, especializada en la edición y producción de obras académicas y científicas, está suscrita a los principios éticos y buenas prácticas editoriales descritas por el Comité de Ética para Publicaciones (COPE, por sus siglas en inglés), que resaltan la importancia de garantizar la autoría, validez y credibilidad en la gestión de la información para contribuir con la integridad de la ciencia.

Los principios éticos de COPE estudiados por grupos de editores de revistas científicas a nivel internacional, han definido criterios y guías que orientan y diferencian cada una de las actividades llevadas a cabo por los editores, autores, comité editorial y árbitros, quienes desde sus aportes contribuyen en la construcción y comunicación del conocimiento como herramienta transformadora de la sociedad.

Por su parte las buenas prácticas en el ámbito de la publicación de la ciencia, orientan de manera comprensiva y adecuada los procesos editoriales como: recepción, revisión interna, arbitraje, maquetación y publicación, que al ser definidas y adaptadas en función del objetivo y el alcance de la revista e independientes de la voluntad del editor, permiten aumentar la calidad de la publicación en acceso abierto.

Con el apego a estos criterios editoriales, junto a la inclusión de la revista en diferentes directorios, bases de datos e índices, no solo se logra determinar la mejor forma de proceder y evaluar los medios necesarios para la difusión de su contenido, sino que también ayudan a identificar cuáles son las debilidades del trabajo editorial que necesitan atención por parte del equipo y a establecer estrategias para enriquecer cada edición.

Finalmente, la Revista CLIC invita a los investigadores a revisar en el sitio oficial las secciones, etapas, políticas y normas, para conocer las características del proceso editorial. También, reiteramos la importancia de continuar trabajando de manera conjunta en el fortalecimiento de la investigación y seguir promocionando la publicación en acceso abierto, para juntos consolidar a CLIC como un referente de consulta y divulgación del conocimiento libre.

María Rujano
Comité Editorial

Editorial

Este número de Revista Conocimiento Libre y Licenciamiento recoge la preocupación de numerosas investigadoras e investigadores que exploran las fronteras del conocimiento en campos como la educación, las ciencias, los derechos humanos y las tecnologías, contribuyendo así con la generación de resultados pertinentes en diferentes espacios del quehacer social.

En la sección **Artículos sobre la Creación de Conocimiento** se presenta “La flexibilidad cognitiva en el estudiante hacia el aprendizaje de las matemáticas”, donde Yohan Godoy y Yusmery González combinan la enseñanza de las matemáticas con el diseño de experiencias lúdicas, y observan que mejora el razonamiento matemático y la capacidad de toma de decisiones de los estudiantes. Con ello muestran la importancia del diseño reflexivo de experiencias educativas para los jóvenes.

Así mismo se presenta “Dos variantes del modelo SEIR para describir la Covid-19”, donde Raúl Isea ofrece un modelo para explicar la dinámica de contagio de la Covid-19 en Venezuela y logra confirmar el registro de casos de infección en el país. Este trabajo representa un aporte significativo para el manejo de la salud pública en el contexto de las enfermedades infecciosas.

La sección **Ensayos sobre la Creación de Conocimiento** abre con “Fotodegradación de pesticidas. Toxicidad en los sistemas acuáticos”, en el cual Franklin Vargas, Tamara Zoltan, Yesica Torres y Beatriz Angulo exponen la revisión de varios estudios basados en tratamientos fotoquímicos y procesos de oxidación de pesticidas. Este trabajo contribuye con el desarrollo de buenas prácticas de administración de este tipo de compuestos en áreas naturales.

Seguidamente, se presenta “Redacción de textos para publicaciones científicas” de María Eugenia Acosta, quien ofrece un conjunto de recomendaciones para la redacción de textos científicos con miras a su aprobación por publicaciones especializadas. Este trabajo representa un aporte a la formación de los profesionales de investigación y a la ampliación del conocimiento científico en espacios editoriales.

Así mismo se presenta “Importancia del uso de rúbricas en la evaluación de cursos en línea”, de Carlos González, donde se explican las características de las rúbricas de evaluación y su importancia en la optimización de los cursos en línea como experiencia educativa. Con ello, se realiza un aporte al conocimiento sobre el diseño, desarrollo e implementación de cursos en línea, herramienta que se posicionó en los últimos tiempos como alternativa de formación.

A continuación se ofrece el ensayo “Derecho de la mujer a una vida sin violencia en Nueva Esparta”, de María Guerra, quien plantea un conjunto de propuestas para que los consejos comunales contribuyan a garantizar los derechos de las mujeres a través de su participación activa. Este ensayo ayuda a difundir el conocimiento sobre la prevención, seguimiento y denuncia de los

casos de violencia, y plantea alternativas para motivar la participación ciudadana en este campo.

Finalmente se presenta el trabajo “Metaverso: más allá de la realidad inmersiva”, donde Jesús Erazo y Pablo Sulbarán exponen las características del metaverso como confluencia de diferentes tecnologías, y plantean criterios para evaluar su origen, lugar e impacto en la sociedad. De esta manera, se ofrece una mirada crítica al metaverso, una categoría que se encuentra firmemente arraigada en prácticas de mercadeo.

En la sección **Reseña**, Daniel Quintero expone una lectura del libro “Humanidades Digitales: La cultura frente a las nuevas tecnologías”, de Dominique Vinck, quien aborda diferentes aristas de la digitalización del patrimonio cultural y sus consecuencias para las disciplinas humanísticas. Y la sección **Boletín**, atendida por Yennifer Ramírez, completa esta edición con una síntesis informativa sobre las acciones de varios entes científico-tecnológicos venezolanos en el desarrollo de acciones por la salud y la industria.

Para cerrar este espacio se invita al público a participar en la Revista Conocimiento Libre y Licenciamiento, sea como autores, evaluadores o divulgadores del conocimiento que aquí se ofrece, orientado a tantos y diversos contextos de importancia para la vida en común.

Santiago Roca
Comité Editorial

Artículos sobre la Creación de Conocimiento



La flexibilidad cognitiva en el estudiante hacia el aprendizaje de las matemáticas

Cognitive flexibility in the student towards learning mathematics

Yohan Godoy ¹

Yusmery González ²

Liceo José Antonio Abreu, Trujillo, Venezuela¹

Zona Educativa, Trujillo, Venezuela²

johannsmat@gmail.com¹

yusmerygo25@gmail.com²

Fecha de recepción: 10/03/2022

Fecha de aceptación: 30/05/2022

Pág: 2 – 17

Resumen

Este trabajo ofrece una experiencia didáctica para el aprendizaje de las matemáticas en un entorno lúdico, donde se pone de manifiesto el razonamiento para la toma de decisiones. En este propósito, se establece un argumento conceptualizado en la abducción como modo de razonamiento, el cual se ha empleado comúnmente en la investigación científica. La acción pedagógica estuvo centrada en el aprendizaje basado en juego en el aula de clase de matemática a través del juego Sokoban. Para esta investigación se propuso reflexionar en la ludificación como factor que estimula cognitivamente al estudiantado en edades comprendidas entre doce (12) y dieciséis (16) años, que adicionalmente ayudaría con el desarrollo del pensamiento matemático en el aula.

Palabras clave: juego educativo, matemáticas, razonamiento, toma de decisiones.



Esta obra está bajo licencia CC BY-NC-SA 4.0.

Abstract

This work offers a didactic experience for learning mathematics in a playful environment, where reasoning for decision making is highlighted. In this purpose, an argument conceptualized in abduction as a mode of reasoning, which has been commonly employed in scientific research, is established. The pedagogical action was centered on game-based learning in the mathematics classroom through the Sokoban game. For this research, it was proposed to reflect on gamification as a factor that cognitively stimulates students between the ages of twelve (12) and sixteen (16), which would additionally help with the development of mathematical thinking in the classroom.

Key words: decision-making, educational game, mathematics, reasoning.

Introducción

En nuestra cotidianidad, es muy usual interactuar con juegos de mesas, rompecabezas matemáticos, entre otros que atraen la atención de los niños y jóvenes para su resolución. La teoría de juegos se encarga de estudiar el comportamiento que dos sujetos o más, de forma estratégica, plantean para buscar la solución a un problema o enigma. Uno de los principales representantes de la teoría de juegos es el matemático húngaro John Von Neumann (1903-1957) quien conjuntamente con el matemático austriaco Oskar Morgenstern (1902-1977) diseñó un modelo para estudiar el comportamiento competitivo llamado la teoría de juegos; es decir, para estudiar las relaciones humanas, dividiendo dicha teoría en dos líneas: juegos cooperativos (de coalición) y no cooperativos (estratégicos). Dentro del tipo de juegos existen los juegos unipersonales, bipersonales y multipersonales donde los jugadores deben llevar a cabo un proceso de decisión Nieto (1996).

En nuestra era digital, la tecnología cada vez más constituye una parte fundamental en la vida de los jóvenes, abriendo un mundo de posibilidades educativas tanto para los padres como los docentes. Para estos últimos, junto con la ludificación, han resultado motivadoras y dinamizadoras en cualquier área de formación, hasta el punto de que pedagogos y educadores hayan considerado introducir dicha herramienta para iniciar o desarrollar sus clases, con el fin de obtener un mejor rendimiento y participación del estudiantado. En particular, un estudio realizado en España, durante las décadas de los años 80 y 90 afirma que “una serie de profesores comienzan a investigar más profundamente en el desarrollo del juego matemático” (Muñoz et al., 2019, p. 33).

En este contexto, se presenta un modo de razonamiento llamado abductivo¹ del que se pretende dar a conocer con mayor profundidad, tanto en sus características como influencia en la toma de decisiones. Este tipo de razonamiento tiene que ver mucho con la experiencia del sujeto, de los hechos observables, el cual se acomoda mucho al proceso de pensamiento en el momento de resolver un problema de tipo heurístico o al buscar la solución a un enigma Godoy (2019).

En los marcos de las observaciones anteriores, el propósito de este trabajo es reflexionar en la ludificación como factor que estimula cognitivamente al estudiantado en edades comprendidas entre doce (12) y dieciséis (16) años, para observar el desarrollo del pensamiento matemático en el aula. Lo que se desea en el estudiantado, es la obtención de los mismos beneficios (mayor atención y concentración, pensamiento lógico - creativo, destrezas cognitivas, razonamiento) de un jugador de ajedrez (o de cualquier juego estratégico); puesto que estudios han demostrado que los jugadores de clubes de ajedrez en su mayoría se posicionan por encima de la media en sus resultados académicos, optando por estudiar carreras técnicas, de ingeniería y ciencias exactas Godoy et al. (2019).

La ludificación como recurso pedagógico

La educación con la ludificación ha adquirido una mayor connotación, permitiendo que el estudiantado de forma emotiva y amena participe de una manera singular en el proceso de aprendizaje. Para algunos autores, la ludificación propicia elementos emergentes en el aula para motivar y desarrollar contenidos con la participación activa del estudiantado, según Villalustre y del Moral (2015). La ludificación transforma los esquemas propios del juego en una herramienta para el aprendizaje, atrayendo toda la atención de los juegos en un contexto no lúdico, que integra todas sus normas y toma de decisiones (mecánica del juego) para facilitar la adquisición de un conocimiento. Generalmente, la ludificación es:

la aplicación de mecánicas de juego a situaciones que en principio no son lúdicas, como puede ser el proceso enseñanza-aprendizaje y ha demostrado ser útil aumentando la motivación y reduciendo el estrés, debido fundamentalmente a que es un proceso divertido y suele proporcionar un feedback inmediato. (Cardona y Atarés, 2018, p. 626).

En la teoría de juegos o también llamada la toma interactiva de decisiones no tiene cabida la intuición, de acuerdo con Contreras et al. (2002); puesto que el jugador debe ser capaz de aplicar estratégicamente un modo de razonamiento que le proporcione un grado de confianza

¹Término acuñado por el filósofo, lógico y científico Charles Sanders Peirce (1839-1914), que se conoce mayormente por su concepción triádica del signo, y también realizó importantes contribuciones a la lógica deductiva.

en cada de una de las decisiones favorables para su jugada. En conformidad con Barcena (2008), en la toma interactiva de decisiones, se deben considerar algunos factores como: ganancias o pagos, mantener un número de posibles soluciones y poseer información del juego para plantear estrategias ganadoras.

De algún modo, la ludificación requiere de dichos factores para entablar una negociación en un juego con uno o varios jugadores que son conscientes de su comportamiento racional, por lo cual, deben los jugadores configurar un plan para dar con la solución del problema. En todo juego, es primordial contar con las reglas del juego, porque permite mantener la disciplina y desarrollo de la actividad.

En todo caso, el juego es parte de la niñez y adolescencia, que, al someterlo al proceso de la ludificación, hacen que la mecánica del juego sea un aporte beneficioso para el aprendizaje a través de entornos digitales, interactivos u otros. Hasta ahora, se han mencionado las bondades que ofrece la ludificación al proceso de aprendizaje, sin embargo, es necesario mencionar el rol del docente ludificador; ya que la persona facilitadora debe ser capaz de conocer, manejar los entornos digitales, las herramientas tecnológicas y poseer un conocimiento en la especialidad para desarrollar la flexibilidad cognitiva en el estudiantado.

Estimulación de la flexibilidad cognitiva en el aula

En un entorno didáctico, se puede encontrar una variedad de estudiantes con diferentes contextos y necesidades, donde sus capacidades de interacción divergen en el proceso de enseñanza y aprendizaje. Con estas condiciones cognitivas es necesario responder con múltiples perspectivas, ya que la persona facilitadora no esperaría que el estudiantado modifique sus conductas para obtener un mejor rendimiento en el aula, sino más bien apelaría al modo de procesamiento de la información de todo ser humano mediado por algunos procesos “que intervienen en la regulación del comportamiento, la emoción y la cognición en pos del logro de metas” (Stelzer et al., 2020, p. 255).

Con referencia a lo anterior, la Teoría de la Flexibilidad Cognitiva confirma que, en el proceso de regulación del comportamiento, el sujeto: “necesita de diferentes representaciones e interpretaciones para que se produzcan aprendizajes complejos. Los sujetos que reciben conocimientos desde la flexibilidad cognitiva son capaces de solucionar problemas como respuesta adaptativa a los cambios que se producen en una determinada situación” (Nó y Ortega, 1999, p. 4). En tanto que, el estudiantado con pocas habilidades cognitivas o desatención emocional en el momento de la clase, la flexibilidad cognitiva puede proveer de un recurso mediado por representaciones e interpretaciones que facilitan una mayor claridad y comprensión del mensaje que trasmite la persona facilitadora en el aula de clase. Estas

representaciones se transforman en un recurso semiótico² que permite al sujeto obtener una mejor lectura de la realidad o de su contexto.

El discurso matemático está lleno de simbolismo tanto de elementos ostensivos como no ostensivos, que se combinan para la construcción del conocimiento disciplinar valiéndose de recursos lingüísticos y semióticos (gráficos, esquemas, ecuaciones, manipulación de objetos, mapas, entre otros). El juego también está dotado de recursos semióticos para construir un metadiscurso, que ofrece al jugador un mundo de posibilidades para afrontar su problema-realidad (de entender un tema).

El aprendizaje basado en juegos

La aplicación del Aprendizaje Basado en Juegos (sus siglas en inglés GBL - Game Based Learning) conlleva a una administración del tiempo ocioso de los niños y adolescentes, sea en un computador o smartphone, a un enfoque más educativo y productivo. Sus orígenes se remontan a distintos lugares de Europa y Asia, a partir de los años 80 con la innovación tecnológica, surgen los primeros videojuegos en formato digital, donde uno de ellos se creó con enfoques educativos llamado Tetris. Ya para los 90, el mercado de videojuegos siguió creciendo, incluyendo en su repertorio juegos no educativos de tipo arcade, simulación, entre otros.

Actualmente, según resultados estadísticos de una encuesta realizada por Common Sense Media, asegura que el 50 % de los adolescentes admiten sentirse adictos a un dispositivo móvil o videojuego. Sin embargo, si consideramos los beneficios básicos que un adolescente adquiere con el manejo de dichos dispositivos, propiamente facilitaría un acercamiento a la informática y a su vez ganaría habilidades que le ayude a independizarse y a mirar más allá de sí mismos. Aunque el uso de diversas tecnologías puede presentar graves amenazas, al mismo tiempo las herramientas digitales pueden flexibilizar la interacción y comunicación en un proceso de aprendizaje, mediada a partir de atractivas actividades, convirtiéndose en algo productivo según Gómez et al. (2004).

Es aquí, donde el GBL, incentiva a la niñez y adolescencia a crear espacios de aprendizajes, para divertirse y también equivocarse, aun así, adquieren un conocimiento. Algunos autores se han preguntado sobre el aporte de los videojuegos en el ámbito educativo y han declarado que: “los juegos tienen un potencial educativo importante y su valor no es sólo de motivación, sino que a través del juego se puede aprender a aprender, se pueden desarrollar destrezas, habilidades, estrategias y relaciones interpersonales” (Alfageme y Sánchez, 2002, p. 115).

²Puesto que dichas representaciones e interpretaciones surgen de los juegos, cabe señalar que (Gee, 2004) hace mención en su libro sobre los videojuegos como un campo semiótico o un ámbito de signos que representan distintos significados.

Asimismo, filósofos y divulgadores científicos como Martín Gardner³ (1914-2010) han aportado significativamente grandes estrategias para este fin, llegando a expresar la importancia de la confección de sencillos juegos y acertijos matemáticos “que sólo requirieran el más elemental conocimiento de matemática, pero que al mismo tiempo proporcionaran una mirada estimulante a los niveles más altos del pensamiento matemático” (Gardner, 1988, p. 7).

El videojuego Sokoban es un juego de estrategia que tiene su origen en Japón, que actualmente está gozando de popularidad en las redes sociales e Internet. Una de las bondades que ofrece dicho juego tiene que ver con la toma de decisiones, la cual le permite resolver los problemas planteados (Shapiro, 1995). En el momento que el jugador está resolviendo el juego, debe cumplir con una serie de etapas para la toma de decisiones: primero definir el problema, luego analizar la información, establecer posibles soluciones, tomar la decisión y finalmente ejecutar la decisión tomada.

Este mismo proceder, en la solución del problema del juego Sokoban, es el que debe ejecutar el estudiante al momento de resolver un problema matemático de tipo heurístico⁴. Haciendo referencia al método de resolución de problemas propuesto por George Polya (1887-1985) sintetizado en cuatro (4) pasos fundamentales: primero comprender el problema, luego concebir un plan, ejecutar ese plan y finalmente verificar el resultado (Polya, 1965). Entonces, básicamente, el sujeto al resolver un problema, define el problema en términos más sencillos, analiza y establece sus propias conjeturas, las aplica y finalmente lo valida.

El razonamiento abductivo como estrategia para la toma de decisiones

Ciertamente, los procesos lógicos mayoritariamente usados en la Ciencia son la inducción y deducción. Sin embargo, la abducción actualmente ha ganado importantes espacios en la investigación científica y en la resolución de problemas de tipo heurísticos. Aunque, no parte de primicias o axiomas conocidos, se vale de los hechos observables, que exigen ciertas razones o conocimientos desde la lógica de la situación empírica o abstracta, para establecer una teoría en términos de hipótesis o conjeturas bien realizadas; que, si se comprueba su veracidad, representarían la verdad o realidad de los hechos (Godoy, 2019). En términos lúdicos, este tipo de razonamiento crea un escenario para modelar la conducta del jugador para establecer criterios de una duda razonable en posibilidad de abducción.

En lo concerniente a la matemática, el razonamiento abductivo permite que el sujeto

³Conocido principalmente por su columna de juegos matemáticos en la revista Scientific American, que escribió desde 1956 hasta mediados de los 80, y su influencia llegó hasta convertir a miles de niños en matemáticos y viceversa.

⁴Uno de los primeros autores en adoptar el término heurística fue George Polya, describiéndola como el arte de la resolución de problemas.

desarrolle un pensamiento lógico-creativo, el cual se apoya en conjeturas bien realizadas según el enfoque peirciano⁵. Algunos estudios han recomendado en que se adapte al estudiantado este tipo de razonamiento, “el cual les permitirá crear nuevas ideas, cercanas a la realidad, cuyas conclusiones no son simples inferencias sino el producto de un nuevo conocimiento” (Godoy, 2019, p. 422).

Bajo todo razonamiento, es importante considerar el argumento y su tesis. De acuerdo al Modelo de Toulmin (1958), toda argumentación se puede representar a través de un diagrama que lleva su nombre. Dicho modelo consta de dato (D), afirmación (A), garantía (G), respaldo (R) y refutaciones (M). De forma gráfica, se muestra el modelo completo de Toulmin (Ver Figura 1).



Figura 1: Diagrama de Toulmin.

Fuente: Toulmin (1958).

En términos de un razonamiento abductivo, los elementos que lo conforman quedarían establecidos según Lozano (2015) de la siguiente manera, a través del Diagrama de Toulmin (Ver Figura 2):

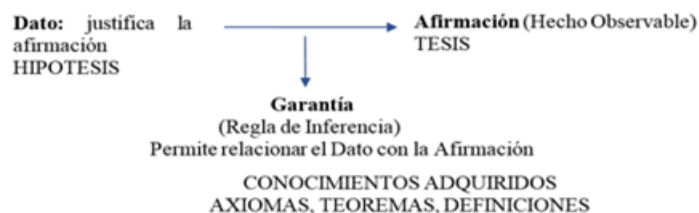


Figura 2: Adaptación del diagrama de Toulmin de un argumento abductivo.

Fuente: Lozano (2015).

⁵Para Charles Sanders Peirce, realizar conjeturas bien realizadas, implicaba sopesar la razón con los hechos, para luego validar dichas conjeturas para así escoger la más competente y cercana a la verdad.

En las mismas palabras de Lozano (2015), ha expresado que:

En un razonamiento abductivo, dada una aseveración o hecho observable, se debe encontrar el dato que justifica o da evidencia a tal afirmación. En este caso, la garantía (formulada implícitamente en gran número de ocasiones) es el sustento teórico (o hecho geométrico) que permite esa relación. El equivalente utilizando la terminología de la prueba deductiva o de la demostración es: Dada una Tesis (lo que se quiere demostrar) es necesario encontrar la Hipótesis (lo que se supone) puesto que hay un Teorema u axioma (conocimiento teórico o hecho geométrico) que justifica esa relación. (p. 6).

Para este tipo de razonamiento, es importante dejar muy claro, el argumento y la tesis porque su uso no es similar para la inducción o deducción. Se debe recordar que la conclusión se afirma con un “tal vez” o “quizá”, porque depende de los principios o axiomas empleados para su justificación. Lo interesante de este silogismo es que el estudiantado puede encontrar una variedad de soluciones a un problema, pero con la tarea de encontrar la más cercana a la realidad o hechos observables. En el juego Sokoban, el estudiante puede lograr mover y ubicar la(s) caja(s) del almacén donde lo indique el juego, sin embargo, la clave está en escoger el camino más corto, el cual le genere la mínima cantidad de movimientos para tal fin.

Método

Para este artículo se empleará una técnica muy común en la investigación científica como lo es la observación, la cual se ha empleado de forma sistemática para captar la realidad objetiva en un entorno social. Su propósito es permitir al investigador familiarizarse o compenetrarse con un determinado fenómeno, describir cosas, determinar relaciones o asociaciones entre variables y contrastar hipótesis de acuerdo con Selltiz et al. (1980).

Participantes del estudio

Investigador principal / Observador: Es una persona facilitadora de Secundaria de treinta y ocho (38) años de edad, masculino con once (11) años de experiencia en el campo educacional y con trayectoria en trabajos de investigación en el área de matemática. Se ha inclinado mucho en innovar en la enseñanza de las matemáticas y sus diferentes prácticas a nivel universitario.

Estudiantado: Diez (10) jóvenes entre doce (12) y dieciséis (16) años de edad tanto masculinos como femeninos con una diversidad de motivaciones a nivel familiar y educacional, que pertenecen a grupos organizados como musicales, religiosos, deportivos, entre otros.

Observador: Una persona facilitadora del área de matemática de nivel secundaria con tendencia religiosa y muy dedicada a su trabajo en el aula. Labora en el Liceo “José Antonio

Abreu”, una institución pública perteneciente al Ministerio del Poder Popular para la Educación (MPPE) (2015) en el nivel de Educación Media General.

Diseño de la investigación

El presente estudio está soportado por la observación científica que según Selltiz et al. (1980) es planificada de forma sistemática, controlada y relacionada con proposiciones generales, donde el investigador recoge los datos observacionales en un ambiente determinado de antemano. Con dichos datos se realizará un análisis cuantitativo, mediante el índice de validez de contenido y los estadísticos de Kappa de Cohen, todo obedeciendo a una investigación descriptiva, puesto que “no hay manipulación de variables, éstas se observan y se describen tal como se presentan en su ambiente natural...” (Cortés y Álvarez, 2017, p. 52).

Para tal fin, se empleó una lista de control como documento fundamental para registrar todas las eventualidades en función de cada categoría, en un Encuentro de Socialización de Saberes promovido por el MPPE llamado “Reto Estudiantil de Matemáticas 2020-2021” según el (Ministerio del Poder Popular para la Educación (MPPE), 2015). El objetivo de los retos es generar prácticas pedagógicas innovadoras, que despierten el interés y el amor por las matemáticas; destacando que la actividad estaba asociada a la línea de investigación “Herramienta de la Matemática para la toma de decisiones”. El modelo de la lista de control, tiene como propósito monitorear las acciones del estudiantado al momento de participar en el juego Sokoban, la cual se muestra en la Figura 3.

Estudiante: _____					Edad: ____	Docente/Observador: _____					Fecha: _____
Bajo					Alto					Observación	
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	Comprueba mentalmente que alternativa es la más adecuada, antes de actuar, a través del ensayo y el error	
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	Busca ayuda cuando no puede conseguir la solución del enigma	
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	Se desamina muy rápido para resolver los problemas	
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	Muestra interés por el juego	
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	Intenta ayudar a su compañero para la solución de un problema	
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	Repite los mismos movimientos que realizó su compañero anteriormente	
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	Busca nuevas alternativas en la solución de problema	
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	Expresa de forma natural sus sentimientos al conseguir la solución del problema	
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	Mantiene un orden en los movimientos ejecutados en cada jugada	
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	Precisa muy bien su atención y concentración durante el juego	
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	Es consciente de las normas y las reglas del juego, y las respeta	
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	Se muestra como una persona sana y sin molestias corporales	

Figura 3: Modelo de control.

Fuente: Elaboración propia.

Dicho instrumento de investigación para la recolección de datos se aplicó a una muestra de 10 estudiantes en tres días consecutivos, donde el investigador se involucra dentro del desarrollo de la actividad, el cual es plenamente aceptado y que su presencia no afecta en los resultados

obtenidos. Finalmente se procederá a la elaboración de los resultados y sus interpretaciones, con base en las siguientes categorías de análisis: Actitud e interés en el juego, interacciones sociales relacionadas con las conductas verbales y no verbales, el razonamiento lógico empleado para la toma de decisiones.

Resultados y Discusión

Validez del Contenido

Para conocer la capacidad que tiene el instrumento elaborado para su posterior medición de los datos observacionales, se procedió a utilizar el coeficiente Kappa de Cohen (k), el cual permite estimar hasta qué punto dos o más observadores coinciden en su medición.

$$k = \frac{P_o - P_e}{1 - P_e} \quad (1)$$

Puesto que, P_o es la proporción de acuerdos observados y P_e es la proporción de acuerdos esperados por azar. Según Hernández (2002), los criterios de confiabilidad del coeficiente Kappa de Cohen se establece de la siguiente manera: Excelente ($0,76 \leq k \leq 1$), satisfactorio ($0,41 \leq k \leq 0,75$) e insatisfactorio ($-1 \leq k \leq 0,40$).

A continuación, se aprecian los datos registrados en cada uno de las observaciones realizada por los docentes de forma independiente, los cuales emplearon por cada estudiante 30 minutos de observación, concentrándose en su actitud, postura, gestos y expresiones verbales (Ver Tabla 1).

Luego de aplicar el instrumento a cada uno de los estudiantes, se procedió a calcular cada una de los coeficientes de kappa de Cohen por cada estudiante, que según la siguiente tabla N° 2, la mayor fuerza de concordancia obtenida fue con el estudiante 9 y la más baja sería con el estudiante 2.

Tabla 1: Registro de datos de cada observador aplicado a un estudiante

Observador 1	Apreciación	Observador 2	Apreciación
Item 1	3	Item 1	3
Item 2	3	Item 2	4
Item 3	4	Item 3	5
Item 4	5	Item 4	5
Item 5	3	Item 5	3
Item 6	4	Item 6	5
Item 7	3	Item 7	4
Item 8	4	Item 8	4
Item 9	4	Item 9	3
Item 10	3	Item 10	3
Item 11	5	Item 11	4
Item 12	5	Item 12	5

Fuente: Elaboración propia (2022).

Tabla 2: Obtención del coeficiente de kappa de Cohen por cada estudiante

Estudiante	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
k, Inter observadores	0,56	0,43	0,77	0,75	0,55	0,83	0,58	0,76	0,81	0,75

Fuente: Elaboración propia (2022).

En general, el instrumento elaborado se consigue satisfactoriamente aceptado para su posterior análisis según los resultados obtenidos. Cabe destacar que los estudiantes en ambientes abiertos donde los demás compañeros los observan, tienden a dar una mayor impresión en cada acción ejecutada y tienden a exigirse mucho más en aspectos cognitivos como en la rapidez de sus pensamientos. Algunos estudiantes mostraban algunos signos de desaprobación al ejecutar un movimiento que no estaba dentro de su razonamiento lógico-creativo, puesto que reiniciaban nuevamente la jugada para conseguir mejores resultados. Una observación particular fuera del juego es que los estudiantes participantes después de culminar la actividad, la persona facilitadora de matemática que tenía a cargo a uno de ellos en sus clases de matemática, observaba en ellos, una mayor atención en sus clases (se mostraba más interesado).

Los resultados anteriormente mencionados, han mostrado que cuando un jugador se somete a un público en general, éste adopta una capacidad de exigencia que lo lleva al límite, que puede elevarlo psicológicamente a un nivel más alto de lo normal. Este tipo de proceder se asemeja cuando un estudiante se exige mucho para la resolución de un problema, sea para resolverlo

en la pizarra o contestando un examen práctico de ejercicios. Cuando los jugadores cambiaban de estrategia al ver que no les funcionaba la anterior, adoptaban el mismo algoritmo que en un flujograma, es decir, en la toma de decisiones la correcta se asemeja a la que proporciona una lógica de sentido que le permita mostrar el camino correcto para ganar la jugada. Sin duda alguna, este tipo de acciones, llevan al sujeto a encarar situaciones reales en sus vidas, donde deben rediseñar sus pensamientos para tomar las mejores decisiones en sus vidas, aun en circunstancias adversas o bajo presión temporal.

Elaboración y aplicación del recurso didáctico

Considerando que la actividad tuvo como propósito emplear prácticas pedagógicas innovadoras donde los estudiantes experimenten un interés y acercamiento hacia las matemáticas, se procedió a reproducir con material concreto, un juego llamado Sokoban; un clásico de rompecabezas que principalmente fue implementado en los videojuegos con una infinidad de niveles y ambientes, pudiéndose jugar en línea por Internet, como se muestra en la Figura 4.



Figura 4: Captura del juego Sokoban en línea.

Fuente: <https://xtremeretro.com/sokoban-2>

Para llevar a cabo la confección del juego, se debe disponer de los siguientes materiales: una lámina de papel bond, marcadores permanentes, lápiz, regla graduada en cm, anime, cortadora de anime, tijera de punta redonda. Luego de contar con los materiales, se procede a realizar un tablero de cartón formado por una cuadrícula de 7x7 y con recuadros de 16 cm^2 cada uno, como lo indica la siguiente figura (Ver Figura 5).

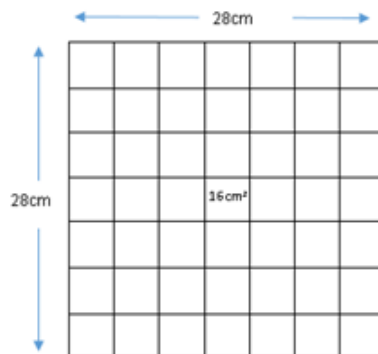


Figura 5: Distribución del tablero de cartón con sus respectivas dimensiones.
Fuente: Elaboración propia.

Las fichas se hacen a partir de unos cubos de anime, los cuales se pintan para representar bloques, cajas y el jugador. Por último, deben recortar pequeñas esferas de color rojo que representaría el lugar donde deben ubicar la(s) caja(s). A continuación, se presentan los diferentes niveles de dificultad del juego, como se muestra en la siguiente figura (Ver Figura 6):

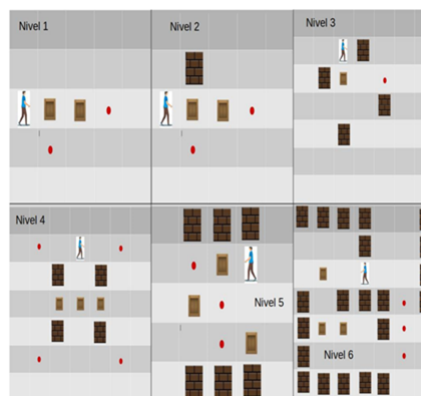


Figura 6: Niveles de dificultad del juego Sokoban.
Fuente: Elaboración propia.

Este es un juego estratégico de tipo unipersonal con descripción completa de sus reglas y uso absoluto de la memoria. Su racionalidad radica en realizar decisiones acertadas para evitar errores de forma continua. Sokoban en japonés significa “encargado del almacén”, el juego fue creado en 1980 por Hiroyuki Imabayashi, y tiene como objetivo empujar la(s) caja(s) hasta el lugar indicado, teniendo como reglas las siguientes proposiciones: Ubicar las cajas en los puntos indicados, no se pueden mover dos cajas al mismo tiempo, el jugador puede ejecutar un movimiento a la vez, el jugador pasa al siguiente nivel (siempre y cuando complete el

anterior) y el ganador del juego será aquél que complete los niveles con la mínima cantidad de movimientos ejecutados.

El juego Sokoban busca como todo juego serio, mostrar su incidencia “en la pedagogía al evidenciar cómo esta técnica permite acelerar el aprendizaje” (Camacho y Rojas, 2018). En cada secuencia didáctica, la persona facilitadora de matemática buscará la participación y atención del estudiantado con el juego Sokoban, el cual debe dibujar el nivel del juego en la pizarra que corresponda. Es decir, para la primera clase debe comenzar con el primer nivel, para la próxima clase con el segundo nivel y así sucesivamente. Al tener completamente dibujado el nivel del juego en la pizarra, debe explicar las reglas del juego y sus características, de manera que el estudiantado comprenda lo que deben hacer en el juego. Se estima que el docente, para el primer encuentro invierta 15 minutos de su tiempo, y luego para los próximos encuentros será menos, porque ya no debe explicar las reglas y sus características.

En el momento del desarrollo de la clase, la persona facilitadora de matemática introduce su tema a estudiar según la temática, pero con un estudiantado estimulado cognitivamente para comprender el tema (sin obstáculos cognitivos). Es decir, se busca garantizar un estudiantado ideal en el aula de clases de matemática, el cual logra argumentar sus ideas con una mayor seguridad, planteando conjeturas bien realizadas (Trujillo y Castro, 2007). Mientras mayor participación tenga el estudiantado en el aula de matemática, mejor será para la persona facilitadora interactuar y conocer sus dudas. Esto proporcionaría un feedback inmediato en el proceso de aprendizaje, haciendo que el acto didáctico⁶ se cumpla a cabalidad.

Conclusiones

La experiencia adquirida en la aplicación de este juego en el aula de matemática, ayuda en alguna medida a mejorar la capacidad de manipular-verbalizar-abstraer del estudiantado. Lo más importante, es que favorece el interés por conocer y descubrir el abordaje teórico desarrollado en clase, lo que representa un proceso vital en la construcción de su aprendizaje y transformación de sus experiencias no solo educativa sino social, permitiéndoles alcanzar cada vez más sus competencias.

La clase de matemática, grupo de recreación o club de matemática mediada a través del juego de Sokoban, colmaría al estudiantado de habilidades y destrezas para el razonamiento. Este juego estructurado, ayudaría al trabajo colaborativo para el aprendizaje, a la toma de decisiones en situaciones reales, a desarrollar la autodisciplina de los participantes, puesto que deben cumplir con reglas para jugar.

⁶El acto didáctico plantea una dialéctica-discursiva entre la persona facilitadora y el estudiantado con la finalidad de concretar el proceso de enseñanza y aprendizaje.

Entonces, ¿Cuál fue el papel de la flexibilidad cognitiva? Porque de acuerdo con los resultados obtenidos en las observaciones, se pudo constatar que los participantes se adaptaron de un entorno lúdico a un entorno didáctico, con las condiciones dadas para una interacción docente – estudiante activo y participativo. Esto corrobora como la flexibilidad cognitiva ayuda a engranar el proceso cognitivo del participante, activando la imaginación y la creatividad para plantear soluciones a diversos problemas de tipo heurístico.

Si la tecnología está cambiando la forma como percibimos el mundo, es ahora donde el rol del docente tiene que facilitar estrategias y técnicas que puedan proveer al estudiantado herramientas para sus aprendizajes. Es preciso profundizar sobre este tema, donde la neurociencia está implementando resultados importantes de la cognición abductiva para el estudio del procesamiento de la información y del pensamiento creativo. Estos hallazgos se pueden extender también al razonamiento automático utilizado en las ciencias de la computación con el objetivo de hacer razonar los programas informáticos por sí mismos llamado sistema de argumentación computacional.

Referencias

- Alfageme, B. y Sánchez, P. (2002). Aprendiendo habilidades con videojuegos. *Revista Comunicar*, (19), 114-119.
- Barcena, J. (2008). *Aproximación a las Ciencias Sociales desde la Teoría de Juegos*. Sarriko-On. Universidad del País Vasco.
- Camacho, S. y Rojas, M. (2018). Diseño de un juego serio para enseñar indicadores orientados a objetivos: RUMMICATORS. *Espacios*, 39(15), 10-25. <https://www.revistaespacios.com/a18v39n15/a18v39n15p10.pdf>
- Cardona, F. y Atarés, L. (2018). Ludificación (gamification) y exámenes on-line como elemento dinamizador y motivador del estudio. *NNODOCT. Polytechnic University of Valencia Congress*, 625-636.
- Contreras, F., Aldo, N., Peralta, G., Sandmann, F. y Simunic, M. (2002). Teoría de Juegos. *Investigación Operativa*. Universidad Tecnológica Nacional, Argentina. <http://www1.frm.utn.edu.ar/ioperativa/TJuegos.pdf>
- Cortés, G. y Álvarez, S. (2017). *Manual de redacción de tesis jurídicas* (Amate, Ed.).
- Gardner, M. (1988). *Matemática para divertirse* (E. J. Granica, Ed.).
- Gee, J. (2004). *Lo que nos enseñan los videojuegos sobre el aprendizaje y el alfabetismo* (J. M. Pomares, Trad.) Ediciones Aljibe.
- Godoy, Y. (2019). Sherlock Holmes y el razonamiento abductivo: Una mirada semiótica al discurso científico. *Revista Científica*, 4(14), 411-425.

- Godoy, Y., Daboin, F. y González, Y. (2019). Ajedrez como ciencia, arte y deporte: un enfoque transdisciplinar en la enseñanza y aprendizaje de la matemática. *Revista Electrónica Quimera*, 3(2), 7-12.
- Gómez, M., Gómez, P. y González, P. (2004). Aprendizaje Basado en Juegos. *Revista de Comunicación y tecnología emergentes*, 2(2).
- Hernández, R. (2002). *Contributions to Statistical Analysis* (U. de Los Andes, Ed.).
- Lozano, D. (2015). *Argumentación abductiva y prueba en problemas de geometría analítica utilizando Geogebra* (Cinvestav, Ed.).
- Ministerio del Poder Popular para la Educación (MPPE). (2015). *Proceso de cambio curricular en Educación Media*.
- Muñoz, J., Hans, J. y Fernández, A. (2019). Gamificación en matemáticas, ¿un nuevo enfoque o una nueva palabra? *Épsilon – Revista de Educación Matemática*, (101), 29-45.
- Nieto, J. (1996). *Teoría Combinatoria* (LUZ, Ed.).
- Nó, J. y Ortega, S. (1999). La teoría de la flexibilidad cognitiva y su aplicación a los entornos hipermedia. En V. d. R. I. y. E. C. Universidad de Sevilla (Ed.), *Eduotec '99. Nuevas tecnologías en la formación flexible y a distancia*.
- Polya, G. (1965). *How to solve it*. Princeton University Press (Traducción: *Cómo plantear y resolver problemas*, de Julián Zagazagoitia (E. Trillas, Ed.)).
- Selltiz, C., Wrightsman, L. y Cook, S. (1980). *Métodos de Investigación en las Relaciones Sociales* (Rialp, Ed.).
- Shapiro, P. (1995). El valor educativo de los rompezaberas Sokoban. [Mensaje en un blog]. <https://www.his.com/~pshapiro/about.ss.html>
- Stelzer, F., Canet, L., Andrés, M., Vernucci, S. y Richards, M. (2020). Estudio preliminar de confiabilidad y validez convergente y predictiva de la escala “Brief-2 Familia” para la medición de la memoria de trabajo, inhibición y flexibilidad en niños de Argentina. Actas de Resúmenes de la XVII Reunión Nacional y VI Encuentro Internacional de la Asociación Argentina de Ciencias del Comportamiento RACC.
- Toulmin, S. (1958). *The uses of argument* (C. U. Press, Ed.).
- Trujillo, M. y Castro, N. (2007). Obstáculos cognitivos en el aprendizaje del concepto de función con la mediación de la calculadora graficadora. *Revista de Investigación*, 2(7), 223-233.
- Villalustre, L. y del Moral, M. (2015). Gamificación: Estrategia para optimizar el proceso de aprendizaje y la adquisición de competencias en contextos universitarios. *Digital Education Review*, (27), 13-31.

Dos variantes del modelo SEIR para describir la Covid-19

Two variants of the SEIR model to describe the Covid-19

Raúl Isea ¹

Fundación IDEA, Baruta, Venezuela¹
raul.isea@gmail.com¹

Fecha de recepción: 27/03/2022

Fecha de aceptación: 25/05/2022

Pág: 18 – 33

Resumen

Se plantean dos variantes del tipo compartimental basadas en un esquema del tipo Susceptible-Expuesto-Infectado-Recuperado (SEIR) para describir la dinámica de contagio por la Covid-19 en Venezuela. Se analizan dichas variantes tanto analítica como numéricamente. Las dos variantes planteadas en el trabajo reproducen el registro de casos infectados en Venezuela a diferencia del modelo tradicional.

Palabras clave: Covid-19, dinámica de contagio, SARS-CoV-2, SEIR, Venezuela.

Abstract

Two variants are proposed based on a scheme of the type Susceptible-Exposed-Infected-Recovered (SEIR) to describe the dynamics spread of Covid-19 in Venezuela. These models are analyzed both analytically and numerically. The two variants proposed in the work reproduce the cumulative number of confirmed cases in Venezuela.

Key words: Covid-19, dynamics spread, SARS-CoV-2, SEIR, Venezuela.



Esta obra está bajo licencia CC BY-NC-SA 4.0.

Introducción

Un síndrome grave respiratorio de etiología desconocida proveniente en Wuhan (provincia de Hubei) en China fue notificada a la Organización Mundial de la Salud (OMS) en diciembre de 2019, y posteriormente se indicó que es un β -Coronavirus tras secuenciarlo los primeros días de enero de 2020 (L. Chen et al., 2020). Originalmente lo denominaron 2019-nCoV, pero transcurrido un mes se rebautizó como Síndrome Respiratorio Agudo Severo del tipo 2 (conocido mejor por sus siglas en inglés como SARS-CoV-2), y la enfermedad transmitida es denominada Covid-19.

La OMS lo declarará un problema de emergencia en salud pública internacional a poco más de un mes de ser notificada (30 de enero de 2020) por el incremento exponencial de casos, hasta que el 11 de marzo es una pandemia (Biao y Xia, 2020). Hasta la fecha se han contagiado 488.405.398 millones de personas y superan los 6 millones de muertos de acuerdo al registro realizado por la Universidad Johns Hopkins hasta el 31 de marzo de 2022.

Recordemos que la Covid-19 es el tercer episodio de contagio por Coronavirus que afronta la humanidad. El primer incidente fue conocido como SARS-CoV-1, originándose en la provincia de Cantón en China donde se confirmaron más de ocho mil casos con un poco menos de ochocientos fallecidos en 2002 (afectando 29 países hasta enero de 2004) (S. Chen et al., 2006). El segundo episodio comenzó en junio de 2012 en Arabia Saudita, razón por la cual fue nombrado MERS-CoV (siglas que significan Middle East Respiratory Syndrome) llegándose a contabilizar 2.494 casos en 27 países hasta noviembre de 2018 (Cotten et al., 2013).

De hecho, todos los continentes han notificado incidentes por esta enfermedad, incluyendo la Antártida cuando comunicó un brote en el centro de investigación chileno ubicado en la base General Bernardo O'Higgins el 21 de diciembre de 2020 (Frame y Hemmings, 2020).

Tras observar los incidentes registrados en el mundo, se aprecia que no existe una distribución uniforme de los casos por la Covid-19, y para visualizar este último comentario, a modo de ejemplo, consideremos los casos notificados en Venezuela y China hasta el 31 de marzo de 2022. En Venezuela se han registrado 520.373 casos, mientras que en China se contabilizaron 227.998 de acuerdo a los registros de la Universidad John Hopkins.

Tras visualizar los brotes epidémicos acontecidos en ambos países con ayuda del cálculo de la mantisa, se aprecia cuán contagioso fueron los brotes iniciales en ambos países, y sobre todo, la duración de los mismos que se van incrementando con el tiempo (detalles en Isea (2020d); Isea (2020c); Isea (2020a); Isea (2022)). Recordemos que el cálculo de la mantisa solo requiere el registro diario de casos por la Covid-19. Más aún, reciente se puntualizó que dicho cálculo se puede asociar como una tasa de infección dando una idea general de la severidad y durabilidad en dichos brotes epidémicos.

Por lo que es necesario desarrollar modelos matemáticos que nos permitan monitorear, predecir y sobre todo, diseñar políticas públicas que permitan controlar y finalmente erradicar la Covid-19 en el mundo. En tal sentido, se han desarrollado múltiples modelos matemáticos (algunos ejemplos Ahmad et al. (2020); Isea y Lonngren (2015); Isea (2020b); Isea (2020e)). Sin embargo, la mayoría de ellos se centran en particularizar la dinámica de contagio en países puntuales. Por ello, se desarrolla y se analiza tanto analítica como numéricamente dos variantes basadas en un modelo compartimental del tipo Susceptible-Expuesto-Infectado-Recuperado (abreviado como SEIR) que se validará originalmente con el registro de los casos acumulados en Venezuela, y en un futuro inmediato, se analizarán en el mundo gracias al diseño e implementación de flujos de trabajo bajo la filosofía de computación Grid (Isea et al. (2009); Isea et al. (2015)).

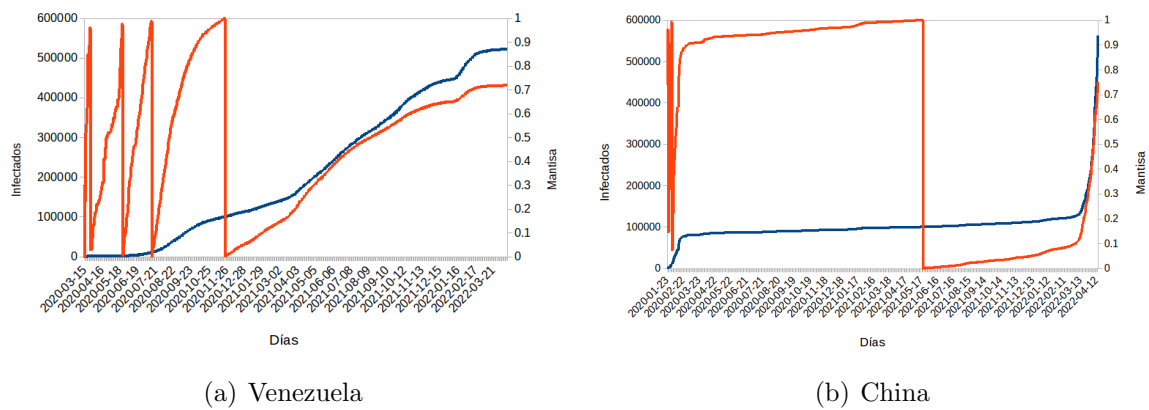


Figura 1: Cálculo de la mantisa (naranja) y el registro acumulado diario de los casos por Covid-19 (azul) desde el primer incidente registrado ocurrido en (a) Venezuela y (b) China

Fuente: detalles de los cálculos en Isea et al. (2009); Isea et al. (2015).

Modelos matemáticos

Las dos variantes que se proponen en el trabajo están basadas en el modelo del tipo Susceptible- Expuesto-Infectado-Recuperado (Piccirillo, 2021). Recordemos que este modelo consta de cuatro compartimientos dónde la población (generalmente abreviado como N) se divide de la siguiente manera:

- $S(t)$ representa la población susceptible que puede contraer la enfermedad.
- $E(t)$ corresponde con la población expuesta al virus, pero aún no están infectadas por Covid-19.

- $I(t)$ son las personas que están infectadas por el virus, y finalmente,
- $R(t)$ aquellas que se han recuperado del contagio.

Este modelo está basado en las siguientes suposiciones:

- La población permanece constante en el tiempo y es igual a $N = S(t) + E(t) + I(t) + R(t)$.
- Existe una mezcla homogénea de la población, y todos se enferman al mismo tiempo.
- La población susceptible a contraer la enfermedad decrece monótonamente en el tiempo.
- No existe distinción entre las personas infectadas que presentan o no síntomas.
- La tasa de mortalidad es la misma para toda la población, independientemente de la edad. Asimismo, se considera un valor fijo de la tasa media de fallecidos en el modelo.
- Todas las personas están expuestas inmediatamente al virus, y no existe inmunidad innata.
- Todas las personas se recuperan en el mismo período de tiempo.
- No se considera la propagación del virus en el medio ambiente.
- Las personas recuperadas no pueden volverse a contagiar por la Covid-19.

Por lo dicho anteriormente, las cuatro ecuaciones diferenciales que describen la dinámica de contagio por la Covid-19 son las siguientes:

$$\begin{aligned}\frac{dS(t)}{dt} &= \Lambda_P - \beta_P E(t)S(t) - \mu S(t) \\ \frac{dE(t)}{dt} &= \beta_P E(t)S(t) - (w_P + \mu)E(t) \\ \frac{dI(t)}{dt} &= w_P E(t) - (\kappa_P + \mu)I(t) \\ \frac{dR(t)}{dt} &= \kappa_P I(t) - \mu R(t)\end{aligned}$$

donde las constantes se definen más adelante.

En la figura 2 se visualiza el diagrama donde se observa el modelo clásico que describe la propagación de la Covid-19, donde Λ_P y μ son las tasas de nacimientos y de fallecidos, respectivamente (más adelante se indican más detalles en la definición de los parámetros descritos en la figura).

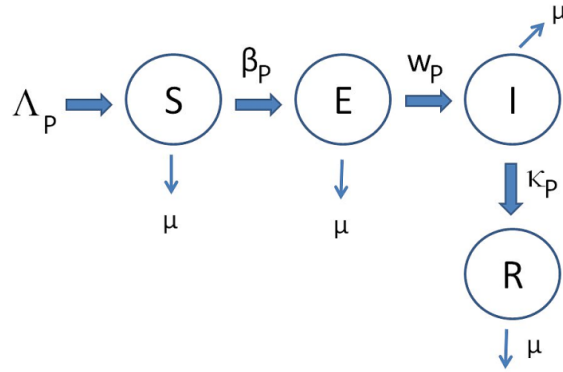


Figura 2: Esquema del modelo clásico SEIR que describe la dinámica de contagio por la Covid-19.

Fuente: Elaboración propia (2022)

En vista que el modelo considera que las personas no pueden volverse a contagiar, y teniendo presente que $R(t) = N - I(t) - S(t) - E(t)$, es posible reducir el sistema a solo tres ecuaciones diferenciales descritas de la siguiente manera (este modelo será denominado el modelo Clásico):

$$\frac{d}{dt}S(t) = \Lambda_P - \beta_P E(t)S(t) - \mu S(t) \quad (1.1)$$

$$\frac{d}{dt}E(t) = \beta_P E(t)S(t) - (w_P + \mu)E(t) \quad (1.2)$$

$$\frac{d}{dt}I(t) = w_P E(t) - (\kappa_P + \mu)I(t) \quad (1.3)$$

donde Λ_P representa tanto la tasa de nacimientos como de migración, por lo que dicho valor se debe obtener a partir del registro de casos de un país tras un ajuste por mínimos cuadrados. El valor β_P es la tasa de contagios por contacto, y el mismo se debe calcular para cada país. El valor μ es la tasa de muerte natural, el cual es un valor fijo en todos los países, igual a 0,01667 (correspondiente a una vida media de 60 años). Aquí w_P es la tasa de contagios provenientes de las personas expuestas, mientras que κ_P es la tasa proveniente de las personas infectadas (ambas constantes deben determinarse por ajustes de mínimos cuadrados). Todas las constantes indicadas deben ser positivas.

En vista de ello, se proponen y se analizan dos variantes de este modelo. La primera se denominará Variante 1, donde se considera un factor de corrección para describir la población expuesta que será directamente proporcional a la tasa de contagio β_P , mientras que la segunda variante (llamada Variante 2) considera además dos tasas diferentes para cuantificar las personas infectadas provenientes del grupo expuesto y el de las personas infectadas, como se explicará en la próxima sección.

Variante 1

Esta variante considera una perturbación puntual (cuantificada con la letra d) en la proporción de personas expuestas al virus, y además se contabiliza de la siguiente manera:

$$\frac{d}{dt}S(t) = \Lambda_P - [\beta_P E(t) + d]S(t) - \mu S(t) \quad (2.1)$$

$$\frac{d}{dt}E(t) = \beta_P E(t)S(t) - (w_P + \mu)E(t) \quad (2.2)$$

$$\frac{d}{dt}I(t) = w_P E(t) - (\kappa_P + \mu)I(t) \quad (2.3)$$

Donde se ha resaltado en color rojo las diferencias con el modelo tradicional para su fácil identificación.

Variante 2

Considera la misma modificación anterior, y adicionalmente toma en cuenta que las tasas de contagios provenientes de la población expuesta e infectadas son diferentes entre sí, es decir:

$$\frac{d}{dt}S(t) = \Lambda_P - [\beta_P E(t) + d]S(t) - \mu S(t) \quad (3.1)$$

$$\frac{d}{dt}E(t) = \beta_P E(t)S(t) - (w_P + \mu)E(t) \quad (3.2)$$

$$\frac{d}{dt}I(t) = \eta_P E(t) - (\kappa_P + \mu)I(t) \quad (3.3)$$

Curiosamente, al realizar una búsqueda de los modelos matemáticos publicados en la literatura científica, una vez terminado los cálculos en el presente trabajo, se encontró un modelo publicado por Youssef et al. (2020) similar a la segunda variante sin explicar las razones del mismo.

En la próxima sección se realizan los análisis de los modelos matemáticos para determinar las condiciones de equilibrio, y posteriormente se realizará un estudio numérico para corroborar los mismos, empleando para ello, los registros de los casos acontecidos en Venezuela desde el 28 de enero de 2022 hasta el 10 de abril de 2022.

Análisis matemático

El primer paso es determinar los puntos de equilibrio o puntos críticos (abreviado como PC). Este procedimiento ha sido descrito en anteriores trabajos publicados en la literatura científica (Isea y Lonngren (2013b); Isea y Lonngren (2013a); Isea y Mayo-Garcia (2013); Isea y Lonngren (2015); Isea (2018)), donde se hace cero cada una de las expresiones de las ecuaciones diferenciales, razón por la cual las coordenadas suelen representarse con un asterisco para su fácil identificación (S^* , E^* , I^*).

Es necesario definir una nomenclatura para identificar los resultados y evitar confusiones con los resultados, tal que se utilizará un superíndice para indicar el modelo que se estudia, es decir, 1, 2 y 3 correspondientes al modelo Clásico SEIR, y las dos variantes etiquetadas como 1 y 2, respectivamente; mientras que las distintas soluciones encontradas en cada modelo se enumeran con un subíndice. Por ejemplo, PC_2^1 corresponde al segundo punto crítico obtenido en el primer modelo.

A modo de ejemplo, se calculan los puntos de equilibrio de la Variante 2, y dicho procedimiento es idéntico al resto de los modelos. Para ello, es necesario igualar a cero las ecuaciones diferenciales, de manera que tenemos:

$$\begin{aligned}\Lambda_P - [\beta_P E^* + d]S^* - \mu S^* &= 0 \\ \beta_P E^* S^* - (w_P + \mu)E^* &= 0 \\ \eta_P E^* - (\kappa_P + \mu)I^* &= 0\end{aligned}$$

donde se ha suprimido la dependencia del tiempo por comodidad en el manejo de las ecuaciones.

El primer punto de equilibrio se determina cuando no hay casos infectados ($I^* = 0$), conocido como el punto de equilibrio libre de enfermedad, mientras que el segundo punto ocurre cuando circula el virus ($I^* \neq 0$), razón por la cual es denominado punto endémico.

En el caso que $I^* = 0$, es decir, no está presente el virus en la población, entonces tampoco puede existir alguna persona expuesta al virus, y por ende $E^* = 0$. Solo resta deducir la expresión para S^* la cual se obtiene de la ecuación (3.1), tal que:

$$\Lambda_P - (d + \mu)S^* = 0 \implies S^* = \frac{\Lambda_P}{d + \mu}$$

Por lo que:

$$PC_1^3 : \left[S^* = \frac{\Lambda_P}{d + \mu}, E^* = 0, I^* = 0 \right]$$

El punto de equilibrio endémico, es decir cuando $I^* \neq 0$, implica que deben existir personas que estarán expuestas al virus, de manera que partimos de la ecuación (3.3) e igualamos a cero la misma, obteniendo:

$$\eta_P E^* - (\kappa_P + \mu) I^* = 0 \implies E^* = \frac{(\kappa_P + \mu) I^*}{\eta_P} \quad (4)$$

En paralelo, cuando se hace cero la ecuación (3.2), se obtiene una expresión para S^* :

$$\beta_P E^* S^* - (w_P + \mu) E^* = 0 \implies S^* = \frac{(w_P + \mu)}{\beta_P} \quad (5)$$

Al reemplazar las ecuaciones (4) y (5) en la ecuación (3.1), e igualando a cero, obtenemos lo siguiente:

$$\begin{aligned} \Lambda_P - [\beta_P E + d] S - \mu S &= 0 \\ \implies \Lambda_P - \left[\beta_P \left(\frac{(\kappa_P + \mu) I^*}{\eta_P} \right) + d \right] \frac{(w_P + \mu)}{\beta_P} - \mu \left(\frac{w_P + \mu}{\beta_P} \right) &= 0 \end{aligned}$$

Tras realizar algunas manipulaciones algebraicas, se deduce la expresión para I^* , obtenido:

$$I^* = \frac{\eta_P}{\kappa_P + \mu} E^*$$

Por lo que:

$$PC_2^3 : \left[S^* = \frac{w_P + \mu}{\beta_P}, E^* = \frac{\Lambda_P - (\mu + d) S^*}{w_P + \mu}, I^* = \frac{\eta_P}{\kappa_P + \mu} E^* \right]$$

En la Tabla 1 se indican todos los valores obtenidos de los puntos de equilibrio en los tres modelos estudiados en el trabajo.

Tabla 1: Los puntos críticos o de equilibrio calculados para cada uno de los modelos propuestos en el trabajo identificados con la letra i .

Modelo		PC_1^i	PC_2^i
$i = 1$	Clásico SEIR	$S^* = \frac{\Lambda_P}{\mu}, E^* = 0, I^* = 0$	$S^* = \frac{w_P + \mu}{\beta_P}, E^* = \frac{\Lambda_P - \mu S^*}{w_P + \mu}, I^* = \frac{w_P E^*}{\kappa_P + \mu}$
$i = 2$	Variante 1	$S^* = \frac{\Lambda_P}{\mu + d}, E^* = 0, I^* = 0$	$S^* = \frac{w_P + \mu}{\beta_P}, E^* = \frac{\Lambda_P - (d + \mu) S^*}{\beta_P S^*}, I^* = \frac{w_P E^*}{\kappa_P + \mu}$
$i = 3$	Variante 2	$S^* = \frac{\Lambda_P}{\mu + d}, E^* = 0, I^* = 0$	$S^* = \frac{w_P + \mu}{\beta_P}, E^* = \frac{\Lambda_P - (\mu + d) S^*}{\beta_P S^*}, I^* = \frac{\eta_P}{\kappa_P + \mu} E^*$

Fuente: Elaboración propia (2022).

El próximo paso es calcular los autovalores que nos permitirán conocer las condiciones de equilibrio en dichos puntos de equilibrio, es decir, si es o no estable. Para realizar ello, es

necesario calcular la matriz Jacobiana (J) para cada modelo, y evaluarlo posteriormente en dicha posición. La matriz Jacobiana evaluada en el PC^1 se identifica como J_1 , mientras que para el segundo punto se representa como J_2 .

A modo de ejemplo, la matriz Jacobiana de la Variante 1 es igual a:

$$J = \begin{pmatrix} -(\beta_P E + d + u) & -\beta_P S & 0 \\ \beta_P E & \beta_P S - (w_P + \mu) & 0 \\ 0 & w_P & -(\kappa_P + \mu) \end{pmatrix}$$

Al evaluar la matriz J en el primer punto crítico obtenido en la Variante 1 (ver Tabla 2) se obtiene:

$$J_1 \equiv J|_{PC^1} = \begin{pmatrix} -\mu - d & -\frac{\beta_P \Lambda_P}{d+\mu} & 0 \\ 0 & \frac{\beta_P \Lambda_P}{d+\mu} - (w_P + \mu) & 0 \\ 0 & w_P & -(\kappa_P + \mu) \end{pmatrix}$$

El resto de los resultados están indicados en la Tabla 2.

Tabla 2: El resultado tras evaluar la matriz Jacobiana en el punto crítico 1 (J_1) y el segundo punto crítico (J_2) para cada uno de los modelos considerados en el trabajo.

Modelo	J_1	J_2
Clásico SEIR	$\begin{pmatrix} -\mu & -\frac{\beta_P \Lambda_P}{d+\mu} & 0 \\ 0 & \frac{\beta_P \Lambda_P}{\mu} - (w_P + \mu) & 0 \\ 0 & w_P & -(\kappa_P + \mu) \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} -\frac{\beta_P \Lambda_P}{w_P + \mu} & -(w_P + \mu) & 0 \\ \frac{\beta_P \Lambda_P - (w_P + \mu)\mu}{w_P + \mu} & 0 & 0 \\ 0 & w_P & -(\kappa_P + \mu) \end{pmatrix}$
Variante 1	$\begin{pmatrix} -\mu - d & -\frac{\beta_P \Lambda_P}{d+\mu} & 0 \\ 0 & \frac{\beta_P \Lambda_P}{d+\mu} - (w_P + \mu) & 0 \\ 0 & w_P & -(\kappa_P + \mu) \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} -\frac{\beta_P \Lambda_P}{w_P + \mu} & -(w_P + \mu) & 0 \\ \frac{\beta_P \Lambda_P - (w_P + \mu)(d+\mu)}{w_P + \mu} & 0 & 0 \\ 0 & \eta & -(\kappa_P + \mu) \end{pmatrix}$

Fuente: Elaboración propia (2022).

A partir de dicho cálculo es posible determinar la ecuación característica la cual se van a derivar las expresiones analíticas de los autovalores para cada uno de los modelos, y dichos resultados se indican en la Tabla 3.

Finalmente, al igualar a cero cada una de las ecuaciones indicadas en la tabla 3, es fácil obtener las expresiones de los autovalores, es decir:

Autovalores del modelo clásico

Se derivan tres expresiones de los autovalores tras una simple inspección en la tabla 4. Los autovalores para el primer punto crítico son:

$$\lambda_{11}^1 = -\mu; \lambda_{12}^1 = -\kappa_P - \mu; \lambda_{13}^1 = \frac{\beta_P \Lambda_P - \mu(w_P + \mu)}{\mu}$$

Tabla 3: Ecuación característica para cada uno de los modelos considerados en el trabajo.

Modelo	Ecuación característica deducida para el PC_i	
Clásico SEIR	PC_1^1	$(\lambda + \kappa_P + \mu)(\lambda + \mu) \left(\frac{\beta_P \Lambda_P}{\mu} - \lambda - (w_P + \mu) \right)$
	PC_2^1	$\frac{(\kappa_P + \mu + \lambda)(w_P + \mu)[(w_P + \mu)\mu - \beta_P \Lambda_P]}{w_P + \mu} - \lambda \left(\frac{\beta_P \Lambda_P}{w_P + \mu} + \lambda \right) (\kappa_P + \mu + \lambda)$
Variante 1	PC_1^2	$(\lambda + \kappa_P + \mu)(\lambda + d + \mu) \left(\frac{\beta_P \Lambda_P - \lambda(d + \mu) - (w_P + \mu)(d + \mu)}{\mu + d} \right)$
	PC_2^2	$\frac{(\kappa_P + \mu + \lambda)[(w_P + \mu)(d + \mu) - \beta_P \Lambda_P]}{w_P + \mu} - \lambda \left(\frac{\beta_P \Lambda_P}{w_P + \mu} + \lambda \right) (\kappa_P + \mu + \lambda)$
Variante 2	PC_1^3	$(\lambda + \kappa_P + \mu)(\lambda + d + \mu) \left(\frac{\beta_P \Lambda_P - \lambda(d + \mu) - (w_P + \mu)(d + \mu)}{\mu + d} \right)$
	PC_2^3	$\frac{(\kappa_P + \mu + \lambda)(w_P + \mu)[(w_P + \mu)(d + \mu) - \beta_P \Lambda_P]}{w_P + \mu} - \lambda \left(\frac{\beta_P \Lambda_P}{w_P + \mu} + \lambda \right) (\kappa_P + \mu + \lambda)$

Fuente: Elaboración propia (2022).

Los dos primeros autovalores no dan información relevante. El último valor, λ_{13}^1 , nos permite deducir una condición de equilibrio que se alcanza cuando $\beta_P \Lambda_P < \mu(w_P + \mu)$, para que dicho término sea negativo.

Los autovalores para el segundo punto crítico son:

$$\begin{aligned}\lambda_{21}^1 &= -(\kappa_P + \mu) \\ \lambda_{22}^1 &= -\frac{\beta_P \Lambda_P + 2(w_P + \mu)\sqrt{\mu(w_P + \mu) - \beta_P \Lambda_P}}{2(w_P + \mu)} \\ \lambda_{23}^1 &= \frac{2(w_P + \mu)\sqrt{\mu(w_P + \mu) - \beta_P \Lambda_P} - \beta_P \Lambda_P}{2(w_P + \mu)}\end{aligned}$$

donde el primer autovalor no da información relevante. En vista de la presencia de raíces, es posible que las soluciones sean números complejos.

Autovalores de la variante 1

Reproduciendo el mismo procedimiento descrito anterior, tenemos tres diferentes autovalores tales que anulan la ecuación característica para el primer punto crítico:

$$\begin{aligned}\lambda_{11}^{V1} &= -\mu \\ \lambda_{12}^{V1} &= -(w_P + \mu) \\ \lambda_{13}^{V1} &= \frac{\beta_P \Lambda_P - (d + \mu)(w_P + \mu)}{d + \mu}\end{aligned}$$

Para que este valor sea estable, se debería cumplir que $(d + \mu)(w_P + \mu) > \beta_P \Lambda_P$, mientras que los dos primeros autovalores no aportan nada de información.

Los autovalores para el segundo punto crítico son:

$$\begin{aligned}\lambda_{21}^{V1} &= -\frac{\beta_P \Lambda_P + 2(w_P + \mu)\sqrt{(w_P + \mu)(d + \mu)} - \beta_P \Lambda_P}{2(w_P + \mu)} \\ \lambda_{22}^{V2} &= \frac{2(w_P + \mu)\sqrt{(w_P + \mu)(d + \mu)} - \beta_P \Lambda_P - \beta_P \Lambda_P}{2(w_P + \mu)} \\ \lambda_{23}^{V1} &= -(\kappa_P + \mu)\end{aligned}$$

El último autovalor siempre será negativo, y por ende no aporta información relevante.

Autovalores de la variante 2

Finalmente, las expresiones analíticas de los autovalores de la variante 2 son los siguientes:

Para el primer punto crítico:

$$\begin{aligned}\lambda_{11}^{V2} &= -\mu - d \\ \lambda_{12}^{V2} &= -(\kappa_P + \mu) \\ \lambda_{13}^{V2} &= \frac{\beta_P \Lambda_P - (d + \mu)(w_P + \mu)}{d + \mu}\end{aligned}$$

Para que este valor sea estable, se debería cumplir que $(d + \mu)(w_P + \mu) > \beta_P \Lambda_P$, mientras que los dos primeros autovalores no aportan nada de información.

Los autovalores para el segundo punto crítico son:

$$\begin{aligned}\lambda_{21}^{V2} &= -\frac{\beta_P \Lambda_P + 2(w_P + \mu)\sqrt{(w_P + \mu)(d + \mu)} - \beta_P \Lambda_P}{2(w_P + \mu)} \\ \lambda_{22}^{V2} &= \frac{2(w_P + \mu)\sqrt{(w_P + \mu)(d + \mu)} - \beta_P \Lambda_P - \beta_P \Lambda_P}{2(w_P + \mu)} \\ \lambda_{23}^{V2} &= -(\kappa_P + \mu)\end{aligned}$$

El último autovalor siempre será negativo, y por ende no aporta información relevante.

Cálculos numéricos

Se procedió a realizar un ajuste por mínimos cuadrados para determinar los valores de los parámetros empleados en los tres modelos matemáticos descritos en el presente trabajo, tal que los ajustes se realizan con el mismo conjunto de casos acontecidos en Venezuela.

Recordemos que el ajuste por mínimos cuadrados se realiza cuando se minimiza una función definida como χ , donde se calculan las diferencias de los valores obtenidos de los resultados derivados del modelo matemático, simbolizado como $f(x_n)$, con respecto a los datos registrados por la Covid-19, y dichos datos son abreviados como y_n ; es decir, se minimiza la siguiente función (Virtanen et al., 2020):

$$\chi^2 = \sum_{n=1}^N \left(\frac{y_n - f(x_n)}{\sigma^2} \right)^2$$

donde n es el número de valores observados que se van a ajustar con el modelo. Para ello, se realizó un programa escrito en Python para minimizar la expresión de χ empleando para ello las librerías desarrolladas en SciPy (Rokem, 2018; Virtanen et al., 2020), tal que la función χ debería ser menor o igual a 10^{-7} , que nos indica la calidad del ajuste realizado.

En la Tabla 4 se indican los distintos valores de los parámetros obtenidos del sistema de ecuaciones, y a partir de ellos se evaluarán las posiciones de equilibrio. Es de esperar que las posiciones críticas sean similares, pero ello no ocurre como se aprecia en la Tabla 5.

Tabla 4: Valores de los parámetros obtenidos tras un ajuste por mínimos cuadrados en cada uno de los modelos del trabajo, donde la población de Venezuela (N) es un valor fijo e igual a 28.704.947. El valor de μ es igual a 0.017. El valor final del ajuste obtenido es R^2 .

Modelo	β_P	Λ_P	η	d	w_P	κ_P	R^2
Clásico	0.877	0.035			1.649	0.188	0.9763
Variante 1	2.105	0.507		1.003	1.016	0.326	0.9862
Variante 2	1.923	0.892	1.124	0.656	2.452	0.033	0.9968

Fuente: Elaboración propia (2022).

Tabla 5: Valores numéricos obtenidos tras evaluar las expresiones de los puntos de equilibrio así como los autovalores de acuerdo a los valores indicados en la Tabla 4.

Modelo	PC^1	PC^2	Autovalores PC^1			Autovalores PC^2		
Clásico	[2.12, 0, 0]	[1.90, 0.02, 0.02]	0.197	-0.204	-0.017	-0.009*	-0.009*	-0.204
Variante 1	[0.50, 0, 0]	[0.49, 0.01, 0.02]	0.013	-1.020	-0.343	-1.019	-0.014	-0.343
Variante 2	[1.32, 0, 0]	[1.28, 0.01, 0.25]	0.077	-0.049	-0.673	-0.610	-0.009	-0.005

El asterisco (*) significa que el resultado es la parte real de un número complejo.

Fuente: Elaboración propia (2022).

De la Tabla 5 se observa que los autovalores obtenidos para el primer punto crítico son todos ellos inestables. Para el segundo punto crítico es estable el sistema como se evidencia

en las dos variantes, con excepción del modelo Clásico, cuya solución es un número complejo (solo se indica la parte real).

Finalmente, la figura 3 se muestra el campo de direcciones y algunas curvas isóclinas donde se observan las soluciones de dicho sistema de ecuaciones tras los datos obtenidos en la Tabla 4, tanto para el modelo Clásico (A), así como la Variante 2 (B). Dicha figura se comprueba efectivamente que los valores obtenidos en el primer caso es una espiral en vista que la solución es compleja, mientras que la Variante 2 es un punto de equilibrio estable, cuando se visualiza la trayectoria en color rojo.

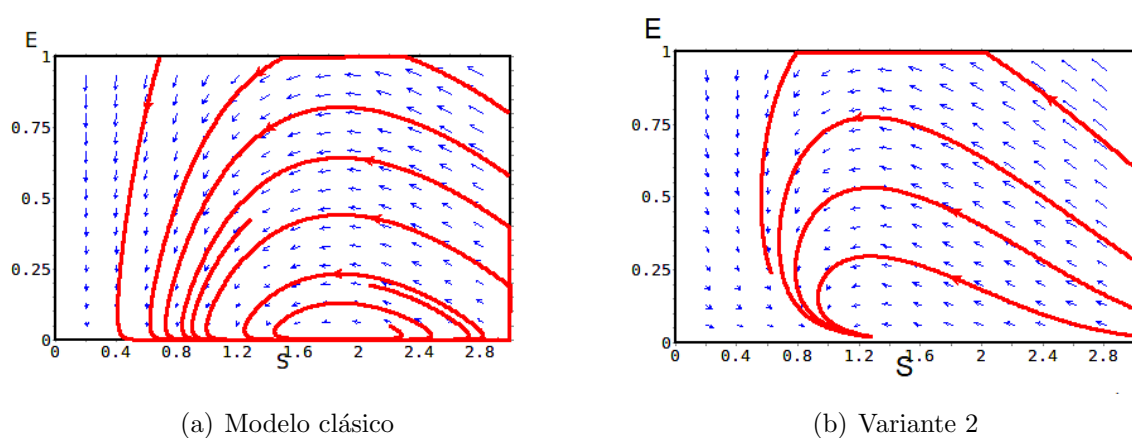


Figura 3: El campo de direcciones y algunas curvas isóclinas para (A) el modelo clásico y el obtenido con (B) la Variante 2.

Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

El presente trabajo presenta dos variantes del tipo Susceptible-Expuesto-Infectado-Recuperado (SEIR). Se analizaron tanto analítica como numéricamente de acuerdo al registro de los casos por la Covid-19 en un mismo país. Como se aprecia en los resultados, las dos variantes poseen un excelente ajuste en los resultados (R^2 superior al 98 %). Solo resta realizar estudios de análisis de sensibilidad para determinar la dependencia de los parámetros en los modelos descritos en el trabajo, antes de realizar un estudio que valide el modelo con el resto de los países del mundo.

Conflicto de intereses

El autor no indica conflicto de intereses.

Agradecimientos

El autor agradece los comentarios de los revisores de la revista. Asimismo, a Jesús Isea por la paciencia en leer y traducir el documento a \LaTeX .

Referencias

- Ahmad, Z., Arif, M., Ali, F., Khan, I. y Nissar, K. (2020). A report on Covid-19 in Pakistan using SEIR fractional model. *Scientific Reports*, 10(22268). doi.org/10.1038/s41598-020-79405-9
- Biao, T. y Xia, W. (2020). Estimation of the transmission risk of the 2019-nCoV and its implication for public health interventions. *Journal of Clinic Medicine*, 9(2), 468-479. <https://doi.org/10.3390/jcm9020462>
- Chen, L., Liu, W., Zhang, Q., Xu, K., Ye, G., Wu, W., Sun, Z., Liu, F., Wu, K., Zhong, B., Mei, Y., Zhang, W., Chen, Y., Li, Y., Shi, M., Lan, K. y Liu, L. (2020). RNA based mNGS approach identifies a novel human coronavirus from two individual pneumonia cases in 2019 Wuhan outbreak (eCollection 2020, Ed.). *Emerg Microbes Infect*, 9(1), 313-319. <https://doi.org/10.1080/22221751.2020.1725399>
- Chen, S., Luo, H., Chen, L., Chen, J., Shen, J., Zhu, W., Chen, K., Shen, X. y Jiang, H. (2006). An overall picture of SARS-CoV genome – encoded major proteins: structures, functions and drug development. *Current Pharmaceutical Design*, 12(35), 4539-4553. <https://doi.org/10.2174/138161206779010369>
- Cotten, M., Watson, S. y Memish, Z. (2013). Transmission and evolution of the Middle East respiratory syndrome coronavirus in Saudi Arabia: a descriptive genomic study. *The Lancet*, 382(9909), 1993-2002. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(13\)61887-5](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(13)61887-5)
- Frame, B. y Hemmings, A. (2020). Coronavirus at the end of the world: Antarctica matters. *Social Sciences amp; Humanities Open*, 2(1). <https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2020.100054>
- Isea, R. (2018). Analytical solutions for the initial steps of the intracellular dynamics of influenza a virus. *Acta Scientific Microbiology*, 1(6), 6-8. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03521013>
- Isea, R. (2020a). Characterizing the transmission dynamics of the cases registered by Covid-19 in Venezuela according to epidemic wave and the value of the Mantissa. *International Journal of Coronaviruses*, 2(2), 8-12. <https://doi.org/10.14302/issn.2692-1537.ijcv-20-3635>
- Isea, R. (2020b). La dinámica de transmisión del Covid-2019 desde una perspectiva matemática. *Revista Observador del Conocimiento*, 5(1), 13-19. <https://cvraulisea.files.wordpress.com/2020/05/isea-4.pdf>
- Isea, R. (2020c). A new graph to display the epidemic outbreak of Covid-19 in the World. *International Journal of Coronaviruses*, 1(4), 1-3. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03519470>

- Isea, R. (2020d). A quick look at the registered cases of Covid-19 throughout the world. *International Journal of Coronaviruses*, 1(3), 16-21. <https://doi.org/10.14302/issn.2692-1537.ijcv-20-3453>
- Isea, R. (2020e). Simulando la dinámica de transmisión de pacientes coinfectados con la Covid-19 y dengue. *Revista Observador del Conocimiento*, 5(3), 26-32. http://www.oncti.gob.ve/ojs/index.php/rev%5C_ODC/article/view/75
- Isea, R. (2022). What Could Represent the Mantissa of the Registered Covid-19 Cases? *International Journal of Coronavirus*, 3(2), 1-6. [10.14302/issn.2692-1537.ijcv-22-4108](https://doi.org/10.14302/issn.2692-1537.ijcv-22-4108)
- Isea, R. y Lonngren, K. (2013a). Epidemic modeling using data from the 2001-2002 measles outbreak in Venezuela. *Research – Reviews in BioSciences*, 7(1), 15-18. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03521072/document>
- Isea, R. y Lonngren, K. (2013b). On the mathematical interpretation of epidemics by Kermack and McKendrick. *General Mathematics Notes (GMN)*. https://www.emis.de/journals/GMN/yahoo%5C_site%5C_admin/assets/docs/6%5C_GMN-3602-V19N2.32210220.pdf
- Isea, R. y Lonngren, K. (2015). Mathematical analysis of the spreading of a rumor among different subgroups of spreaders. *Pure and Applied mathematical letters, An international Journal*. <https://arxiv.org/pdf/1607.05771.pdf>
- Isea, R. y Mayo-Garcia, R. (2013). Analysis of an SEIR-SEI four strain epidemic dengue model with primary and secondary infections. *Revista Electronica Conocimiento Libre y Licenciamento (CLIC)*, 7(5), 3. <https://convite.cenditel.gob.ve/revistaclic/index.php/revistaclic/article/view/528>
- Isea, R., Montes, E., Rubio-Montero, A. y Mayo, R. (2009). Computational Challenges on Grid Computing for Workflows Applied to Phylogeny. In: , et al. Distributed Computing, Artificial Intelligence, Bioinformatics, Soft Computing, and Ambient Assisted Living (H. Springer Berlin, Ed.) [IWANN 2009]. *Lecture Notes in Computer Science*, 5518. https://doi.org/10.1007/978-3-642-02481-8_171
- Isea, R., Montes, E., Rubio-Montero, A. y Mayo-Garcia, R. (2015). Challenges and characterization of a biological system on Grid by means of the PhyloGrid application. *ArXiv: 1502.06564*. <https://arxiv.org/abs/1502.06564>
- Piccirillo, V. (2021). Nonlinear control of infection spread based on a deterministic SEIR model. *Chaos, Solitons & Fractals*, 149(111051). [10.1016/j.chaos.2021.111051](https://doi.org/10.1016/j.chaos.2021.111051)
- Rokem, A. (2018). A short course about fitting models with the scipy.optimize module. *Journal of Open Source Education*, 1(2). <https://www.theoj.org/jose-papers/jose.00016/10.21105.jose.00016.pdf>
- Virtanen, P., Gommers, R., Oliphant, T., Haberland, M., Reddy, T., Cournapeau, D., Burovski, E., Peterson, P., Weckesser, W., Bright, J., Van der Walt, S., Brett, M., Wilson, J., Millman, K., Mayorov, N., Nelson, A., Jones, E. et al. (2020). SciPy 1.0: fundamental algorithms for scientific computing in Python. *Nature methods*, 17. <https://doi.org/10.1038/s41592-019-0686-2>
- Youssef, H., Alghamdi, N., Ezzat, M., El-Bary, A. y Shawky, A. (2020). A new dynamical modeling SEIR with global analysis applied to the real data of spreading Covid-19 in

Saudí Arabia. *Mathematical Biosciences and Engineering*, 17(6). <https://doi.org/10.3934/mbe.2020362>


Ensayos sobre la Creación de Conocimiento




Fotodegradación de pesticidas. Toxicidad en los sistemas acuáticos

Photodegradation of pesticides. Toxicity in aquatic systems

Franklin Vargas ¹

Tamara Zoltan ²

Yesica Torres ³

Beatriz Angulo ⁴

Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, Caracas, Venezuela.^{1,2,3}

PDVSA Intevep, Los Teques, Venezuela.⁴

vargas2212@gmail.com¹

tamarazoltan@gmail.com²

yesicatrrs@gmail.com³

angulobcs@gmail.com⁴

Fecha de recepción: 23/03/2022

Fecha de aceptación: 20/06/2022

Pág: 35 – 71

Resumen

La aparición de nuevos métodos fotoquímicos ha ofrecido una atractiva solución más eficiente a la mineralización completa de pesticidas en los principales medios ambientales. En esta revisión se estudian los diversos resultados basados en tratamientos fotoquímicos y procesos de oxidación de la fotodegradación de pesticidas. Se hace énfasis en los principios básicos de los métodos fotoquímicos usados, como también el análisis de su eficiencia de estos procesos para la disminución o eliminación de la toxicidad de los pesticidas en sistemas acuáticos.

Palabras clave: fotocatalisis, fotólisis, pesticidas, tratamiento de aguas residuales.



Esta obra está bajo licencia CC BY-NC-SA 4.0.

Abstract

The appearance of new photochemical methods has offered an attractive and more efficient solution to the complete mineralization of pesticides in the main environmental media. In this review, the various results based on photochemical treatments and oxidation processes of the photodegradation of pesticides are studied. Emphasis is placed on the basic principles of the photochemical methods used, as well as the analysis of the efficiency of these processes for the reduction or elimination of the toxicity of pesticides in aqueous systems.

Key words: photocatalysis, photolysis, pesticides, wastewater of treatment.

Introducción

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), existen más de mil (1000) productos químicos empleados para el control de plagas, durante el cultivo de alimentos. Los pesticidas aplicados sobre la siembra generalmente migran hacia los cuerpos de agua asociados al área geográfica, a través de la deriva del rociado y la escorrentía, manteniendo su integridad química y viajando miles de kilómetros o degradándose por hidrólisis, fotólisis y acción microbiana, todo esto, según su estructura química, las características del ambiente (geología, hidrología, clima) y biodisponibilidad. Los impactos ecotoxicológicos del pesticida y sus principales productos de degradación en los organismos acuáticos, generalmente se evalúan comparando su toxicidad potencial y las concentraciones ambientales (Kohler y Triebkorn, 2013).

En esta revisión bibliográfica se estudian los diversos resultados de trabajos basados en tratamientos fotoquímicos y procesos de oxidación de la fotodegradación de pesticidas, enfatizándose los principios básicos de los métodos fotoquímicos usados. Dirigiéndose el análisis de los resultados en la eficiencia de estos en la disminución o eliminación de pesticidas en sistemas acuáticos.

Desarrollo

Cuando la estructura química del pesticida es alterada notablemente por fotorreacciones de ciclado y reordenado, la toxicidad de sus fotoproductos es difícil de inferir, como lo ejemplifican los insecticidas de ciclodieno policlorado; para este caso los fotoproductos son menos tóxicos para los organismos acuáticos que sus promotores pesticidas, mientras que para el bifenazato vía oxidación de hidrazina, la fenhexamida vía ciclación, el fipronil vía oxidación/reducción de azufre o desulfonilación, el glifosato, vía clivaje C-P; los productos de degradación pueden presentar mayor toxicidad que el pesticida inalterado (Lambropoulou et al., 2010).

La fotólisis directa de un plaguicida procede a través de estados excitados en el medio ambiente cuando tiene una absorción > 290 nm, su longitud de onda umbral es la de la luz solar en la superficie de la Tierra. Es posible que se forme un fotoproducto con una estructura muy diferente a la del plaguicida original. En cambio, la reacción de un plaguicida con una especie reactiva de oxígeno (ROS) fotogenerada en fotólisis indirecta tiene lugar especialmente en agua natural que contiene materia orgánica disuelta (MOD) y/o NO_3^- , independientemente de su perfil de absorción. El radical hidroxilo más reactivo ($\cdot\text{OH}$) oxida un grupo alquilo y un anillo aromático de una manera relativamente no selectiva. El oxígeno singlete ($^1\text{O}_2$) reacciona con un resto insaturado rico en electrones para dar hidroperóxido, 1,2-dioxetano o endoperóxido, y también participa en la oxidación del azufre y la oxigenación de los heterociclos.

Los estados excitados de los pesticidas a través de la absorción directa de la luz pueden ser extinguidos por la MOD abundante en las aguas naturales y, al mismo tiempo, la MOD puede generar ROS, lo que provoca la oxidación de los pesticidas. Por lo tanto, la contribución de la fotólisis directa en agua natural expuesta a la radiación solar es limitada, siendo de interés solo para algunas clases de pesticidas, sin embargo; el conocimiento de la fotólisis directa es indispensable para evaluar la fotoquímica básica de los plaguicidas en el medio acuático.

En esta revisión, primero discutimos varios enfoques para investigar los mecanismos de reacción en la fotólisis directa. El comportamiento de la fotodegradación de los plaguicidas en el agua se ha examinado mediante un estudio de la literatura y los informes normativos teniendo en cuenta la radiación solar en la superficie terrestre. Los mecanismos propuestos para las reacciones típicas se discuten haciendo referencia a análisis espectroscópicos, teóricos y de productos, y luego se resume el alcance general de la fotólisis acuosa para cada clase de plaguicida y/o grupo funcional. Finalmente, se proporciona un resumen general, que incluye aspectos que deben tenerse en cuenta para desarrollar las vías de degradación de los plaguicidas en la fotólisis directa.

Con el fin de investigar el efecto de la luz solar sobre la persistencia y ecotoxicidad de los plaguicidas que contaminan el medio acuático, se expuso una serie de estos, en medio acuoso a la luz solar y a la radiación ultravioleta (UV) de 254, 302 o 365 nm (UV-C, UV-B o UV-A, respectivamente). La degradación de los plaguicidas se controló mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC y espectrofotometría UV-Vis). Las tasas de fotodegradación de los plaguicidas dependen tanto de la estructura química como de la longitud de onda de la exposición UV.

El ensayo de toxicidad utilizando la prueba de bacterias luminiscentes (ISO11348) indicó que la radiación UV redujo la toxicidad de algunos productos químicos para los organismos acuáticos al disminuir su cantidad (fotodegradación) y aumentó la toxicidad de otros al generar fotoproductos tóxicos (Arroyave y Garcés, 2006; Arroyave et al., 2011). Estos resultados indican la importancia de investigar no solo los compuestos originales, sino también los fotoproductos

en la evaluación de riesgos de los pesticidas en ambientes acuáticos.

En la actualidad, se encuentra en progreso la aplicación de los procesos avanzados de oxidación (PAO) por medios fotoquímicos, que se basan en tecnologías de destrucción de los contaminantes a través de sustancias químicas conocidas como radicales libres hidroxilos, los cuales tienen la propiedad de ser altamente oxidantes; dichos radicales reaccionan con el contaminante y lo transforman en compuestos inocuos al ambiente. La mayoría de los PAO pueden aplicarse a la remediación y destoxificación de aguas especiales (Garcés, 2005; Garcés et al., 2005), generalmente en pequeña o mediana escala. Los métodos pueden usarse solos o combinados entre ellos o con métodos convencionales, y pueden ser aplicados también a contaminantes del aire y el suelo.

Los pesticidas y su distribución

Un pesticida es cualquier sustancia o mezcla de sustancias dirigidas a destruir, prevenir, repeler o mitigar alguna plaga. El término pesticida se puede utilizar para designar compuestos que sean herbicidas, fungicidas, insecticidas, o algunas otras sustancias utilizadas para controlar plagas (Pérez y Merino, 2015).

Según su constitución química, los plaguicidas pueden clasificarse en varios grupos, los más importantes son: arsenicales, carbamatos, derivados de cumarina, derivados de úrea, dinitrocompuestos, organoclorados, organofosforados, organometálicos, piretroides, tiocarbamatos y triazinas.

Dado que los pesticidas afectan todas las matrices ambientales tales como aire, agua y suelo, las investigaciones en los últimos años han centrado su interés en observar ampliamente la presencia de residuos de plaguicidas y su impacto en diversos hábitats naturales. Se ha descrito de manera alarmante que la contaminación de pesticidas no es un problema limitado a una sola nación o continente, sino un fenómeno global. Asimismo, la concentración de muchos residuos de plaguicidas a menudo excede los niveles permisibles, aumentando los efectos nocivos sobre el medio ambiente.

Luo y colaboradores en el año 2004, describieron la presencia de pesticidas organoclorados (POC) en partículas en suspensión y en la fase disuelta de muestras de la columna de agua, recogidas del canal de Guangzhou del río Perla y el puerto de Macao, China (Luo et al., 2004). Del mismo modo, se han reportado residuos de plaguicidas en la cuenca del río Paranoá de Brasil (Caldas et al., 1999). En este sentido, en Venezuela fueron evaluados los efectos causados por algunos insecticidas sobre la entomofauna del tomate, en el noroeste del estado Zulia. Hay que señalar que estos plaguicidas generalmente tienden a concentrarse más hacia los sedimentos que en la superficie del agua (Z. Zhang et al., 2004).

En referencia al agua en Venezuela, se han descrito como principales fuentes de contaminación la degradación de diversas cuencas de los ríos Guaire y Tuy, lago de Valencia, valles de los ríos Tocuyo y Aroa, ríos Unare, Neverí, Manzanares, Guarapiche, Lago de Maracaibo entre otros (Rojas y Espinosa, 2015).

Es conocido que Venezuela figura entre los países que poseen más decretos sobre protección ambiental. Más de la mitad del territorio está bajo 15 figuras jurídicas de áreas protegidas. No obstante, al carecerse de mecanismos que hagan cumplir dichas normativas, más del 95 % de las aguas residuales (conteniendo pesticidas provenientes de siembras) son vertidas a quebradas, ríos, lagunas y al mar, sin tratamiento. Entre éstos: Embalse La Mariposa y La Pereza (Caracas), Turimiquire (Oriente), Cumaripa (Yaracuy), Dos Carritos (Lara), Calabozo (Guárico), Burro Negro (Zulia), Pao Cachinche y Canoabo en Carabobo.

Estudios realizados de análisis y caracterización de algunos plaguicidas organoclorados como aldrín, dieldrín, p.p'-DDD, p.p'-DDE, p.p'-DDT, endrín, o.p'-DDE y o.p'-DDT han sido realizados en agua del río Tucutunemo en Venezuela (Cárdenas et al., 2018). Esto conlleva a una aplicación de nuevas y eficientes metodologías (Fotocatálisis, por ejemplo) para la depuración de nuestras aguas.

En Grecia, se describió que la contaminación por pesticidas es mayor en los ríos que en los lagos. La distribución de los plaguicidas en los ríos en general mostró una variación estacional, con los valores máximos que se producen durante el último período de la primavera y el verano, mientras que los valores mínimos se observaron durante el invierno. A medida que la actividad agrícola era menos prominente durante el invierno, los niveles de pesticidas fueron más bajos. De esta manera, se demostró que la contaminación de pesticidas estaba estrechamente asociada con el ritmo y magnitud de las actividades agrícolas (Golfinopoulos et al., 2003).

Debe tenerse en cuenta que la presencia de pesticidas en cualquier medio puede causar enormes complicaciones para los organismos que habitan en ese ambiente en particular. Por ejemplo, la sulfonilúrea, la sulfonamida y los herbicidas de imidazolinona, entre otros, son compuestos químicos que pueden inhibir la actividad enzimática en plantas, retardando el crecimiento de la misma o conduciendo a su muerte. Estos pesticidas pueden mantener sus efectos perjudiciales mientras se mantengan y persistan en el agua de riego, mostrando varios efectos tóxicos tanto en el ecosistema como en humanos.

En el 2007, Zhou y colaboradores, mostraron la presencia de 13 compuestos orgánicos persistentes (POC) en 18 especies de peces del río Qiantang (República Popular de China). Las concentraciones de los POC en los músculos de peces variaron desde 7,43 hasta 143,79 ng/g de peso húmedo con la concentración más alta registrada para la especie *Cynoglossus abbreviatus*, un pez carnívoro bentónico. Los resultados sugieren que los peces bentónicos carnívoros tienen

niveles de POC más altos que otros peces con diferentes tipos de alimentación (Zhou et al., 2007).

Este hallazgo sugiere la repercusión de la bioacumulación. Aunque esta bioacumulación se transfiere de un organismo a otro, su toxicidad no se observa necesariamente en todos los peces que sobreviven en masas de agua distintas. Por ejemplo, algunos tejidos de peces de diferentes tipos de pesqueras (sacados de agua dulce o criados en agua de mar) fueron analizados para pesticidas organoclorados con el propósito de comprender la bioacumulación asociada a los diferentes ambientes de la pesca, encontrándose concentración de los pesticidas, notablemente más alta en peces criados en agua salada que en las especies sacadas de agua dulce (Guo et al., 2008). De esta forma, puede deducirse que se puede producir la contaminación por plaguicidas de manera más marcada en las aguas de granjas que en el hábitat natural del mar o de agua dulce.

La presencia de estos compuestos se ha reportado también en el aire. 39 tipos de pesticidas fueron encontrados en el aire de la ciudad de Kyushu, Japón (Haraguchi et al., 1994). En un trabajo similar, fueron medidos plaguicidas organoclorados en el aire de la región de los lagos Taihu, China, reportándose altas intensidades en los niveles de pesticidas en la zona donde había cultivos de algodón.

Factores que afectan la toxicidad de los plaguicidas en los sistemas acuáticos

Los impactos ecológicos de los pesticidas en el agua están determinados por los siguientes criterios:

Ecotoxicidad:

La toxicidad para seres vivos generalmente expresada como LD50 ("Dosis letal": concentración del pesticida que matará a la mitad de los organismos de prueba durante un período de prueba específico). Cuanto menor sea la LD50, mayor será la toxicidad; valores de 0-10 son extremadamente tóxicos (Ontario Ministry of Agriculture and Food (OMAF), 1991).

Las pautas para el agua potable y los alimentos se determinan mediante una evaluación basada en el riesgo. Generalmente, $\text{Riesgo} = \text{Exposicion (cantidad y/o duracion)} \times \text{Toxicidad}$.

La respuesta tóxica (efecto) puede ser aguda, ocasionando la muerte o crónica, un efecto que no causa la muerte durante el período de prueba pero que causa efectos observables en el organismo de prueba, como cáncer, falla reproductiva, inhibición del crecimiento, efectos teratogénicos, entre otros.

Persistencia:

Medido como vida media (tiempo requerido para que la concentración ambiental disminuya en un 50 %). La persistencia está determinada por procesos de degradación bióticos y abióticos. Los procesos bióticos son la biodegradación y el metabolismo; Los procesos abióticos son principalmente hidrólisis, fotólisis y oxidación.

Los pesticidas modernos tienden a tener vidas medias cortas que reflejan el período durante el cual se debe controlar la plaga, sin embargo; debe considerarse que algunos pesticidas prohibidos luego de la firma del Convenio de Estocolmo, 2001; persisten, incluso en los lugares más remotos del planeta, tal como los plaguicidas organoclorados DDT, dieldrin, aldrín, entre otros (Jayaraj et al., 2016).

Degradación:

El proceso de degradación puede conducir a la formación de “degradados” que pueden tener una toxicidad mayor, igual o menor que el compuesto original. Como ejemplo, DDT se degrada a DDD y DDE.

Destino ambiental:

El destino ambiental de un plaguicida se ve afectado por la afinidad natural del producto químico por uno de los cuatro compartimentos ambientales: materia sólida (materia mineral y partículas de carbono orgánico), líquido (solubilidad en la superficie y en el suelo, siendo el solvente agua), forma gaseosa (volatilización) y biota. Los pesticidas tienden a distribuirse entre estas matrices según una constante de “partición” referida a la afinidad del compuesto hacia una de las matrices ambientales mencionadas previamente (agua, carbono orgánico, lípidos) por ejemplo, para el caso del suelo, se emplea el coeficiente de partición del compuesto respecto al carbono orgánico (KOC); y para el caso de la afinidad hacia la fase lipídica (bioacumulación), el coeficiente de partición n-octanol/agua (KOW).

Las propiedades fisicoquímicas del pesticida, tales como polaridad, solubilidad y presión de vapor, son determinantes en su comportamiento ambiental (migración y destino). Todos estos parámetros son bien conocidos para los pesticidas y se utilizan para predecir el destino ambiental del pesticida. Un factor adicional puede ser la presencia de impurezas en la formulación de los plaguicidas que no forman parte del ingrediente activo. Un ejemplo es el caso de TFM, un lampricida utilizado en los afluentes de los Grandes Lagos durante muchos años para el control de la lamprea marina. La formulación de TFM incluye una o más impurezas altamente potentes que impactan en el sistema hormonal de los peces y causan enfermedades

hepáticas. Situaciones similares han sido reportadas por distintos autores (Kalyabina et al., 2021; Winter, 2012).

Efectos de los plaguicidas en la salud humana

La exposición a plaguicidas puede ser perjudicial para los seres humanos. A fin de evaluar los niveles de exposición ante pesticidas, fue realizada una encuesta experimental en empleados de una planta de fabricación de plaguicidas, encontrándose que los trabajadores estaban sujetos a un aumento significativo de la frecuencia de aberraciones cromosómicas, trayendo como consecuencia un gran alto riesgo de mutaciones (Sailaja et al., 2006).

En otro trabajo Rupa et al. (1991), las historias reproductivas de más de mil (1000) parejas que trabajan en el campo del algodón fueron estudiadas en referencia a mil (1000) parejas normales (es decir, con el hombre sin exposición continua a plaguicidas). Se observó claramente una disminución en la fertilidad de los varones y un aumento significativo de abortos entre las esposas de estos hombres expuestos. Por otra parte, los hombres que eran fumadores habían exhibido un aumento significativo en la susceptibilidad asociada a los problemas de tabaquismo, lo que indica que la contaminación por pesticidas puede elevar los efectos negativos del tabaco, influyendo aún más sobre la fertilidad de la reproducción masculina.

Desde la década de los 90 comenzaron a vincularse los efectos de los pesticidas con la morbilidad oncológica (cáncer), pulmonar y hematológica, así como con deformidades congénitas y deficiencias del sistema inmunitario. Los pesticidas ingresan al cuerpo humano a través de las siguientes vías: contacto directo por la piel, durante su manejo; vía respiratoria, al ser inhalados durante su aplicación y por vía oral, consumidos como contaminantes en los alimentos o bebidas.

Los trabajadores agrícolas tienen riesgos especiales asociados con la inhalación y el contacto con la piel durante la preparación y aplicación de pesticidas a los cultivos. Sin embargo, para la mayoría de la población, un vector principal es la ingestión de alimentos contaminados con plaguicidas.

La degradación de la calidad del agua por la escorrentía de pesticidas tiene dos impactos principales en la salud humana. El primero es el consumo de pescados y mariscos contaminados por plaguicidas; esto puede ser un problema particular para las economías de pesca de subsistencia que se encuentran río abajo de las principales áreas agrícolas. El segundo es el consumo directo de agua contaminada con plaguicidas. Muchos organismos de protección de la salud y el medio ambiente han establecido valores de ingesta diaria admisible (IDA) que indican la ingesta diaria máxima permitida durante la vida de una persona sin riesgo apreciable para el individuo. Por ejemplo, en un artículo de Y. Wang y Lin, 1995 que estudiaba

fenoles sustituidos, se encontró que la tetraclorohidroquinona, un metabolito tóxico del biocida pentaclorofenol, produce daño significativo en el ADN, dependiente de la dosis.

Efectos ecológicos de los pesticidas

Los pesticidas se incluyen en una amplia gama de microcontaminantes orgánicos que tienen impacto ecológico. Las diferentes categorías de pesticidas tienen diferentes tipos de efectos sobre los organismos vivos, por lo que la generalización es difícil. Aunque los impactos terrestres por pesticidas ocurren, la principal vía de impacto es el agua contaminada por la escorrentía de pesticidas, en contacto con los seres vivos afectados, una vez en los organismos pueden sufrir bioconcentración y biomagnificación.

Bioconcentración: este es el movimiento de una sustancia química desde el medio circundante hasta un organismo. El principal “sumidero” de algunos pesticidas es el tejido adiposo (“lípidos”) de seres vivos, desde peces hasta mamíferos de grandes dimensiones, a los que ciertos pesticidas son afines, (elevado coeficiente de partición octanol/agua) dada su solubilidad preferencial en la fase adiposa que, en la acuosa, tal es el caso de pesticidas organoclorados, hallados en mamíferos y aves silvestres, incluso a través de la ingesta de microplásticos donde estos contaminantes están sorbidos (Alleva et al., 2006; Colabuono et al., 2010).

Biomagnificación: este término describe la concentración creciente de una sustancia química a medida que la energía alimentaria se transforma dentro de la cadena alimentaria. En tanto que los organismos más grandes comen organismos más pequeños, la concentración de pesticidas aumenta cada vez más en los tejidos y otros órganos. Se pueden observar concentraciones de riesgo en los principales depredadores, incluido el hombre (Morris et al., 2016).

Los efectos ecológicos de los pesticidas y otros contaminantes orgánicos derivados de éstos, son variados y, a menudo, están interrelacionados. Los efectos a nivel del organismo o ecológico generalmente se consideran un indicador de alerta temprana de posibles impactos en la salud humana. Los principales tipos de efectos se enumeran a continuación y variarán según el organismo bajo investigación y el tipo de pesticida.

Diferentes pesticidas tienen efectos marcadamente diferentes en la vida acuática, lo que hace que la generalización sea muy difícil. El punto importante es que muchos de estos efectos son crónicos (no letales), a menudo no son notados por observadores casuales, pero tienen consecuencias para toda la cadena alimentaria: muerte del organismo; cánceres, tumores y lesiones en peces y animales; inhibición o fallo reproductivo; supresión del sistema inmunológico; alteración del sistema endocrino (hormonal); daño celular y del ADN; efectos

teratogénicos (deformidades físicas como picos en forma de gancho en las aves); mala salud de los peces marcada por una baja proporción de glóbulos rojos a glóbulos blancos; exceso de baba en las escamas y branquias de los peces; efectos intergeneracionales (los efectos no son evidentes hasta las generaciones posteriores), así como otros efectos fisiológicos como el adelgazamiento de la cáscara del huevo (Lushchak et al., 2018).

Factores naturales que degradan los plaguicidas

Además de las reacciones químicas y fotoquímicas, existen dos mecanismos biológicos principales que provocan la degradación de los plaguicidas. Estos son (1) procesos microbiológicos en suelos y agua y (2) metabolismo de pesticidas que son ingeridos por organismos como parte de su suministro de alimentos. Si bien ambos procesos son beneficiosos al reducir la toxicidad de los pesticidas, los procesos metabólicos causan efectos adversos, por ejemplo, en los peces. La energía utilizada para metabolizar pesticidas y otros xenobióticos (sustancias químicas extrañas) no está disponible para otras funciones corporales y puede afectar seriamente el crecimiento y la reproducción del organismo.

La fotoquímica aplicada a degradación de pesticidas

Debido a los impactos negativos de los plaguicidas, la necesidad de su control se ha hecho más evidente en los últimos años. Inicialmente, se emplearon metodologías convencionales para el tratamiento. La adsorción de los plaguicidas se aplicó de manera amplia, pero tal enfoque era solo una segregación de los plaguicidas, en lugar de un tratamiento. Por otro lado, la biodegradación, la ozonización y la cloración también se llevó a cabo, pero sus resultados no eran adecuados en medios ambientales naturales como el aire, el agua y el suelo. Por lo tanto, la necesidad para el tratamiento eficaz de los plaguicidas fue una de las tareas más imperiosas de la sociedad científica moderna.

Como alternativas a los enfoques tradicionales, los métodos fotoquímicos se basan principalmente en la utilización de la radiación electromagnética como fuente de energía. La fuente de fotones puede ser una luz solar natural o luz UV externa (como xenón o lámparas de mercurio). En general, la absorción de la energía radiante en una molécula puede provocar cambios tanto fotofísicos como fotoquímicos.

La reacción fotoquímica en general se puede dividir en procesos primarios y reacciones secundarias. Los procesos fotoquímicos primarios implican una serie de eventos que comienza con la absorción de un fotón por una molécula y termina con la desaparición de esa molécula, o con su conversión de nuevo a su estado inicial por emisión de calor o de un fotón de menor energía. Las reacciones secundarias son aquellos procesos no fotoquímicos que

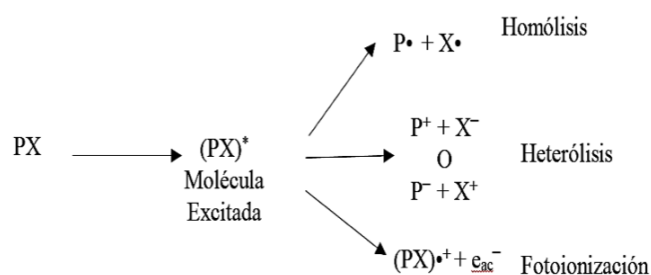
conducen a productos químicos. Los caminos pueden incluir la formación de radicales libres, reordenamientos intramoleculares, formación de otras moléculas excitadas (por transferencia energética), que a su vez pueden reaccionar en procesos secundarios para formar nuevos productos.

En este orden de ideas, estos procesos pueden ser aplicados a la degradación fotoquímica de pesticidas, disminuyendo su vida media en el medio ambiente. Durante la fotodegradación directa, la absorción de un fotón por el compuesto objetivo resulta en la ruptura del enlace o reordenamiento para formar un nuevo producto estable y no tóxico. Esta vía solo es aplicable a aquellas moléculas capaces de absorber radiación dentro del espectro solar (es decir: > 290 nm). Durante la fotodegradación indirecta, un fotosensibilizador absorbe luz y produce una serie de especies reactivas (principalmente de oxígeno) que pueden degradar el compuesto objetivo (Mill, 1999; Richard y Canonica, 2005).

Métodos fotoquímicos aplicados a degradación de pesticidas

Fotólisis

La degradación fotolítica de pesticidas pretende inducir el cambio químico a través de la absorción de la radiación en ambas rutas: directa e indirecta. En la fotólisis directa, un cromóforo en la estructura del pesticida absorbe la energía radiante para formar una molécula activada del pesticida. Tales moléculas excitadas pueden entonces someterse a procesos como homólisis, heterólisis, o fotoionización (Esquema 1).



Esquema 1: Posibles eventos químicos que toman lugar bajo fotólisis directa.

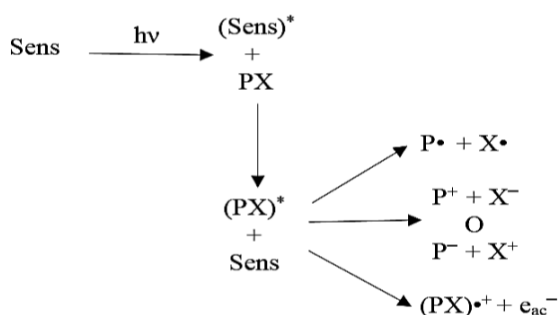
Fuente: Lam et al. (2003).

También se puede descomponer por sí misma sobre la absorción del fotón de la energía radiante. Por lo tanto, los compuestos altamente recalcitrantes que no experimentan cualquier cambio químico con otros métodos (o componentes) podrían ser degradados por este proceso. Aunque esta ruta es bastante simple en el tratamiento de los pesticidas, no es fácil cumplir la mineralización completa. Para ejemplificar esto, se cita el caso de fotólisis del

Imidacloprid (insecticida para el control de plagas) en solución acuosa. En este sentido, el Imidacloprid (insecticida para el control de plagas) en solución acuosa se sometió a fotólisis. La degradación resultante fue demostrada con un rendimiento del 90 % en la transformación del sustrato después de 4 horas de exposición. Los principales subproductos se identificaron como 6-cloronicotinaldehído, N-metilnicotinacidamida, 1-imidazolidona (6-cloronicotinilo) y 6-cloro-3-piridil-metiletilendiamina, entre otros (Moza et al., 1998).

En otro trabajo, Yeasmin et al. (2009), llevaron a cabo la fotólisis de azinfos-metilo (AZM), un insecticida organofosforado ampliamente utilizado; en donde observaron un compuesto fluorescente, el ácido N-metilantranílico como el producto final del proceso de degradación de AZM.

La mineralización completa todavía es difícil de lograr en el proceso de fotólisis directa. Por otro lado, la fotólisis indirecta se produce cuando una especie distinta de la sustancia química de interés (plaguicida), absorbe la luz solar e inicia una serie de reacciones que pueden facilitar la transformación del plaguicida. Como un ejemplo de este tipo de especies, se han descrito a la materia orgánica disuelta MOD (ácidos húmicos y ácidos fúlvicos), nitratos en agua, óxidos de nitrógeno y ozono en el aire, así como minerales y metales de transición en arcillas. Tales especies, contenidas en la solución del pesticida, actúan como fotosensibilizadores absorbiendo luz y generando especies oxidantes (principalmente radicales como el anión superóxido, peróxidos de alquilo, entre otros), los cuales son los responsables de la mineralización de los plaguicidas de interés (Esquema 2) (Lam et al., 2003).



Esquema 2: Eventos químicos que toman lugar bajo fotólisis indirecta (fotólisis fotosensibilizada que involucra transferencia de energía).

Fuente: Lam et al. (2003).

Un aumento en la eficiencia de la fotólisis fue observada cuando se realizaron estudios de agua con ácidos húmicos presentes, enriquecida con DDT, utilizando radiación ultravioleta (longitud de onda de 254 nm). En este sentido, se han reportado que diversos factores afectan

la fotodegradación simple en ambas condiciones naturales y artificiales.

Halladja et al. (2007) llevaron a cabo un estudio sobre el herbicida Fluometurón, bajo condiciones solares naturales mediante el empleo de agua neutra Milli-Q y aguas sintéticas que contienen cualquiera de los ácidos fúlvicos (AF), iones de nitrato, o ambas cosas. La tasa de degradación de Fluometurón fue mayor en aguas sintéticas que contienen iones de AF y nitrato. El AF aumentó su tasa de fotólisis en un factor de 2.5, mientras que los nitratos lo hicieron en un factor de 15. La presencia de estas especies fotoactivas alteró a su vez el patrón de formación de subproductos.

En este sentido, los autores reportaron que, en presencia de nitratos, la hidroxilación del anillo aromático llevó a la formación de CO_2H , mientras que la oxidación de la cadena de urea resultó en desmetilación. Por el contrario, en presencia del AF, la hidroxilación fue la ruta de reacción principal para el anillo aromático. Por otro lado, también se ha demostrado que las condiciones ambientales influyen en la velocidad de la fotodegradación. Se ha reportado que la fotodegradación de pesticidas organofosforados estructuralmente similares usando metil-paratión y fenitrotión en agua (20 °C) y hielo (-15°C) procede de manera más eficiente en el hielo que en soluciones acuosas. Esto puede ser debido posiblemente al efecto de concentración, debido a la formación de los cristales de hielo. Los resultados obtenidos por los investigadores abren un panorama para el tratamiento de pesticidas en los lugares donde las condiciones ambientales son de temperaturas bajas (Weber et al., 2009).

En general, aunque el agua es el medio más empleado en la fotólisis, muchos estudios han sido realizados en los residuos de plaguicidas en medios como el aire y el suelo. Uno de los primeros trabajos al respecto fue el de Mongar y Miller (1988). En este trabajo los autores llevaron a cabo la fotólisis en fase de vapor del pesticida Trifluralina en una cámara de polietileno bajo iluminación solar. Los autores observaron que la tasa de eliminación de pesticidas en vapor fue similar a la de pesticidas en suspensión en medio acuoso.

En esta misma línea de investigación, Muñoz et al. (2011), investigaron la fotodegradación en fase gaseosa de Diazinón (insecticida para suelos) y Trifluralina (herbicida pre-siembra) en un gran fotorreactor europeo al aire libre (EUPHORE). Los autores atribuyen formaciones de aerosol significativos en la reactividad de los radicales hidróxilo (formas en la atmósfera debido a la fotólisis del O_3) con pesticidas en fase gas. Se observó que la tasa de fotólisis fue generalmente más lenta en los suelos debido al efecto pantalla de las partículas del suelo.

Otros parámetros como la presencia de especies químicas (O_2 , Cl^- , Ca^{2+} , Fe^{3+} , entre otras), el rango de la longitud de onda y el tiempo de la exposición mostraron que pueden controlar la velocidad de reacción (Kundu et al., 2005). Del mismo modo, el patrón de degradación de varios plaguicidas clorados (el ácido 4-cloro-2-metilfenoxi acético (MCPA), diclorofenol (DCP), flamprop-metilo (FPM), y vinclozolina (VCZ)) fueron estudiados en

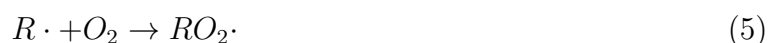
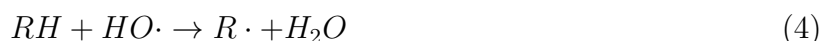
matrices de suelos arenosos de Fontainebleau (París, Francia), de Touggourt (Argelia) y de Jijel (Argelia). La fotodegradación del pesticida MCPA fue más rápida en la arena de Fontainebleau que en las otras dos, atribuyendo este comportamiento a la coloración de las arenas seleccionadas (la de Touggourt prácticamente incolora) y las adherencias de las mismas al reactor. Los resultados mostraron que la velocidad de degradación de estos pesticidas disminuyó siguiendo el siguiente orden: MCPA > DCP > FPM > VCZ (Zertal et al., 2005).

Fotólisis combinada con oxidantes (H_2O_2/O_3)

La eficiencia de la fotólisis, si se combina con oxidantes químicos como el peróxido de hidrógeno u ozono, puede ser mejorada para aumentar aún más la velocidad de degradación de pesticidas. En este sentido, en el proceso sinérgico entre UV/H_2O_2 , la fotólisis del peróxido de hidrógeno conduce a la formación de radicales $HO\cdot$ con una eficiencia cuántica de alrededor de 0,5 (Lopez et al., 2000). Estos radicales, por reacción con otras moléculas de H_2O_2 conducen a la formación de $HO_2\cdot$ (radical hidropéroxido) y O_2^- (anión superóxido). La reactividad de los radicales hidropéroxido y superóxido frente a la materia orgánica es comparable en orden de magnitud que los radicales $HO\cdot$ generados en el proceso primario (Jonsson et al., 1993).

En cuanto a los mecanismos involucrados en este tipo de reacciones, los radicales formados, debido a su alta reactividad, inician la degradación oxidativa de los contaminantes acuosos principalmente mediante reacciones de adición a sustratos aromáticos para formar radicales ciclohexadienilo o mediante la abstracción de hidrógeno a sustratos alifáticos para formar radicales alquilo. Posteriormente, los radicales ciclohexadienilo o alquilo generados, adicionan oxígeno molecular y forman radicales peróxidos que inician reacciones térmicas que conducen finalmente a la formación de dióxido de carbono, agua y ácidos inorgánicos (HNO_3 y HCl).

Esta serie de procesos puede representarse mediante el siguiente esquema de reacciones (Carter et al., 2000; Jonsson et al., 1993; Lopez et al., 2000; Mohan et al., 1991; Stefan y Bolton, 1999, 2000; Sundstrom et al., 2009):





donde INT representa al conjunto de intermediarios de reacción, mientras que Ar y RH corresponden a compuestos aromáticos y alifáticos respectivamente.

Chelme-Ayala et al. (2010), llevaron a cabo un experimento en el que el rendimiento relativo de la fotólisis UV/ H_2O_2 se evaluó durante la degradación de dos pesticidas (Bromoxinil y Trifluralina). La eficiencia de degradación de ambos pesticidas fue el doble utilizando H_2O_2 en comparación con la fotólisis directa, quedando en evidencia la mejora utilizando oxidantes.

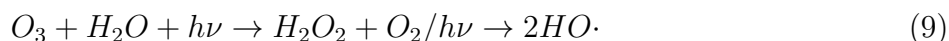
En otro trabajo, la degradación fotoquímica de Tiacloprid se estudió en el sistema UV/ H_2O_2 bajo condiciones de solución con diversas concentraciones iniciales de H_2O_2 y pH (Abramović et al., 2010). Los resultados mostraron 97% de degradación del Tiacloprid en aproximadamente 2 horas con la relación molar H_2O_2 /Tiacloprid de 220 y pH de 2,8. La degradación de Tiacloprid fue acompañada de la formación de un número de subproductos iónicos (cloruro, acetato y formiato) y productos intermediarios orgánicos.

En una investigación similar, la degradación de -hexaclorociclohexano (Lindano) también se investigó en diversas condiciones de la solución 5. A pH 7 y una concentración inicial de 1mM de H_2O_2 , se logró una degradación óptima ($\approx 90\%$) de Lindano en menos de 4 min. Así mismo, se reportó que a los 15 minutos de reacción, todos los átomos de cloro se convirtieron en ión cloruro. Esta observación sugiere, por lo tanto, que los subproductos orgánicos clorados no se acumulan (Nienow et al., 2008). En este mismo sentido, (Wu y Linden, 2010), también reportaron la potente función de los iones en el sistema UV/ H_2O_2 para la degradación de dos pesticidas organofosforados Paratión y Clorpirifos.

La presencia de los iones carbonato y bicarbonato en la solución acuosa contribuyó a dos efectos completamente divergentes. Se encontró que los iones bicarbonato obstaculizan la eficiencia del sistema UV/ H_2O_2 por barrido (*quencher*) del radical hidróxilo, mientras que los iones carbonato promueven la degradación. La aparición de estas reacciones competitivas puede ser uno de los mecanismos más dramáticos en las masas de agua naturales que contienen carbonatos y bicarbonatos.

Además del proceso sinérgico UV/ H_2O_2 , hay otro proceso igualmente utilizado, UV/ O_3 . Tras la absorción de UV, el ozono se somete a un cambio estructural intermedio y se combina con agua para formar el radical hidroxilo (Šojić et al., 2012).





Este método ha probado su efectividad para la oxidación y degradación de compuestos orgánicos tóxicos y refractarios a otros tratamientos, así como también para la destrucción de bacterias y virus en aguas. Desde un punto de vista fotoquímico, el ozono presenta un coeficiente de extinción molar a 254 nm mayor que el del H_2O_2 , de este modo los efectos de filtro interno con compuestos aromáticos son menos problemáticos que en la técnica UV/ H_2O_2 . En los sistemas en donde se ha aplicado la combinación UV/ O_3 , las velocidades de degradación observadas son mucho mayores que las obtenidas con O_3 o radiación UV por separado.

En general, se ha utilizado este sinergismo a escala piloto e industrial para el tratamiento de contaminantes en concentraciones de ppm o ppb sin generación de residuos peligrosos. En primer lugar, la baja solubilidad del ozono en agua, lo cual limita la velocidad del proceso y dificulta el diseño de los reactores por problemas de transferencia de masa. El segundo inconveniente está relacionado con los altos costos de producción del O_3 .

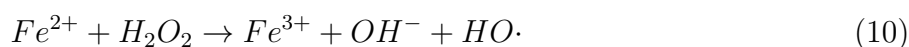
La formación del radical $\cdot OH$ es el principio fundamental de los dos procesos fotoquímicos anteriores de oxidación avanzada. Muchos estudios se han llevado a cabo para conocer la importancia de los oxidantes (como el ozono) en relación con la fotólisis convencional. Kearney et al. (1987), exploraron la eficacia del sistema UV/ O_3 para determinar el tiempo requerido para destruir nueve herbicidas formulados y dos insecticidas formulados preparados a tres niveles de concentración (10, 100, y 1000 ppm). Los resultados mostraron que el tiempo requerido para lograr el 90 % de destrucción depende de sus niveles de concentración lo cual incrementaba con el aumento de la concentración del pesticida. Del mismo modo, Rao y Chu (2009) llevaron a cabo un estudio comparativo para evaluar la degradación del plaguicida Linurón, entre los tres procesos diferentes: la fotólisis, ozonización y UV/ O_3 . La velocidad de degradación del sistema O_3 /UV es de 3.5 y 2 veces mayor que la fotólisis y el tratamiento de ozono convencional, respectivamente.

Intrínsecamente, es importante hacer frente que la degradación también debería ayudar a disminuir los productos desfavorables. Por ejemplo, bajo la fotólisis UV convencional, la ruta de degradación de Linurón se siguió a través de desmetoxilación, fotohidrólisis y desmetilación N-terminal. En contraste, la degradación del mismo plaguicida durante la ozonización procedió a través de N-metoxilación, decoloración, y la hidroxilación en el anillo de benceno. De esta forma, el sistema UV/ O_3 ha demostrado como la mejor vía de degradación para obtener la mineralización, decoloración, y desnitrogenización de Linurón. Por lo tanto, se considera una de las mejores vías para el tratamiento de tales pesticidas con los subproductos menos dañinos.

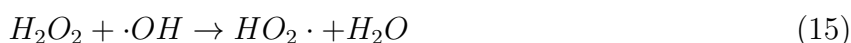
Realizando una comparación entre los procesos sinérgicos cuyos sistemas involucran UV/ O_3 y UV/ H_2O_2 , podemos señalar que la absorción de la radiación por O_3 es inmensamente pragmática en relación con peróxido de hidrógeno. Por lo tanto, su funcionamiento es fácil, incluso en el rango bajo de radiación. En contraste, como el H_2O_2 necesita energía de radiación más alta con baja capacidad de absorción, exhibe una alta eficiencia en comparación con UV/ O_3 debido a la formación de más radicales. Como las relaciones en competencia entre los costes de capital y de operación pueden variar ampliamente, la selección entre los sistemas de UV/ O_3 y UV/ H_2O_2 depende de un gran número de variables, incluyendo el tipo de efluente, tipos y concentraciones de contaminantes presentes, y el grado de eliminación requerida.

Fotofenton

El proceso de oxidación Fenton fue descrito por primera vez en 1894 por Henry J. Fenton, cuando distinguió que el peróxido de hidrógeno (H_2O_2) podía activarse con iones ferrosos para oxidar ácido tartárico. Este proceso consiste en la adición de sales de hierro en presencia de H_2O_2 , en medio ácido, para la formación de radicales $\cdot OH$ (Pignatello et al., 2006). A la combinación de H_2O_2 y sales de hierro se denomina reactivo Fenton o reacción de Fenton (Ghosh et al., 2010).



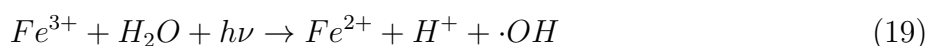
En esta reacción, además de formarse radicales $\cdot OH$ se generan radicales perhidroxilo ($HO_2\cdot$), los cuales inician una reacción de oxidación en cadena para eliminar la materia oxidable. Sin embargo, los radicales $HO_2\cdot$ presentan menor poder de oxidación que los $\cdot OH$. Los principales mecanismos de reacción que se llevan a cabo con estos últimos son abstracción de hidrógeno, adición a la estructura del contaminante o transferencia de carga descritas en las siguientes ecuaciones (Neyens y Baeyens, 2003):



Por su parte, los iones férricos (Fe^{3+}) resultantes pueden, asimismo, reaccionar con el H_2O_2 , lo cual conduce a la regeneración del Fe^{2+} . La constante de velocidad de esta reacción tiene un valor de $0.01\ m^{-1}s^{-1}$, aproximadamente, por lo que se considera como la reacción limitante del proceso. Asimismo, durante el sistema Fenton puede tener lugar el consumo de radicales $\cdot OH$ obteniéndose nuevamente H_2O_2 . Un exceso de H_2O_2 y/o de iones de hierro al inicio del proceso, respecto de la cantidad de contaminante a tratar, limita la eficiencia del mismo. De igual modo, puede producirse la recombinación de radicales $\cdot OH$ y/o la reacción de estos con radicales $HO_2\cdot$, traduciéndose en la reducción del rendimiento del proceso Fenton (Domenech et al., 2004).



El hierro puede ser añadido en su forma ferrosa (Fe^{2+}) o férrica (Fe^{3+}), siendo esta última conocida como proceso tipo Fenton. Las sales de hierro férricas suelen ser menos utilizadas como consecuencia de la lenta generación de radicales $\cdot OH$ en las fases iniciales del proceso, ya que este se iniciaría con la reacción 11. Sin embargo, cuando se combina con radiación ultravioleta (UV) o solar, en cuyo caso recibe el nombre de proceso Fotofenton UV y Fotofenton solar, respectivamente, su eficiencia aumenta significativamente, ya que se favorece la regeneración del Fe^{2+} (Ec. 10), y aumenta, al mismo tiempo, el número de radicales $\cdot OH$ generados (Batista y Pupo, 2012; Kavitha y Palanivelu, 2004). Este hecho puede explicarse a partir de la formación a pH ácido de complejos acuosos de Fe^{3+} ($Fe(OH)^{2+}$), los cuales son capaces de absorber radiación UV y visible, sufriendo fotoreducción y produciendo $\cdot OH$.



Por lo tanto, los oxidantes reactivos resultantes (como los radicales hidroxilos) finalmente promueven el proceso de oxidación fotoquímica para degradar químicamente compuestos pesticidas recalcitrantes en las masas de agua de pH neutro.

En el 2010 Zapata y colaboradores, reportaron la degradación por foto-Fenton contra una mezcla de pesticidas comerciales típicamente usados para mantener la agricultura de invernadero (10 % Oxamil, 20 % Metomilo, 20 % Imidacloprid, 40 % Dimetoato y 40 % Pirimetanil). Los estudios de degradación se llevaron a cabo bajo luz solar en la Plataforma Solar de Almería en una planta piloto construida especialmente para aplicaciones de foto-Fenton. Los autores determinaron que la eficacia del tratamiento aumenta en forma

directamente proporcional a la temperatura (Zapata et al., 2010).

En otro trabajo, la influencia del pH sobre la degradación del herbicida Tebuthiuron (TBH) se investigó usando complejos de citrato de Fe (III) generados *in situ* (Fe:cit) sometidos al proceso de foto-Fenton bajo irradiación solar (Silva et al., 2007). Con el uso de Fe:cit en un amplio rango de pH (2,5 hasta 7,5), la oxidación de TBH se logró de manera eficiente (100-78 %) a partir de una dosis de UV de $2,0 \text{ Jcm}^{-2}$ (en 15 min). Por otra parte, la oxidación de TBH en presencia de Fe:cit (a pH 6,0) fue mayor que la de $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ (a pH 2,5). Es evidente que las investigaciones realizadas en las últimas décadas han demostrado con éxito la eficiencia de foto-Fenton utilizando radiaciones visible o solar, comúnmente denominado como el tratamiento foto-Fenton solar.

En los últimos años, la aplicación de foto-Fenton solar más el tratamiento biológico también ha sido ampliamente estudiado enfocado en el tratamiento o manejo de compuestos recalcitrantes. Ballesteros et al. (2009) llevaron a cabo el enfoque de foto-Fenton junto con tratamiento biológico (utilizando lodos activados) de cuatro pesticidas (Laition, Metasystox, Sevnol y ácido Ultra). Se encontró que la adición de este tratamiento previo (antes de la degradación del biosólido activado) potenció la eficiencia y la velocidad de degradación. Los autores reportaron que el proceso combinado se puede aplicar de manera efectiva por la rápida degradación de los pesticidas en las aguas residuales.

En estudios a mayor escala se reportó que el tratamiento foto-Fenton a escala de planta piloto fue capaz de reducir la toxicidad (de 96 a 50 % de inhibición) y aumentar la biodegradabilidad (de 50 a 95 %) de las aguas residuales (Ballesteros et al., 2009). La eficiencia de la mineralización del sistema combinado, foto-Fenton/biotratamiento, fue del 94 %, la cual es muy superior a la de foto-Fenton (35,5 %) y los tratamientos biológicos (58,5 %). La eficiencia de la combinación biotratamiento/foto-Fenton se redujo moderadamente en la aplicación a escala industrial (84 %), aunque tal rendimiento sigue siendo alto en comparación al de foto-Fenton (35 %) y al de la etapa biológica (49 %). De hecho, en otro trabajo, un tratamiento foto-Fenton solar acoplado al tratamiento biológico se utilizó para eliminar del agua los herbicidas biorrecalcitrantes Diuron y Linuron a escala de planta piloto, para comprobar la eficacia bajo radiación solar (Farre et al., 2008).

Al igual que todos los procesos fotoquímicos, las metodologías foto-Fenton son afectadas por un número variable de factores. Entre dichos factores, la presencia de iones inorgánicos en el proceso de foto-Fenton parece desempeñar un papel influyente. En este sentido, los iones de fosfato y cloruro jugaron un papel inhibitorio en la tasa de degradación, mientras que el Cu^{2+} aceleró el proceso. La inhibición en el caso de los cloruros es atribuida a que dichos iones actúan como secuestradores de radicales $\cdot\text{OH}$, disminuyendo la eficiencia de reacción de los mismos.

Por otro lado, recientes estudios reportan el empleo de sistemas híbridos en los que se combinan los procesos foto-Fenton con otros procesos de oxidación avanzada (PAO) (UV/TiO_2 , ultrasonidos, oxidación electroquímica, entre otros). No obstante, el principal inconveniente en la aplicación de estas tecnologías de oxidación es el elevado costo que supone su implementación a escala industrial. Por este motivo, el acoplamiento de estos sistemas avanzados de oxidación con procesos biológicos convencionales se posiciona como una alternativa económicamente viable para la remoción de contaminantes tóxicos y persistentes, como los pesticidas.

Procesos inducidos por fotosensibilización

Como se describió anteriormente compuestos conocidos como fotosensibilizadores son aquellos que son capaces de absorber radiación y como consecuencia son excitados a un estado de energía más alto. Dicho exceso de energía puede ser transferido al compuesto objetivo (Esquema 2) generando su descomposición (Kennedy y Pottier, 1992). Este principio es muy útil en la degradación de los plaguicidas que tienen eficiencia de absorción baja, haciendo poco eficiente el uso de fotólisis directa.

La oxidación fotosensibilizada del pesticida Paratión-etilo, en solución acuosa, se llevó a cabo en presencia de un fotosensibilizador polimérico basado en el polímero natural dextrano, DXA (Nowakowska et al., 2005). Dicho fotosensibilizador actuó mejorando la eficiencia de degradación del pesticida objetivo en gran medida, debido principalmente a una transferencia electrónica desde los cromóforos del DXA al pesticida. Asimismo, diversos compuestos naturales y sintéticos se han sido utilizados como fotosensibilizadores. En este sentido, el uso de riboflavina (Rf) (vitamina B2), en combinación con UV/H_2O fue estudiado frente a la degradación del pesticida Monurón (Chan y Chu, 2009). Los autores reportaron que esta combinación, $UV/Rf/H_2O_2$, exhibió significativamente un rendimiento mejorado casi cinco veces más rápido que la fotólisis UV convencional.

La utilización de fotosensibilizadores no se limita sólo a la absorción UV, esta puede extenderse a la iluminación solar. En otro trabajo, Fenoll et al. (2012) llevaron a cabo la degradación fotocatalítica de diversos plaguicidas en presencia de $ZnO/Na_2S_2O_8$, los cuales actuaron como fotosensibilizadores, así como oxidantes bajo la luz solar natural.

Se ha observado una alta degradación de todos los plaguicidas ensayados en el estudio en comparación a los resultados en ausencia del fotosensibilizador. Por otro lado, diferentes autores han descrito la capacidad de los ácidos húmicos como fotosensibilizadores reportando la fotodegradación mejorada de fenoles ricos en electrones en presencia de ácidos húmicos (Canonica y Freiburghaus, 2001). Además, el aumento de la fotodegradación de monurón y fenuron, fotosensibilizados por sustancias húmicas extraídas del suelo, también ha sido reportado por Aguer y colaboradores, (Aguer et al., 2000; Aguer y Richard, 1996). A

continuación, se presenta la tabla 1 con una lista de fotosensibilizadores aplicados a la degradación de diferentes pesticidas:

Tabla 1: Lista de algunos pesticidas estudiados por los procesos inducidos por fotosensibilización.

Tipo de Pesticida	Fotosensibilizador	Referencia
Herbicidas Anilida	Dietilamina	Aguer et al. (2000); Lin et al. (2000)
Insecticidas Carbamato	Antraquinona	Galadi y Julliard (1996)
Pesticidas Cloroaromático	N,N,N',N'-tetrametilbenzidina y 2,2'-bipiridilrutenio (II) peroxidisulfato	Silva et al. (1996)
Herbicidas Imidazolinona	Ácidos húmicos	El Azzouzi et al. (1999)
Pesticidas Organofosforados	Ácidos húmicos	Kamiya et al. (2001)
Herbicidas Oxadiazol	Dietilamina	Lin et al. (2000)
Fungicidas Fenilamida	Ácidos húmicos y fúlvicos	Hustert et al. (1999)
Fungicidas Pirimidina	Rosa de Bengala	Pajares et al. (1998)
Herbicidas Triazina	Acetona ácidos húmicos	Korte et al. (1997) (Acetona) y a. húmicos.
Pesticidas basados en urea	Rosa de Bengala, Azul de metileno y clorofila	Crank y Mursyidi (1992)

Fuente: Elaboración propia (2022).

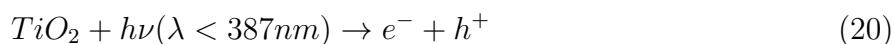
Fotocatálisis

En los procesos de oxidación fotocatalítica, los pesticidas se destruyen en presencia de materiales semiconductores conocidos como fotocatalizadores (por ejemplo, TiO_2 , ZnO), una fuente de luz energética, y un agente oxidante tal como oxígeno o aire. Como se ilustra en la Figura 3, solo los fotones con energías mayores que la energía de la brecha energética (energy

band gap, ΔE) pueden dar lugar a la excitación de electrones de la banda de valencia (BV) del material, los cuales luego promueven las posibles reacciones con los contaminantes (Silvalingam et al., 2004; Zmudzinski et al., 2007).

La absorción de fotones con energía inferior a la del ΔE o mayores que las longitudes de onda, generalmente causa la disipación de energía en forma de calor. La iluminación de la superficie fotocatalítica con suficiente energía, conduce a la formación de un agujero positivo (H^+) en la banda de valencia y un electrón (e^-) en la banda de conducción (BC). El hueco positivo oxida, ya sea directamente, el contaminante o agua para producir el radical hidroxilo $\cdot OH$, mientras que el electrón en la banda de conducción reduce el oxígeno adsorbido en el fotocatalizador. La activación de TiO_2 , por ejemplo, por la luz UV se puede representar mediante las siguientes etapas.

La activación de TiO_2 , por ejemplo, por la luz UV se puede representar mediante las siguientes etapas:



Reacción oxidativa:



Reacción reductiva:



En esta reacción, el par h^+ y e^- son potentes agentes oxidantes y reductores, respectivamente. Los pasos de reacción oxidativa y reductiva pueden ser expresados por la siguiente figura 3.

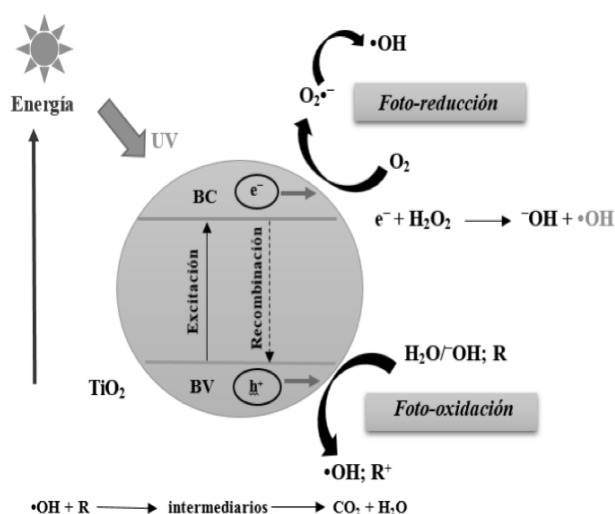


Figura 3: Diagrama esquemático que ilustra el principio de la fotocatalisis con TiO_2 .
 Fuente: Vargas et al. (2021).

La generación de radicales hidroxilo por el proceso de oxidación fotocatalítica se muestra en los pasos anteriores. En la degradación de contaminantes orgánicos, el radical hidroxilo $\cdot\text{OH}$ generado a partir de la oxidación del agua adsorbida es el oxidante primario y la presencia de oxígeno puede prevenir la recombinación de un par electrón-hueco. El $\cdot\text{OH}$ ataca así los compuestos orgánicos, por ejemplo, compuestos aromáticos clorados, anilina, nitrofenoles, entre otros, los cuales dan lugar a diferentes productos intermedios de reacción dependiendo de la naturaleza de los compuestos. Los productos intermedios resultantes reaccionan con más $\cdot\text{OH}$ para producir productos finales de degradación tales como CO_2 y H_2O .

En la degradación fotocatalítica de los contaminantes, cuando el proceso de reducción de oxígeno y la oxidación de los contaminantes no avanzan simultáneamente, hay una acumulación de electrones en la BC, lo que provoca un aumento en la tasa de recombinación de e^- y h^+ (Herrmann, 1999; Hoffmann et al., 1995). Por lo tanto, esto es de suma importancia para evitar la acumulación de electrones en la oxidación fotocatalítica eficaz. En la fotocatalisis, el TiO_2 es, con mucho, el sistema más ampliamente estudiado debido a su alta actividad, propiedades físicas y químicas deseables, bajo costo y alta disponibilidad. De las tres formas cristalinas comunes del TiO_2 , las formas anatasa y rutilo se han investigado extensamente como fotocatalizadores.

La anatasa ha sido reportada como la fase más activa como un fotocatalizador que la fase rutilo. Vías de oxidación similares a los de TiO_2 se confirman en fotocatalizadores de ZnO , incluyendo la formación del radical $\cdot\text{OH}$ y la oxidación directa por huecos fotogenerados. El ZnO se reportó que posee una reactividad similar y comparable a la TiO_2 bajo la luz solar. La alta actividad del ZnO es atribuida a que el energy band gap del material es similar al de

TiO_2 , es decir, 3,2 eV. Algunos otros óxidos metálicos que incluyen CeO_2 , SnO_2 , WO_3 y CdS también han sido examinados por la degradación de contaminantes orgánicos (Swarnalatha y Anjaneyulu, 2004; L. Zhang et al., 2009). Diferentes fuentes de radiación tales como lámparas UV y la radiación solar se han utilizado en la degradación fotocatalítica de diversos pesticidas y herbicidas en efluentes de aguas residuales (Bahnemann et al., 2007; Lachheb et al., 2008).

Basándose en estos principios, una amplia gama de pesticidas ha sido tratado por degradación fotocatalítica. De hecho, existen una gran variedad de materiales semiconductores (ZnO , CuO , TiO_2 y WO_3) para ser utilizados con fines fotocatalíticos. Entre ellos, el dióxido de titanio se ha empleado más extensamente debido a sus propiedades catalíticas favorables, siendo la fase anatasa la más ampliamente empleada debido a las características antes mencionadas.

Los pesticidas organoclorados (POC) han sido tratados por el método de fotocatálisis. En este sentido, se ha reportado la degradación fotocatalítica del Dicofol sobre nanopartículas de TiO_2 (TiO_2 -NPs) bajo irradiación con luz UV (Yu et al., 2008). Los autores reportaron que el Dicofol podía degradarse completamente en iones de cloruro inorgánico obteniendo una alta eficiencia en la mineralización. Teniendo en cuenta que los fotocatalizadores de dióxido de titanio, están comercialmente disponibles bajo diferentes nombres comerciales: Degussa P25, Millennium PC 500, etc. Madani y colaboradores, llevaron a cabo un estudio para comparar la actividad de los dos productos comerciales de anatasa antes mencionados, utilizando el pesticida Diurón como modelo. Los resultados obtenidos por los investigadores mostraron que el material Degussa P25 fue más eficiente en la actividad que Milenio PC 500 (Madani et al., 2006).

Aunque la fotocatálisis se muestra como una excelente metodología para la eliminación de pesticidas, el uso TiO_2 está limitado para aplicaciones comerciales debido a su alta actividad en el rango UV en relación a la luz solar natural. Por lo tanto, muchos investigadores han indagado la posible ampliación de su rango de absorción en la región visible (por ejemplo, a través de modificaciones estructurales, dopaje de superficie, entre otros). Por otro lado, la recombinación de electrones excitados y el hueco debe ser controlado e inhibida debido a que es otro factor limitante en el proceso de fotocatálisis. En este sentido, otras opciones, como el dopaje con metal/no metal y otros tipos de modificaciones en la superficie, han sido estudiados para mejorar la actividad fotocatalítica de materiales semiconductores.

Bajo esta premisa, Senthilnathan y Philip (2010) reportan en uso TiO_2 dopado con compuestos que contienen nitrógeno (específicamente trimetilamina). Los autores obtuvieron que dicho dopaje lleva a un aumento en la degradación del plaguicida Lindano. Sin embargo, está ampliamente aceptado que el dopaje con metales es más eficaz en el cambio del rango de absorbancia a una región visible con respecto al óxido de titanio dopado con no metales. Por lo tanto, una gran variedad de compuestos de óxido de titanio dopado con metal (es decir, catalizadores dopados con metales de transición) han sido preparados y estudiados a fin de

determinar su capacidad de degradación contra el pesticida Clorpirifos. De lo reportado en la literatura, se ha encontrado que ciertos metales (V, Mo, Th, etc.) demostraron una mayor eficiencia en la degradación con respecto al óxido de titanio sin dopar bajo iluminación solar. Sin embargo, cuando los mismos catalizadores estaban sujetos a la degradación de pesticidas bajo la radiación UV, el material no dopado exhibió un rendimiento superior sobre TiO_2 con V, Mo, y Th (Gomathi et al., 2009).

En este orden de ideas, varios dopantes usados, por ejemplo, Sn (Fresno et al., 2005), Ag y Pd (Liqiang et al., 2006), Re (L. Zhang et al., 2009), Bi^{3+} (Rengaraj et al., 2005), V^{5+} , Mo^{6+} y Th^{4+} (Devi y Murthy, 2008, 2009), Pt^{6+} (Katsumata et al., 2009), demostraron aumentar sustancialmente la actividad fotocatalítica de los sistemas examinados. Sin embargo, la fotoactividad del fotocatalizador TiO_2 dopado con metales depende en gran medida de la naturaleza del ion dopante y la concentración del mismo, así como la metodología de preparación y las condiciones de funcionamiento (Dvoranova et al., 2002).

Resultados tanto positivos como negativos se han registrado en el dopaje con iones metálicos. Se desea que la depositación de los iones metálicos en TiO_2 pueda modificar las propiedades fotoconductoras mediante el aumento de la eficiencia de separación de carga entre electrones y huecos. El aumento en la eficiencia de separación de carga mejorará la formación de los radicales hidroxilos y especies reactivas de oxígeno (Kato et al., 2005). En contraste, la actividad fotocatalítica con metales dopados se ve empañada por una inestabilidad térmica y recombinación de electrones y huecos fotogenerados (Bouras et al., 2007). Las concentraciones de dopado, junto con un resumen de los pesticidas degradados usando un catalizador modificados a través del dopaje se muestran en la tabla 2. Como ha sido mencionado anteriormente además del dióxido de titanio, muchos otros materiales semiconductores han sido utilizados como fotocatalizadores (ZnO , WO_3 , etc) en el tratamiento de pesticidas.

Tabla 2: Lista de fotocatalizadores dopados mostrando el porcentaje óptimo de dopaje en la degradación de diferentes contaminantes.

Contaminante	Luz	Fotocat.	Interv. dopado	% ópt. %dopaje	Ref
Diuron	UV	Pt- TiO_2	0-2,0	0,2	Katsumata et al. (2009)
Monocrotofós	Solar	La- ZnO	0-1,0	0,8	Anandan et al. (2007)
2,4-DCAA	Visible	$CeO_2 - TiO_2$	0-10,0	5,0	Galindo et al. (2008)
Continúa en la siguiente página					

Continuación de la página anterior

Contaminante	Luz	Fotocat.	Interv. dopado	% ópt. %dopaje	Ref
Metilparation	UV	$\text{Bi}^{3+} - \text{TiO}_2$	0-2,0	1,5	Rengaraj et al. (2005)
4-clorofenol	Visible	N-TiO_2	0,21-0,45	0,45	Sun et al. (2009)
Clopiralid	Visible	$\text{Fe}^{3+} - \text{TiO}_2$	0,13-1,48	1,27	Šojić et al. (2010)
Mecropod, MCPP	Visible	$\text{Fe}^{3+} - \text{TiO}_2$	0,13-1,48	0,13	Šojić et al. (2010)
o-cresol	Visible	Pt-TiO_2	0-1,0	0,5	Chen et al. (2007)
Lindano	Visible	Ag-TiO_2	0-2,5	1,5	Senthilnathan y Philip (2010)
Lindano	Visible	Cr-TiO_2	0-2,5	2,0	Senthilnathan y Philip (2010)
β -cipermetrin	UV	$\text{RuO}_2 - \text{TiO}_2$	0,1-0,8	0,3	Yao et al. (2007)
Metamidofos	UV	Re-TiO_2	2,0-6,0	5,0	Devi y Murthy (2008)
Orizalina	Solar	Th-TiO_2	0-0,1	0,06	Devi y Murthy (2009)
Acetamiprid	UV	Ag-TiO_2	0-0,12	0,75	Cao et al. (2008)
Clorosulfuron	UV	Sn-TiO_2	0-0,2	0,11	Fresno et al. (2005)
Fenol	UV	Ag-ZnO	0-1,0	0,75	Liqiang et al. (2006)

Fuente: Elaboración propia.

En otro trabajo, la degradación basada en ZnO para degradar Diazinon en solución acuosa se estudió bajo irradiación UV (Daneshvar et al., 2007). Con el fin de mejorar la actividad fotocatalítica, se llevó a cabo el dopaje de ZnO con Lantano. Este dopaje dio lugar a disminuciones en el tamaño de partícula y aumento del área superficial. Como resultado, la degradación fotocatalítica de insecticidas monocrotofos (inhibidores del sistema endocrino) aumentó notablemente, en comparación con el material no dopado (Anandan et al., 2007).

La fotodegradación utilizando WO_3 para degradar Monurón también ha demostrado ser eficaz en presencia de irradiación solar (Chu y Rao, 2012). En una fotocatalisis típica, varios factores influyen en el rendimiento de la reacción, por ejemplo: concentración de catalizador, pH, temperatura, luz de irradiación, presencia de oxidantes, entre otras. De acuerdo con esto, los efectos de diversos factores en la degradación de Metamidofos (pesticida organofosforado) fueron examinados usando TiO_2 como fotocatalizador (L. Zhang et al., 2006). Los autores reportaron que la concentración de catalizador apropiada debe ser optimizada con la selección de una longitud de onda adecuada. Los medios alcalinos favorecieron la velocidad de reacción, y la adición de oxidantes (como H_2O_2 , KBrO , Fe^{3+} y Cu^{2+}) aceleraron la velocidad de

reacción. Por otro lado, los iones como (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , y Zn^{2+}) o aniones (como Cl^- y Br^-) no mostraron ningún efecto sobre la degradación de metamidofos.

Un gran esfuerzo también se ha hecho para modificar la aplicabilidad de las técnicas convencionales fotocatalíticas. Tal modificación incluye la ozonización fotocatalítica ($O_3/TiO_2/UV$). Un estudio de degradación de los insecticidas neonicotinoides (Tiacloprid e Imidacloprid) se llevó a cabo en soluciones acuosas. En un ensayo de estabilidad preliminar, el Tiacloprid mostró una mayor fotoestabilidad en comparación con el Imidacloprid. Un estudio detallado se llevó a cabo para evaluar la idoneidad de los diversos tratamientos para la degradación y mineralización de Tiacloprid en agua bajo condiciones variadas de pH y dosis de ozono (Černigoj et al., 2007). Estos autores evaluaron el estudio de ozonización (O_3) y tres procesos fotoquímicos diferentes de oxidación avanzada, tales como ozonización junto con radiación UV (O_3/UV), $O_3/TiO_2/UV$, y $O_2/TiO_2/UV$. Se aplicó la radiación del rango UV-A en los tres procesos.

La ozonización fotocatalítica ($O_3/TiO_2/UV$) se encontró que era el proceso más eficiente, independientemente de las condiciones de pH. El efecto sinérgico de ozono y la fotocatalisis con TiO_2 era evidente a pH ácido y neutro, pero tal fenómeno se perdió a pH básico, probablemente debido a la rápida auto-descomposición del ozono bajo condiciones alcalinas. A pH ácido, la oxidación de aniones cloruro en clorato (V) fue también observada, la cual en efecto obstaculizó la eficiencia de degradación. Es así como la fotocatalisis ahora se utiliza ampliamente como un método fotoquímico de degradación (Kabra et al., 2004). Por otro lado, a pesar de que la fotocatalisis posee ciertas limitaciones (por ejemplo, recombinación), sus principales ventajas son reconocidas debido a la operación simple, la viabilidad económica y la alta capacidad de reciclaje, ya que el catalizador se puede usar repetidamente con una muy ligera disminución en la actividad catalítica por cada uso.

Otra forma de mejorar la respuesta espectral de los semiconductores es a través de la sensibilización del semiconductor con moléculas que absorban radiación visible y sean capaces de, en su estado excitado, inyectar electrones en la banda de conducción, mediante un complejo de carga superficial (conocida como “MLCT”, por sus siglas en inglés: Metal-To-Ligand Charge Transfer (H. Wang et al., 2000).

Este ha sido un campo de fructífera investigación, iniciada por el grupo de AJ Bard en la década de 1980, con la sensibilización espectral mediante ftalocianinas (Alnaizy y Akgerman, 2000). El objetivo de estos estudios consiste en encontrar la molécula que permita una mayor eficiencia en la conversión de energía solar. A este respecto, la sensibilización en el visible se ha logrado usando complejos de Zn(II) (Lana-Villarreal et al., 2005), derivados fosforados de prolina (Hoffmann et al., 1995), complejos de Pt(II) (Santato et al., 2001), catecol (H. Wang et al., 2000), derivados de fluoresceína y antraceno (Chu y Rao, 2012), tionina, enedíoles o ácido salicílico (Dobosz y Sobczynski, 2003). Se ha logrado sensibilizar al TiO_2 en

la zona del IR cercano mediante el empleo de ftalocianinas modificadas (Sobczynski et al., 2004).

Uno de los primeros trabajos en fotocátalisis con sensibilización fue el de Ross y colaboradores, que demostraron la degradación de un herbicida con TiO_2 sensibilizado con Rosa de Bengala, aunque el proceso está limitado por la propia degradación del colorante que ocurre a la vez que la del herbicida (degradación no regenerativa) (Zmudzinski et al., 2007).

Por otra parte, Monllor-Satoca y colaboradores, comprobaron la mineralización de varios contaminantes orgánicos (fenol, clorofenol, 1,2-dicloroetano, tricloroetileno) usando óxido de titanio modificado con tionina y eosina (Monllor-Satoca et al., 2006). Con este mismo sistema, evidenciaron la formación de radicales superóxido en la fotodegradación de antracina (Waldner et al., 2007). Igualmente, empleando TiO_2 modificado con azul de metileno y rodamina B, degradaron diferentes compuestos orgánicos (Gerischer y Heller, 1991). Se ha usado una amplia gama de colorantes con TiO_2 para demostrar la degradación de diferentes fenoles clorados (Rao y Chu, 2009).

Conclusiones

La importancia de la fotoquímica aplicada a pesticidas encontrados en el medio ambiente ha sido ampliamente demostrada. La aparición de los métodos fotoquímicos ha ofrecido una posible solución a la mineralización completa de pesticidas en los principales medios ambientales con mayores eficiencias y menores costos que las metodologías convencionales. Sin embargo, sería conveniente mencionar que los estudios más experimentales hasta la fecha se han dirigido hacia las condiciones relacionadas con el agua. De hecho, hay una gama de criterios fotoquímicos que se pueden emplear en base a los requisitos y necesidades de la misma.

Referencias

- Abramović, B., Banić, N. y D., Š. (2010). Degradation of thiacloprid in aqueous solution by UV and UV/ H_2O_2 treatments. *Chemosphere*, 81, 114-119.
- Aguer, J., Cox, L., Richard, C., Hermosin, M. y Cornejo, J. (2000). Sorption and photolysis studies in soil and sediment of the herbicide napropamide. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 5, 725-738.
- Aguer, J. y Richard, C. (1996). Transformation of fenuron induced by excitation of humic acid. *Pesticide Science*, 46, 151-155.

- Alleva, E., Francia, N., Pandolfi, M., De Marinis, A., Chiarotti, F. y Santucci, D. (2006). Organochlorine and heavy-metal contaminants in wild mammals and birds of Urbino-Pesaro province, Italy: An analytic overview for potential bioindicators. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 51(1), 123-134. <https://doi.org/10.1007/s00244-005-0218-1>
- Alnaizy, R. y Akgerman, A. (2000). Advanced oxidation of phenolic compounds. *Advances in Environmental Research*, 4, 233-244.
- Anandan, S., Vinu, A., Lovely, K., Gokulakrishnan, N., Srinivasu, P., Mori, T. y Ariga, K. (2007). Photocatalytic activity of La-doped ZnO for the degradation of monocrotophos in aqueous suspension. *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, 266(1), 148-157.
- Arroyave, J. y Garcés, L. (2006). Tecnologías Ambientalmente Sostenibles. *Rev. Producción + Limpia*, (1), 79-86.
- Arroyave, J., Garcés, L. y Cruz, A. (2011). Comparación de tecnologías de oxidación (TAO's) para la degradación del pesticida Mertect. *Nova*, 9(15), 35-40. <https://doi.org/10.22490/24629448.487>
- Bahnemann, W., Muneer, M. y Haque, M. (2007). Titanium dioxide-mediated photocatalysed degradation of few selected organic pollutants in aqueous suspensions. *Catalysis Today*, 124, 133-148.
- Ballesteros, M., Sánchez, J., Casas, J., Oller, I. y Malato, S. (2009). Degradation of a four-pesticide mixture by combined photo Fenton and biological oxidation. *Water Research*, 43(3), 653-660.
- Batista, A. y Pupo, R. (2012). Parameters affecting sulfonamide photo-Fenton degradation Iron complexation and substituent group. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 232, 8-13.
- Bouras, P., Stathatos, E. y Lianos, P. (2007). Pure versus metal-ion-doped nanocrystalline titania for photocatalysis. *Applied Catalysis B: Environmental Journal*, 73(1), 51-59.
- Caldas, E., Coelho, R., Souza, L. y Silva, S. (1999). Organochlorine pesticides in water, sediment, and fish of Paranoa Lake of Brasilia, Brazil. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 2, 199-206.
- Canonica, S. y Freiburghaus, M. (2001). Electron-rich phenols for probing the photochemical reactivity of freshwaters. *Environmental Science Technology*, 35, 690-695.
- Cao, Y., Tan, H., Shi, T., Tang, T. y Li, L. (2008). Preparation of Ag-doped TiO_2 nano particles of photocatalytic degradation of acetamiprid in water. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 83, 546-552.
- Cárdenas, S., Marquez, A., Guevara, E. y Rey, D. (2018). Caracterización de plaguicidas organoclorados en agua y sedimentos en el río Tucutunemo, Venezuela. *Tecnología y ciencias del agua*, 9(5), 131-169. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2018-05-06>
- Carter, S., Stefan, M., Bolton, J. y Amiri, A. (2000). UV/ H_2O_2 Treatment of methyl tert-butyl ether in contaminated waters. *Environmental Science & Technology*, 34, 659-662.

- Černigoj, U., Štangar, U. y Trebše, P. (2007). Degradation of neonicotinoid insecticides by different advanced oxidation processes and studying the effect of ozone on TiO_2 photocatalysis. *Applied Catalysis B-Environmental Journal*, 75(3), 229-238.
- Chan, K. y Chu, W. (2009). Riboflavin-sensitized photooxidation of phenylurea herbicide monuron in aqueous peroxide solution. *Chemical Engineering Journal*, 152, 103-109.
- Chelme-Ayala, P., El-Din, M. y Smith, D. (2010). Degradation of bromoxynil and trifluralin in natural water by direct photolysis and UV plus H_2O_2 advanced oxidation process. *Water Research*, 44, 2221-2228.
- Chen, H., Ku, Y. y Kuo, Y. (2007). Effect of Pt/TiO_2 characteristics on temporal behavior of o-cresol decomposition by visible light-induced photocatalysis. *Water Research*, 41, 2069-2078.
- Chu, W. y Rao, Y. (2012). Photocatalytic oxidation of monuron in the suspension of WO_3 under the irradiation of UV-visible light. *Chemosphere*, 86(11), 1079-1086.
- Colabuono, F., Taniguchi, S. y Montone, R. (2010). Polychlorinated biphenyls and organochlorine pesticides in plastics ingested by seabirds. *Marine Pollution Bulletin*, 60(4), 630-634. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2010.01>
- Crank, G. y Mursyidi, A. (1992). Oxidations of thioureas with photochemically generated singlet oxygen. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 64(3), 263-271.
- Daneshvar, N., Aber, S., SeyedDorraj, M., Khataee, A. y Rasoulifard, M. (2007). Photocatalytic degradation of the insecticide diazinon in the presence of prepared nanocrystalline ZnO powders under irradiation of UV-C light. *Separation and Purification Technology*, 58, 91-98.
- Devi, L. y Murthy, B. (2008). Characterization of Mo doped TiO_2 and its enhanced photocatalytic activity under visible light. *Catalysis Letter*, 215, 320-330.
- Devi, L. y Murthy, B. (2009). Structural characterization of Th-doped TiO_2 photocatalyst and its extension of response to solar light for photocatalytic oxidation of Oryzalin pesticide: a comparative study. *Central European Journal of Chemistry*, 7(1), 118-129.
- Dobosz, A. y Sobczynski, A. (2003). The influence of silver additives on titania photoactivity in the photooxidation of phenol. *Water Research*, 37, 1489-1496.
- Domenech, X., Wilson, F., Jardim, W. y M., L. (2004). Procesos avanzados de oxidación para la eliminación de contaminantes. En M. Blesa y B. Sánchez (Eds.), *Eliminación de contaminantes por fotocatálisis heterogénea*. Colección Documentos Ciemat.
- Dvoranova, D., Brezova, V., Mazur, M. y Malati, M. (2002). Investigations of metal doped titanium dioxide photocatalysts. *Applied Catalysis B: Environmental Journal*, 37, 91-105.
- El Azzouzi, M., Bensaoud, A., Bouhaouss, A., Guittonneau, S., Dahchour, A., Meallier, P. y Piccolo, A. (1999). Photodegradation of imazapyr in the presence of humic substances. *Fresenius Environmental Bulletin and Advances in Food*, 8, 478-485.
- Farre, M., Maldonado, M., Gernjak, W., Oller, I., Malato, X., S. and Domènech y Peral, J. (2008). Coupled solar photo-Fenton and biological treatment for the degradation of diuron and linuron herbicides at pilot scale. *Chemosphere*, 72(4), 622-629.

- Fenoll, J., Hellín, P., Martínez, C., Flores, P. y Navarro, S. (2012). Semiconductor oxides-sensitized photodegradation of fenamiphos in leaching water under natural sunlight. *Applied Catalysis B: Environmental Journal*, 31-37.
- Fresno, F., Guillard, C., Coronado, J., Chovelon, J., Tudela, D., Soria, J. y Herrmann, J. (2005). Photocatalytic degradation of a sulfonylurea herbicide over pure and tinted TiO_2 photocatalysis. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 173, 13-20.
- Galadi, A. y Julliard, M. (1996). Photosensitized oxidative degradation of pesticides. *Chemosphere*, 33, 1-15.
- Galindo, F., Gomez, R. y Aguilar, M. (2008). Photodegradation of the herbicide 2,4-dichlorophenoxyacetic acid on nanocrystalline TiO_2 - CeO_2 sol-gel catalyst. *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, 281, 119-125.
- Garcés, L. (2005). Cinética de degradación y mineralización del colorante naranja reactivo 84 en aguas. *Revista Lasallista de Investigación*, 2, 21-25.
- Garcés, L., Hernández, M., Peñuela, G., Rodríguez, A. y Salazar, J. (2005). Degradación de aguas residuales de la industria textil por medio de fotocatalisis. *Revista Lasallista de Investigación*, 2, 15-18.
- Gerischer, H. y Heller, A. (1991). The role of oxygen in photooxidation of organic molecules on semiconductor particles. *J. Phys. Chem.*, 95, 5261-5267.
- Ghosh, P., Samanta, A. y Ray, S. (2010). COD reduction of petrochemical industry wastewater using Fenton's oxidation. *The Canadian Journal of Chemical Engineering*, 6, 1021-1026.
- Golfonopoulos, S., Nikolaou, A., Kostopoulou, M., Xilourgidis, N., Vagi, M. y Lekkas, D. (2003). Organochlorine pesticides in the surface waters of Northern Greece. *Chemosphere*, 4, 507-516.
- Gomathi, D., Narasimha, M. y Girish, K. (2009). Photocatalytic activity of V^{5+} , Mo^{6+} and Th^{4+} doped polycrystalline TiO_2 for the degradation of chlorpyrifos under UV/solar light. *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, 1308(1), 174-181.
- Guo, Y., Meng, X., Tang, H. y Zeng, E. (2008). Tissue distribution of organochlorine pesticides in fish collected from the Pearl River Delta, China: Implications for fishery input source and bioaccumulation. *Environmental Pollution*, 1, 150-156.
- Halladja, S., Amine-Khodja, A., Halle, T., Boulkamh, A. y Richard, C. (2007). Photolysis of fluometuron in the presence of natural water constituents. *Chemosphere*, 69, 1647-1654.
- Haraguchi, K., Kitamura, E., Yamashita, T. y Kido, A. (1994). Simultaneous determination of trace pesticides in urban air. *Atmospheric Environment*, 7, 1319-1325.
- Herrmann, J. (1999). Heterogeneous photocatalysis: fundamentals and applications to the removal of various types of aqueous pollutants. *Catalysis Today*, 53, 115-129.
- Hoffmann, M., Martin, S., Choi, W. y Bahnemann, D. (1995). Environmental Applications of Semiconductor Photocatalysis. *Chemical Review*, 95, 69-96.
- Hustert, K., Moza, P. y Kettrup, A. (1999). Photochemical degradation of carboxin and oxycarboxin in the presence of humic substances and soil. *Chemosphere*, 38, 3423-3429.

- Jayaraj, R., Megha, P. y Sreedev, P. (2016). Organochlorine pesticides, their toxic effects on living organisms and their fate in the environment. *Interdisciplinary Toxicology*, 9(3-4), 90-100. <https://doi.org/10.1515/intox-2016-0012>
- Jonsson, M., Lind, J., Reitberger, T., Eriksen, T. y Merényi, G. (1993). Free radical combination reactions involving phenoxy radicals. *Journal of Physical Chemistry A*, 97, 8229-8233.
- Kabra, K., Chaudhary, R. y Sawhney, R. (2004). Treatment of hazardous organic and inorganic compounds through aqueous-phase photocatalysis: A review. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 43(24), 7683-7696.
- Kalyabina, V., Esimbekova, E., Kopylova, K. y Kratasyuk, V. (2021). Toxicology Reports. *Pesticides: formulators, distribution pathways and effects on human health – a review*, 8, 1179-1192. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2021.06.004>
- Kamiya, M., Kameyama, K. y Ishiwata, S. (2001). Effects of cyclodextrins on photodegradation of organophosphorus pesticides in humic water. *Chemosphere*, 42, 251-255.
- Kato, S., Hirano, Y., Iwata, M., Sano, T., Takeuchi, K. y Matsuzawa, S. (2005). Photocatalytic degradation of gaseous sulphur compounds by silver-deposited titanium dioxide. *Applied Catalysis B: Environmental Journal*, 57, 109-115.
- Katsumata, H., Sad, M., Nakaoka, Y., Kaneco, S., Suzuki, T. y Ohta, K. (2009). Photocatalytic degradation of diuron in aqueous solution by platinized TiO_2 . *Journal of Hazardous Materials*, 171(1), 1081-1087.
- Kavitha, V. y Palanivelu, K. (2004). The role of ferrous ion in Fenton and photo-Fenton processes for the degradation of phenol. *Chemosphere*, 55(9), 1235-1243.
- Kearney, P., Muldoon, M. y Somich, C. (1987). UV-ozonation of eleven major pesticides as a waste disposal pretreatment. *Chemosphere*, 10, 2321-2330.
- Kennedy, J. y Pottier, P. (1992). New trends in photobiology: endogenous protoporphyrin IX, a clinically useful photosensitizer for photodynamic therapy. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 14(4), 275-292.
- Kohler, H. y Triebkorn, R. (2013). Wildlife Ecotoxicology of Pesticides: Can We Track Effects to the Population Level and Beyond? *Science*, 341(6147), 759-765. <https://doi.org/10.1126/science.1237591>
- Korte, F., Kostantinova, T., Mansour, M., Ilieva, P. y Bogdanova, A. (1997). On the photodegradation of some unsaturated triazine derivatives with herbicide and bactericide activity. *Chemosphere*, 35, 51-54.
- Kundu, S., Pal, A. y Dikshit, A. (2005). UV induced degradation of herbicide 2, 4-D: kinetics, mechanism and effect of various conditions on the degradation. *Separation and purification technology*, 2, 121-129.
- Lachheb, H., Houas, A. y Herrmann, J. (2008). Photocatalytic degradation of polynitrophenols on various commercial suspended or deposited titania catalyst using artificial and solar light [Article ID 497895]. *International Journal of Photoenergy*. <https://doi.org/10.1155/2008/497895>

- Lam, M., Tantuco, K. y Mabury, S. (2003). A New Approach in Accounting for the Contribution of Indirect Photolysis of Pesticides and Pharmaceuticals in Surface Waters. *Environmental Science & Technology*, 5, 899-907.
- Lambropoulou, D., Konstantinou, I., Albanis, T. y Fernández, A. (2010). Photocatalytic degradation of the fungicide Fenhexamid in aqueous TiO_2 suspensions: Identification of intermediates products and reaction pathways. *Chemosphere*, 83(3), 367-378. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2010.1>
- Lana-Villarreal, T., Rodes, A., Perez, J. y Gomez, R. (2005). A Spectroscopic and Electrochemical Approach to the Study of the Interactions and Photoinduced Electron Transfer between Catechol and Anatase Nanoparticles in Aqueous Solution. *Journal of American Chemical Society*, 127, 12601-12611.
- Lin, Y., Lin, C., Yeh, K. y Lee, A. (2000). Bull. Environ. Contam. Toxicol. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 64, 780-785.
- Liqiang, J., Dejun, W., Baiqi, W., Shudan, L., Baifu, X., Honggang, F. y Jiazhong, S. (2006). Effects of noble metal modification on surface oxygen composition, charge separation and photocatalytic activity of ZnO nanoparticles. *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, 244, 193-200.
- Lopez, J., García, F., González, M., Capparelli, A., Oliveros, E., Hashem, T. y Braun, A. (2000). Hydroxyl radical initiated photodegradation of 4-chloro-3,5-dinitrobenzoic acid in aqueous solution. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 137, 177-184.
- Luo, X., Mai, B., Yang, Q., Fu, J., Sheng, G. y Wang, Z. (2004). Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and organochlorine pesticides in water columns from the Pearl River and the Macao harbor in the Pearl River Delta in South China. *Marine Pollution Bulletin*, 11, 1102-1115.
- Lushchak, V., Matviishyn, T., Husak, V., Storey, J. y Storey, K. (2018). Pesticide toxicity: a mechanistic approach. *EXCLI Journal*, 17, 1101-1136. <https://doi.org/10.17179/excli2018-1710>
- Madani, M., Guillard, C., Pérol, N., Chovelon, J., Azzouzi, M., Zrineh, A. y Herrmann, J. (2006). Photocatalytic degradation of diuron in aqueous solution in presence of two industrial titania catalysts, either as suspended powders or deposited on flexible industrial photoresistant papers. *Applied Catalysis B-Environmental Journal*, 65(1), 70-76.
- Mill, T. (1999). Predicting photoreaction rates in surface waters. *Chemosphere*, 38, 1379-1390.
- Mohan, J., Mudaliar, M., Aravindakumar, C., Madhav, B. y Mittal, J. (1991). Studies on structure-reactivity in the reaction of OH radicals with substituted halobenzenes in aqueous solutions. *Journal of the Chemical Society Perkin Transactions*, 2, 1387-1392.
- Mongar, K. y Miller, G. (1988). Vapor phase photolysis of trifluralin in an outdoor chamber. *Chemosphere*, 17, 2183-2188.

- Monllor-Satoca, D., Borja, L., Rodes, A., Gomez, R. y Salvador, P. (2006). Photoelectrochemical behavior of nanostructured WO_3 thin-film electrodes: The oxidation of formic acid. *Chem. Phys. Chem.*, 7, 2540-2551.
- Morris, A., Muir, D., Solomon, K., Letcher, R., McKinney, M., Fisk, A. y Duric, M. (2016). Current-use pesticides in seawater and their bioaccumulation in polar bear-ringed seal food chains of the Canadian Arctic. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 35(7), 1695-1707. <https://doi.org/10.1002/etc.3427>
- Moza, P., Hustert, K., Feicht, E. y Kettrup, A. (1998). Photolysis of imidacloprid in aqueous solution. *Chemosphere*, 36, 497-502.
- Muñoz, A., Person, A., Calvé, S., Mellouki, A., Borrás, E., Daële, V. y Vera, T. (2011). Studies on atmospheric degradation of diazinon in the EUPHORE simulation chamber. *Chemosphere*, 5, 724-730.
- Neyens, E. y Baeyens, J. (2003). A review of classic Fenton's peroxidation as an advanced oxidation technique. *Journal of Hazardous Materials*, 1(3), 33-50.
- Nienow, A., Bezares-Cruz, J., Poyer, I., Hua, I. y Jafvert, C. (2008). Hydrogen peroxide-assisted UV photodegradation of Lindane. *Chemosphere*, 11, 1700-1705.
- Nowakowska, M., Sterzel, M., Zapotoczny, S. y Kot, E. (2005). Photosensitized degradation of ethyl parathion pesticide in aqueous solution of anthracene modified photoactive dextran. *Applied Catalysis B: Environmental Journal*, 57, 1-8.
- Ontario Ministry of Agriculture and Food (OMAF). (1991). *Grower Pesticide Safety Course*.
- Pajares, A., Gianotti, J., Haggi, E., Stettler, G., Amat-Guerri, F., Criado, S., Miskoski, S. y García, N. (1998). Kinetic study of the singlet molecular oxygen-mediated photodegradation of monohydroxylated n-heteroaromatic compounds. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 119, 9-14.
- Pérez, J. y Merino, M. (2015). *Definición de pesticida*. <http://definicion.de/pesticida/>
- Pignatello, J., Oliveros, E. y MacKay, A. (2006). Advanced Oxidation Processes for Organic Contaminant Destruction Based on the Fenton Reaction and Related Chemistry. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 1, 1-84.
- Rao, Y. y Chu, W. (2009). A new approach to quantify the degradation kinetics of linuron with UV, ozonation and UV/ O_3 processes. *Chemosphere*, 74, 1444-1449.
- Rengaraj, S., Li, X., Tanner, P., Pan, Z. y Pang, G. (2005). Photocatalytic degradation of methylparathion e an endocrine disruptor by Bi^{3+} - doped TiO_2 . *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, 247, 36-43.
- Richard, C. y Canonica, S. (2005). Environmental Photochemistry Part II. En P. Boule, D. Bahnemann y P. Robertson (Eds.), *Handbook of Environmental Chemistry* (pp. 299-323). Springer.
- Rojas, M. y Espinosa, C. (2015). Contaminantes químicos en agua y aire en Venezuela (2006-2013). *Salus*, 19(2), 46-54.
- Rupa, D., Reddy, P. y Reddi, O. (1991). Reproductive performance in population exposed to pesticides in cotton fields in India. *Environmental Research*, 2, 123-128.

- Sailaja, N., Chandrasekhar, M., Rekhadevi, P., Mahboob, M., Rahman, M., Vuyyuri, S. y Grover, P. (2006). Genotoxic evaluation of workers employed in pesticide production. *Mutation Research - Genetic Toxicology*, 8, 75-80.
- Santato, C., Ulmann, M. y Augustynski, J. (2001). Enhanced Visible Light Conversion Efficiency Using Nanocrystalline WO_3 Films. *Advanced Materials*, 13, 511-514.
- Senthilnathan, J. y Philip, L. (2010). Photocatalytic degradation of lindane under UV and visible light using N-doped TiO_2 . *Chemical Engineering Journal*. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2010.04.034>
- Silva, M., Burro, H., Miguel, M. y Formosinho, S. (1996). Tris-2-29-bipyridylruthenium (II) peroxydisulphate as a photosensitizer in the oxidative degradation of 4-chlorophenol. *Physical Chemistry*, 100, 138-143.
- Silva, M., Trovó, A. y Nogueira, R. (2007). Degradation of the herbicide tebuthiuron using solar photo-Fenton process and ferric citrate complex at circumneutral pH. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 91, 187-192.
- Silvalingam, G., Priya, M. y Madras, G. (2004). Kinetics of the photodegradation of substituted phenols by solution combustion synthesized TiO_2 . *Applied Catalysis B-Environmental Journal*, 51, 67-76.
- Sobczynski, A., Duczmal, L. y Zmudzinski, W. (2004). Phenol destruction by photocatalysis on TiO_2 : an attempt to solve the reaction mechanism. *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, 213, 225-230.
- Šojić, D., Despotovic, V., Abazovic, N., Mirjana, I., Comor, M. y Abramovic, B. (2010). Photocatalytic degradation of selected herbicides in aqueous suspensions of doped titania under visible light irradiation. *Journal of Hazardous Material*, 179, 49-56.
- Šojić, D., Despotovic, V., Orčić, D., Szabó, E., Arany, E., Armaković, S. y Abramović, B. (2012). Degradation of thiamethoxam and metoprolol by UV, O_3 , UV/ O_3 hybrid processes: Kinetics, degradation intermediates and toxicity. *Journal of Hydrology*, 472-473.
- Stefan, M. y Bolton, J. (1999). Reinvestigation of the Acetone Degradation Mechanism in Dilute Aqueous Solution by the UV/ H_2O_2 Process. *Environmental Science & Technology*, 33, 870-873.
- Stefan, M. y Bolton, J. (2000). Degradation pathways during the treatment of methyl tert-butyl ether by the UV/ H_2O_2 process. *Environmental Science & Technology*, 34, 650-658.
- Sun, H., Bai, Y., Liu, H., Jin, W. y Xu, N. (2009). Photocatalytic decomposition of 4-chlorophenol over an efficient N-doped TiO_2 under sunlight irradiation. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 201, 15-22.
- Sundstrom, D., Klei, H., Nalette, T., Reidy, D. y Weir, B. (2009). Destruction of halogenated aliphatics by ultraviolet catalyzed oxidation with hydrogen peroxide. *Waste and Hazard*, 3, 101-110.
- Swarnalatha, B. y Anjaneyulu, Y. (2004). Studies on the heterogeneous photocatalytic oxidation of 2,6-dinitrophenol in aqueous TiO_2 suspension. *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, 223, 161-165.

- Vargas, F., León, M. y Angulo, B. (2021). Phorphyrins and Phthalocyanines. Synthesis, properties and photocatalytic activity for wastewater treatment. *Catálisis*, 1, 1-11. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4768557>
- Waldner, G., Gomez, R. y Neumann-Spallart, M. (2007). Using photoelectrochemical measurements for distinguishing between direct and indirect hole transfer processes on anatase: Case of oxalic acid. *Electrochimica Acta*, 52, 2634.
- Wang, H., Lindgren, T., He, J., Hagfeldt, A. y Lindquist, S. (2000). Photoelectrochemistry of nanostructured WO₃ thin film electrodes for water oxidation: mechanism of electron transport. *The Journal of Physical Chemistry B*, 104, 5686-5696.
- Wang, Y. y Lin, J. (1995). Estimation of selected phenols in drinking water with in situ acetylation and study on the DNA damaging properties of polychlorinated phenols. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 28(4), 537-542. <https://doi.org/10.1007/bf00211639>
- Weber, J., Kurková, R., Klánová, J., Klán, P. y Halsall, C. (2009). Photolytic degradation of methyl-parathion and fenitrothion in ice and water: Implications for cold environments. *Environmental Pollution*, 57, 3308-3313.
- Winter, C. (2012). Pesticide residues in foods. *Chemical Contaminants and Residues in Food*, 183-200. <https://doi.org/10.1533/9780857095794.2.183>
- Wu, C. y Linden, K. (2010). Phototransformation of selected organophosphorus pesticides: Roles of hydroxyl and carbonate radicals. *Water Research*, 12, 3585-3594.
- Yao, B., Wang, C., Wang, Y. y Zhao, G. (2007). Preparation of performances of RuO₂/TiO₂ films photocatalyst supported on float pearls. *Chinese Journal of Chemical Physics*, 20(6), 789-795.
- Yeasmin, L., MacDougall, S. y Wagner, B. (2009). UV-A photochemistry of the pesticide azinphos-methyl: Generation of the highly fluorescent intermediate N-methylantranilic acid. *Journal of Photochemistry and Photobiology, A Chemistry*, 204, 217-223.
- Yu, B., Zeng, J., Gong, L., Yang, X., Zhang, L. y Chen, X. (2008). Photocatalytic degradation investigation of dicofol. *Chinese Science Bulletin*, 53(1), 27-32.
- Zapata, A., Oller, I., Rizzo, L., Hilger, S., Maldonado, M., Sánchez-Pérez, J. y Malato, S. (2010). Evaluation of operating parameters involved in solar photo-Fenton treatment of wastewater: Interdependence of initial pollutant concentration, temperature and iron concentration. *App. Catal. B-Environ*, 97(1), 292-298.
- Zertal, A., Jacquet, M., Lavédrine, B. y Sehili, T. (2005). Photodegradation of chlorinated pesticides dispersed on sand. *Chemosphere*, 10, 1431-1437.
- Zhang, L., Yan, F., Su, M., Han, G. y Kang, P. (2009). A study on the degradation of methamidophos in the presence of nano-TiO₂ catalyst doped with Re. *Russian Journal of Inorganic Chemistry*, 54(8), 1210-1216.
- Zhang, L., Yan, F., Wang, Y., Guo, X. y Zhang, P. (2006). Photocatalytic degradation of methamidophos by UV irradiation in the presence of nano TiO₂. *Inorganic Materials*, 42(12), 1379-1387.

- Zhang, Z., Huang, J., Yu, G. y Hong, H. (2004). Occurrence of PAHs, PCBs and organochlorine pesticides in the Tonghui River of Beijing, China. *Environmental Pollution*, 2, 249-261.
- Zhou, R., Zhu, L. y Kong, Q. (2007). Persistent chlorinated pesticides in fish species from Qiantang River in East China. *Chemosphere*, 5, 838-847.
- Zmudzinski, W., Sobczynska, A. y Sobczynski, A. (2007). Oxidation of phenol and hexanol in their binary mixtures on illuminated titania: Kinetic studies. *Reaction Kinetics and Catalysis Letters*, 90, 293-300.

Redacción de textos para publicaciones científicas

Writing texts for scientific publications

María Acosta ¹

Centro Nacional de Desarrollo e Investigación en Tecnologías Libres, Mérida, Venezuela¹
macosta@cenditel.gob.ve¹

Fecha de recepción: 31/03/22

Fecha de aceptación: 27/04/2022

Pág: 72 – 82

Resumen

La investigación científica en su labor en pro del conocimiento innovador, debe conformar un dúo inseparable con la divulgación o difusión de los resultados para compartir el saber mediante la comunicación de los mismos, pues solo así pasará a formar parte del conocimiento científico; pero precisamente dar el paso firme para escribir el texto orientado a la publicación es uno de los procesos que más dificultad genera en los investigadores, porque no todos tienen las habilidades y competencias para construir el discurso especializado con una estructura específica, creativa y sistematizada que sea apto para la evaluación por especialistas para ser validado y finalmente publicado. Dentro de este contexto se ubica el ensayo presentado, cuyo propósito es proporcionar algunas recomendaciones sobre la redacción de textos científicos conducentes a publicación, como marco para contribuir a la difusión de resultados y eficiente construcción de significados.

Palabras clave: difusión, divulgación, investigador, publicación, redacción científica.



Esta obra está bajo licencia CC BY-NC-SA 4.0.

Abstract

Scientific research in its endeavor for innovative knowledge must form an unsplittable duo with the disclosure or dissemination of results to share knowledge through its divulgation, owing to the fact only then will it become part of scientific knowledge; but precisely taking the firm step to write the publication-oriented text is one of the processes that generates the most difficulty in researchers, because not all of them have the skills and competencies to build the specialized discourse with a specific, creative and systematized structure that is leading to evaluation by specialists to be validated and finally published. Within this context, is found the present essay, which purpose is to provide some recommendations on the writing of scientific texts leading to publication, as a framework to contribute to the dissemination of results and efficient construction of meanings.

Key words: dissemination, outreach, publication, researcher, scientific writing.

Introducción

Un artículo para ser publicado en una revista científica es un tipo particular de texto cuyo género discursivo pertenece a lo que se conoce como publicación científica, puede ser entendido como el producto final de un proceso de investigación de cualquier naturaleza que tiene como propósito explicar de manera detallada pero clara y concisa, la totalidad o parte de los resultados de una investigación, para divulgarlos y reflexionar al respecto. Por consiguiente, debe estar redactado de forma tal que mantenga una secuencia lógica en la exposición de los argumentos y sistematización de los hallazgos obtenidos, manteniendo el carácter de suficiencia, es decir, que le permita a los pares evaluar y repetir las experiencias, siendo diferenciadas de las reflexiones u opiniones emitidas sobre ello.

Al respecto, se destacan dos características que le dan rigor científico a los artículos como condición para que este género cumpla su propósito, la originalidad y la divulgación, es decir, por un lado que informe o de cuenta de un proceso de investigación que exprese avances, nuevos conocimientos o contribuciones al mundo científico y por el otro, la transferencia de conocimiento en medios especializados. En ese sentido, lo que se investiga y no se registra, o lo que se escribe y no se divulga, es como si no existiera, pues pierde vigencia en el tiempo y la posibilidad de ser conocido por el resto del mundo; como bien lo expresa Gerald Piel, editor por muchos años de la Revista Scientific American “sin publicación la ciencia está muerta” (citado por, Flores, 2018, s.p.) en otras palabras, la investigación científica realmente concluye cuando los resultados son publicados en forma de artículo.

En todo caso, adentrarse en el mundo de la escritura para la publicación de un artículo científico conlleva a asumir la producción de conocimiento, y por ende, el proceso de

investigación que esto trae consigo, porque publicar un artículo sin haber investigado es una fantasía y la reflexión propia sin argumentos tampoco es conducente a una publicación, pero como resultado de ese gran trabajo también implica prepararlo para el diálogo con los pares, validarlo, refutarlo y sobre todo dejarlo al servicio del conocimiento, cuya tarea constituye cierto grado de dedicación, tiempo y esfuerzo que exige una serie de destrezas y habilidades para seleccionar la información y estructurarla sin arriesgar la calidad del texto, aspecto que se aprende con constancia, práctica, entrenamiento y el conocimiento de normas para su estructuración.

Fundamentalmente, es preciso comprender que los trabajos de grado o tesis, por dar un ejemplo, no son aptos como artículo que pueda ser publicado en una revista científica, por lo tanto debe ser concebido por su autor como un texto independiente desde el principio de su redacción hasta las conclusiones. Sin embargo, éstos si representan un insumo de importancia para obtener uno o más artículos, pero teniendo en cuenta que se trata de un escrito nuevo en el que hay que seleccionar la información que va a ser utilizada y sistematizada bajo las normas de publicación.

Esto requiere que se condensen grandes cantidades de información, se comienza entonces con un proceso de selección controlada y sistematizada de síntesis que conducirá al nuevo texto en el que se desarrollará un tema con su respectiva teoría, metodología, datos, análisis y resultados, en un espacio relativamente breve, como normalmente suele ser por restricciones de extensión establecidas en los espacios de divulgación. Una vez finalizado, se debe escoger la revista en la que se va a publicar para adaptar el escrito a sus normas editoriales y poder optar a su publicación.

De esta manera, el conocimiento de los procesos de publicación puede contribuir en la efectividad del producto a entregar, razón por la cual es conveniente estar atentos, tomando en cuenta que muchos trabajos son rechazados por no cumplir con los aspectos formales requeridos, por omisión o malinterpretación de las políticas internas de la revista.

Por último, al ser recibido y aceptado por el equipo editorial, se comienza la etapa de lectura o referato, evaluación y valoración por parte de pares disciplinares, proceso al cual se le conoce como arbitraje, que es hoy en día el método más usado para garantizar que el conocimiento que se difunde presente calidad y rigor; para ser finalmente publicado (Bolívar, 2008). Dicha etapa de arbitraje demanda que el autor tenga una actitud abierta para recibir correcciones y entender que el aprendizaje es un proceso continuo, que hay personas calificadas y con la autoridad científica suficiente para evaluar, corregir, sugerir y hasta rechazar un artículo postulado a la publicación por razones suficientemente argumentadas.

Enmarcado en este contexto, a continuación se presenta una serie de consideraciones a tomar en cuenta al redactar artículos o textos científicos para ser postulados a publicación en medios

especializados para ello, con el fin de brindar una guía referencial para los autores, como marco para contribuir a la difusión de resultados y eficiente construcción de significados.

La redacción de textos científicos para publicación

La redacción de textos científicos para la publicación, es una labor continua que requiere de tiempo y análisis de resultados, para que exista correlación entre lo que se investigó, lo que se obtuvo y lo que se va a dar a conocer, es por ello que en un texto científico, se debe encontrar información relevante y suficiente que dé cuenta de todo el proceso de investigación y para lograr esto, el autor debe tener como meta comunicarlo eficazmente bajo las normas editoriales establecidas, de modo que quien lo lea entienda claramente lo expresado mediante un lenguaje en el que se transmita el sentido de la investigación sin dejar nada a la imaginación, al punto que “hay que escribir con apego a las normas del idioma, entender el proceso de escritura y cumplir los tres principios básicos de la redacción científica: precisión, claridad y brevedad del lenguaje” (Texidor et al., 2012, s.p.).

Justamente esa es una de las incertidumbres a las que se enfrenta un investigador en el momento de comunicar los resultados obtenidos, ya que escribir bajo un formato estructurado de artículo científico no resulta tarea fácil, de forma tal que se comprenda cabalmente la propuesta del autor y a su vez se transmita un mensaje que genere conocimiento en quien lo lee. Para ello, es necesario dominar los recursos comunicativos propios de la redacción científica, respecto a estructura y funcionamiento, caracterizada por una organización adecuada, claridad en el lenguaje usado, sintaxis simple y puntuación correcta, independientemente del idioma utilizado.

Hay que reconocer que existe una unidad dialéctica entre el desarrollo intelectual del investigador y la construcción de textos, puesto que son resultado de la expresión lógica del autor, en donde expresa dominio pleno de los aspectos relacionados con la investigación y a su vez de los aspectos formales del lenguaje que emplea. De allí la importancia de que los investigadores tengan habilidades para la comunicación de resultados, donde se vislumbre un encadenamiento complejo de ideas y líneas argumentativas bien definidas pasando de la práctica investigativa a la escritura de los resultados con significado, coherencia, sentido y creatividad.

Para ello, según Mari-Mutt (2010), se deben reunir los siguientes requisitos para escribir un artículo científico:

Dominar el idioma: escribir oraciones completas y coherentes, construir párrafos que lleven al lector lógicamente de un tema al próximo y usar con destreza las palabras y los signos de puntuación. Enfocarse en el trabajo: establecer un plan de trabajo con fechas, reservar tiempo para escribir y cumplir las metas según lo pautado. Dedicar

tiempo a la revisión y corrección del artículo: la redacción efectiva es producto de una escritura y revisión cuidadosa, pausada y constante. Entender y aplicar los principios fundamentales de la redacción científica: escribir con claridad, precisión y brevedad (pp. 21-22).

En función de ello, el desarrollo de habilidades cognitivas para el encadenamiento complejo de ideas mediante la escritura de textos científicos requiere de práctica, no se aprende de un día para otro, pero esta habilidad se adquiere y perfecciona precisamente con la experiencia, manteniendo hábitos de lecto - escritura constantes y tratando de ser creativo para plasmar las ideas, así como reservando tiempo suficiente para escribir, revisar y reescribir.

Dónde publicar un artículo científico

Uno de los formatos de divulgación ampliamente conocido para develar nuevos conocimientos producto de la práctica investigativa, es a través de revistas científicas que publican periódicamente artículos de investigación con el objetivo de informar sobre los avances actuales de la ciencia en un campo específico de conocimiento, luego de ser evaluado por expertos y aprobado por parte de pares disciplinares. Es por esta razón, que con más de tres siglos de antigüedad, las publicaciones científicas formales continúan considerándose como los eslabones básicos en el proceso de transferencia y difusión de la ciencia y un instrumento privilegiado para la comunicación entre investigadores (López y Cordero, 2005).

Con relación a ello, la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), (citado en Jiménez y Castañeda, 2003) define a la revista científica como:

Publicación periódica que presenta especialmente artículos científicos, escritos por autores diferentes, e información de actualidad sobre investigación y desarrollo de cualquier área de la ciencia. Tiene un nombre distintivo, se publica a intervalos regulares, por lo general varias veces al año, y cada entrega está numerada o fechada consecutivamente. Su componente básico, el artículo científico, es un escrito en prosa, de regular extensión, publicado como una contribución al progreso de una ciencia y arte.(p.1)

Éstas representan el registro público que comunica el mensaje científico, sirviendo de canal directo entre los autores y los lectores, de forma tal que se genera un sistema que organiza los conocimientos, iniciando con la información creada por los autores, que luego es optimizada por los editores y revisores del equipo editorial de la revista y finalmente difundida para ser recibida por los usuarios o lectores, ya sea para integrarla a sus conocimientos o para crear nuevos a través de ella. Actualmente, existe gran cantidad de revistas científicas con ejemplares en físico o digital, de diversa periodicidad, con líneas temáticas específicas o abiertas, cada una

de las cuales obedece a diversos criterios para la aceptación de artículos.

Al respecto, el autor debe ser cuidadoso al elegir adecuadamente la revista a la que va a enviar su contribución con base en el contenido del producto, pues la idea no es publicar en cualquier revista sino en una cuya área temática se adapte al tipo de investigación y dentro de este grupo, la que cumpla con ser arbitrada e indizada. De igual modo, es necesario que se revise minuciosamente el campo de revistas disponibles, los lapsos de convocatoria vigente, así como las políticas y normas editoriales, aspectos indispensables para asegurar la coherencia entre lo que espera la revista del artículo a recibir y lo que éste puede ofrecer, ya que muchos artículos son rechazados porque no cumplen con las pautas y normas de la revista.

Tomando en cuenta lo descrito, la revista científica que más interés causa en los autores para la publicación de sus textos científicos, es la que cumple con:

1. El hecho de ser arbitrada e indizadas, es decir una evaluación de jueces a “doble ciego” y un “registro” internacional, 2. una periodicidad estable y conocida a fin de facilitar el seguimiento y debate; y, 3. están prestigiadas y reconocidas por específicas comunidades científicas (Rojas, 2008, p.131).

Detallando un poco, el arbitraje tiene como objetivo evaluar la calidad y rigor del escrito, previo a la publicación; a fin de promover la máxima calidad posible en el texto, evitar la publicación de trabajos que no son originales o que no contengan información relevante para los lectores de la revista, método que impone un estándar científico uniforme. Según Olave (2010) “existen dos sistemas básicos de arbitraje: anonimato total y anonimato del árbitro, dependiendo de si los árbitros acceden o no a la identidad de los autores. Comúnmente, la identidad de los árbitros es reservada, para evitar comunicación y posible coerción de los autores” (p.75). En ese orden, la función del árbitro es: aceptar totalmente, aceptar con cambios menores, devolverlo para cambios mayores o posibles mejoras o rechazarlo; proceso en el cual, la máxima debe ser la imparcialidad al evaluar el contenido del texto.

Otro punto fundamental, es la inclusión de la revista en sistemas de información, comúnmente denominados indexación o indización, los cuales son listados, en un índice clasificado sistemáticamente y organizado de forma tal que se pueda acceder en cualquier momento, indican una ubicación en atención a criterios de calidad que facilitan su consulta. Pueden ser de carácter regional, nacional o internacional, y hacen referencia al proceso de registro de los datos más importantes de la publicación, se destacan: título, autores, resúmenes y las palabras clave del artículo. Explica Rojas (2008) que “no toda revista arbitrada está indizada pero necesariamente toda revista indizada está arbitrada”, aspecto que le dará mayor visibilidad, impacto y por ende trascendencia al artículo publicado.

Aspectos a tomar en cuenta al redactar textos científicos para publicación

Tal como se ha enunciado a lo largo del artículo, escribir un texto científico amerita tener cuidado y precisión de modo que las ideas expresadas sean captadas y comprendidas de manera directa mediante el uso de ciertas habilidades, es por ello que a continuación se describen algunos aspectos a tomar en cuenta al redactar artículos científicos orientados a publicación:

Desde lo metodológico

- La estructura del artículo debe corresponder a la de un documento técnico - científico y estar adaptado a las normas internas y límites de la revista a la que va a ser enviado, para guardar uniformidad y aspectos estéticos que se requieren.
- Un buen título, resumen revelador y palabras clave bien pensadas con estrategia en los metadatos hará que el artículo se visibilice y posicione.
- Enunciar las ideas con orden lógico, transparencia y eficacia. No todas las personas expresan las ideas de la misma forma, pero es necesario pensarlas para tratar de mantener una secuencia y evitar repetirlas; para ello, es recomendable hacer un esquema que responda preguntas específicas sin mezclar muchas ideas al mismo tiempo.
- Los resultados de la investigación deben ser originales, válidos y fidedignos.
- Responder las interrogantes de la investigación y exponer los resultados con claridad, dando tratamiento adecuado a las conclusiones.
- Sólo deben hacerse citas directamente pertinentes al tema de investigación, haciendo uso de las de reciente data e importancia.
- Cuidar los análisis y reflexiones personales, respecto a las normas éticas que exige un texto científico en cuanto a los resultados expuestos, entre los que se encuentran: responsabilidad, modestia, imparcialidad, objetividad y sinceridad.

Desde la redacción y ortografía

- Es necesario redactar en forma impersonal, en la que el sujeto pierda la categoría de actor. “La utilización de la primera persona se reserva para posiciones muy personales” (Domínguez, 2009).
- La redacción debe hacerse lo suficientemente clara, precisa y breve como para que terceras personas perciban el mensaje que se quiere transmitir, utilizando un lenguaje y estilo sencillo aunque necesariamente técnico y científico pues su complejidad propia no impide que tenga sencillez y claridad, lo que se consigue con oraciones bien construidas.

- Disminuir el uso de lenguaje coloquial (a no ser que sea estrictamente necesario), lenguaje confuso, ininteligible o extraño, sin ninguna explicación o motivo.
- Para el uso de abreviaciones o siglas debe primero definir las y luego utilizarlas en el texto subsiguiente, para evitar confundir y aburrir al lector.
- Para las cifras y unidades de medida debe usarse el Sistema Internacional de Unidades (SI) que es el sistema estándar en el ámbito científico.
- Es indispensable prestar atención en la construcción de párrafos como unidades de ideas con extensión no mayor de 12 líneas ni menor a 5.
- Para obtener una línea coherente de argumentos se deben vincular las ideas mediante el uso de conectores de párrafos, sin repetirlos.
- Evitar un mal uso de los signos de puntuación o ausencia de los mismos, aspecto que hace perder la idea o el interés hacia la lectura. Evalúe la posición de cada signo hasta que exprese lo que quiere transmitir.
- Evitar los errores ortográficos, porque estos pueden “hacer ilegible un texto bien documentado pero mal escrito” (Restrepo-Baena, 2012, p.131). No tomarse el tiempo para leer y releer el artículo dejando pasar errores de ortografía expresa el nivel intelectual del autor.
- Mantener coherencia en los tiempos verbales porque es común leer que se pasa de un tiempo a otro en el mismo párrafo.
- Evitar en lo posible el uso de anglicismos, en el caso que sea necesario importar términos en inglés colocarlos en cursiva.
- Acatar las reglas de uso de las mayúsculas.
- A pesar que las redundancias son comunes en las conversaciones cotidianas, deben evitarse en los textos escritos.

De los intertextos

- Incluir figuras, imágenes, cuadros o esquemas claros, estéticos, entendibles y que contribuyan significativamente al contenido del artículo, es decir, solo si es necesario pues no se debe colocar como un elemento de relleno ya que esta acción plantea problemas de redundancia de contenido.
- Citar a los autores de las ideas que se han tomado parcial o totalmente, según las normas internas de la revista o en su defecto las normas de estilo de organización usadas en la misma.

- Evitar ramificar innecesariamente el texto mediante el abuso de las notas al pie de página, pues su uso es permitido para explicar un vocablo o una idea.
- La bibliografía debe ser de reciente data y mantener correspondencia con la lista de referencias. Es importante, que esté adaptada a las normas, bien sea a las internas de la revista a la cual se va a enviar el artículo o a las sugeridas por ellos.

Revisión del artículo antes de ser enviado a publicación

Luego del proceso de redacción y antes de entregar la versión final es necesaria una revisión exhaustiva del texto, para optimizarlo y evitar que se escapen errores que desvirtúen la eficacia de la intención comunicativa, aspecto que constituye un buen ejercicio de responsabilidad y respeto para quienes serán nuestros lectores. Esta acción pareciera ser obvia, pero resulta frecuente que se omita este paso confiando en el artículo que se ha realizado, cometiendo el error de asegurar que el borrador es la versión definitiva.

En vista de ello, una valiosa recomendación es dejar pasar un tiempo prudencial luego de terminar el proceso de redacción del escrito para que el cerebro se desligue de las ideas plasmadas y afloren los errores que probablemente no se detectaron en una primera mirada, esta acción permite una revisión desde la perspectiva del lector y no del escritor (Cobo, 2015). En esta fase, se debe revisar el texto de manera minuciosa, sin confiar en el editor de correcciones puesto que, muchas veces el significado de una palabra repercute en la forma en que se construye la oración y, simultáneamente, es el orden del discurso el que determina el significado de las unidades y las relaciones entre ellas; por ejemplo, las palabras homónimas y homófonas.

Otro excelente ejercicio es leerlo en voz alta para revisar la puntuación, ya que esto permite hacer pausa en cada signo y determinar si está bien ubicado o falta alguno. También es prudente que se elabore una lista de corrección o rúbrica, que incluya ítems importantes de redacción, ortografía y metodología, que sirva para realizar un chequeo riguroso de todos los aspectos susceptibles a revisión por parte de los evaluadores (Cobo, 2015).

Por otro lado, para tener una garantía de la consistencia del escrito, hágalo revisar por otra persona, una mirada ajena al proceso enriquecerá el texto brindando una nueva perspectiva sobre el contenido y posibles errores que se pudieron escapar en revisiones anteriores, ya que lo más importante es que la versión final haya sido cuidadosamente revisada, tanto en su aspecto disciplinar como de estilo y gramática. Finalmente, cabe mencionar que no se debe confiar en que el equipo editorial o los árbitros le harán las correcciones, lo más probable es que decidan rechazarlo; pues el autor es el responsable de enviar el escrito lo más perfecto posible.

Reflexiones Finales

La forma tradicionalmente usada y efectiva de concluir una investigación, reflexión o encuentro científico es a través de la comunicación de los hallazgos derivados de tal proceso a toda la comunidad científica, actos que están íntimamente relacionados, pues no cabe duda que las investigaciones realmente culminan cuando los resultados son expuestos en revistas científicas como medio empleado por excelencia para la transferencia de información.

En ese sentido, escribir un texto científico conducente a publicación requiere de ciertas habilidades y destrezas que se pueden aprender y perfeccionar, siendo constante, dedicado y sobre todo reservando tiempo para escribir, revisar y reescribir. Un buen artículo científico no se elabora con premura, hay que tomar tiempo para estructurarlo y redactarlo de forma tal que las terceras personas que lo lean reciban el mensaje de manera clara y entendible.

Además, es fundamental conocer a profundidad los procesos inmersos en la publicación de artículos en revistas científicas, para escoger la idónea según el contenido a publicar y ajustarlo desde un comienzo al estilo de la revista, en función de las normas y estándares de corrección a los que será sometido el texto en el arbitraje, facilitando de este modo la labor del equipo editorial y evitando posibles correcciones; lo que estaría directamente relacionado con menos inversión en tiempo y esfuerzo tanto en su elaboración como en su posible corrección, en el caso de que sea devuelto. De cualquier modo, de nada vale invertir meses o hasta años para obtener datos, analizarlos e interpretarlos para luego dejarlos en el olvido, sin publicarlos o publicarlos de una forma deficiente, perdiendo su valor científico y pertinencia.

Referencias

- Bolívar, A. (2008). El informe de arbitraje como género discursivo en la dinámica de la investigación. *ALED*, 8(1), 41-64.
- Cobo, M. (2015). *La necesidad de revisar lo que escribimos*. <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/carton/1/la-necesidad-de-revisar-lo-que-escribimos,%2006%20de%20julio%20de%202015>
- Domínguez, I. (2009). Un acercamiento al lenguaje del texto científico. *VARONA*, 48-49, 67-72. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=360636904010>
- Flores, Y. (2018). La importancia de la divulgación científica. *Iteckne*, 15(1). http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-17982018000100005
- Jiménez, J. y Castañeda, M. (2003). Algunas consideraciones sobre la evaluación de la calidad de las revistas. *Revista de Enfermería IMSS*, 11(1), 1-3.
- López, O. y Cordero, A. (2005). Un intento por definir las características generales de las revistas académicas electrónicas. *Razon y Palabra*, 43. <http://www.razonypalabra.org.mx/libros/libros/caracrevelec.pdf>
- Mari-Mutt, J. (2010). *Manual de redacción científica*. Talleres gráficos universitarios.

- Olave, G. (2010). La publicación de artículos científicos en revistas especializadas: preguntas y recomendaciones. *Revista Académica e Institucional, Páginas de la UCPR*(88), 65-78.
- Restrepo-Baena, E. (2012). Errores comunes en la elaboración de artículos científicos. *Revista CES Med*, 26(1), 131-134.
- Rojas, L. (2008). ¿Por qué publicar artículos científicos? *Revista Científica Electrónica de Ciencias Humanas Orbis*, 10(4), 120-137.
- Texidor, R., Reyes, D. y Camejo, D. (2012). Sugerencias para mejorar el estilo de redacción de un artículo científico en las ciencias de la salud. *Educación Médica Superior*, 26(1).

Importancia del uso de rúbricas en la evaluación de cursos en línea

Importance of using rubrics in assessment of online courses

Carlos González ¹

Centro Nacional de Desarrollo e Investigación en Tecnologías Libres, Mérida, Venezuela¹
cgonzalez@cenditel.gob.ve¹

Fecha de recepción: 06/06/2022

Fecha de aceptación: 14/06/2022

Pág: 83 – 108

Resumen

El diseño y ejecución de cursos en línea es una labor que debe ser monitoreada desde el momento en que se concibe el curso hasta el momento en que se cumple con su aplicación. En cada una de las etapas del curso, es necesario contar con retroalimentación que permita conocer las posibles carencias o aspectos que requieran ser mejorados. Este monitoreo permanente requiere de instrumentos de evaluación adaptados a cada fase del curso, de tal forma que la información pueda ser sistematizada de manera sencilla, fácil de interpretar y que brinde toda la información requerida. En este sentido, las rúbricas juegan un papel de fundamental importancia para construir instrumentos que permitan obtener la información necesaria para evaluar todo el proceso del curso en línea y abarcar todos los aspectos que lo componen.

Palabras clave: educación en línea, evaluación, retroalimentación, rúbricas.



Esta obra está bajo licencia CC BY-NC-SA 4.0.

Abstract

Design and implementation of online courses is a work which must be monitored from the moment of course conception, until the end of its implementation. In every stage of the online course feedback is required in order to find possible shortcomings or issues that could be enhanced. Permanent monitoring requires assessment instruments adapted to every phase of the course, in such way that information can be interpreted easily and all required data can be collected. In this regard, rubrics play a vital role in order to construct instruments which allow obtain needed information to assess the whole process of online course, and encompass all its components.

Key words: assessment, feedback, online education, rubrics.

Introducción

La educación en línea presenta ciertas características que la hacen particular, es un proceso que comienza generalmente con la elaboración del diseño instruccional, independientemente del modelo utilizado. El curso en línea pasa por diversas etapas, iniciando por la elaboración del perfil de los futuros participantes, para luego entrar de lleno en el diseño de las pautas pedagógicas, posteriormente de las actividades y los objetos virtuales de aprendizaje que conformarán los contenidos y la evaluación de los estudiantes.

Durante todo el proceso, es necesario que el equipo interdisciplinario reunido para la elaboración del curso en línea, reciba retroalimentación acerca de su trabajo, sin embargo es cuando el curso se encuentra operativo y alojado en la plataforma de aprendizaje en línea, el momento en el que se debe comenzar el proceso de evaluación del curso en línea.

Es necesario preparar la evaluación del diseño instruccional, puesto que constituye la base sobre la cual se edificará el curso (Cañón, 2019). Si el diseño instruccional presenta carencias, en muchas ocasiones éstas no son evidentes hasta el momento en que se pone en marcha el curso. Posteriormente están los contenidos educativos, los objetos virtuales de aprendizaje que sustentan esos contenidos, estrategias didácticas, otro tipo de materiales de apoyo y finalmente la evaluación del desempeño de los estudiantes.

Por otra parte, se requiere una vez haya finalizado el curso, que los participantes lleven a cabo un proceso de evaluación del desempeño del mismo (Flores et al., 2016), el cual debe abarcar los aspectos más importantes de la interacción de los estudiantes con el curso y con los facilitadores. Esto constituye una de las retroalimentaciones más valiosas al momento de evaluar un curso en línea.

Existen muchos modelos de evaluación, instrumentos, formas de sistematizar la información, las cuales proveen a los diseñadores de cursos completamente en línea con las herramientas para interpretar el desempeño del curso e identificar las posibles carencias y fallas para posteriormente realizar un rediseño que garantice un desempeño superior a medida que el curso vuelve a ser impartido.

Tomando en cuenta que la evaluación de un curso en línea es un elemento de vital importancia, es necesario contar con instrumentos homogéneos que permitan a los integrantes del equipo de desarrollo de cursos interpretar la retroalimentación recibida de tal forma que repercuta de manera positiva para futuras ediciones del curso (Mayorga y Madrid, 2011).

Generalmente la construcción de instrumentos se realiza para evaluar diferentes situaciones, este es el caso de las rúbricas, las cuales son usadas en el ámbito educativo generalmente para evaluar a los estudiantes, sin embargo se han comenzado a utilizar ampliamente para realizar la evaluación de los distintos aspectos que componen los cursos en línea (Fallas, 2005). Al utilizar rúbricas, es posible generar instrumentos que permitan mostrar distintos niveles de calidad asociados a cada uno de los aspectos evaluados.

En el ámbito de los cursos en línea existen diferentes perspectivas dependiendo de los expertos que realizarán la evaluación (Navarro et al., 2018). Por un lado están los expertos en diseño instruccional, además de los expertos en contenidos, los expertos desarrolladores de objetos virtuales de aprendizaje y los expertos en manejo de las plataformas de aprendizaje en línea. Cada uno de ellos debe recibir información acerca del desempeño del curso con relación a sus áreas de experticia.

El propósito del presente ensayo, es mostrar la importancia del uso de rúbricas con la finalidad de generar instrumentos pertinentes para obtener la información necesaria con la intención de evaluar el desempeño del curso en línea desde la perspectiva de cada uno de los expertos del equipo interdisciplinario y de los estudiantes, de tal forma que se puedan detectar fallas o carencias, lo que permitirá realizar los cambios y mejoras necesarias de manera permanente.

Importancia de la evaluación como forma de retroalimentación

La mayor parte de las actividades humanas son susceptibles de ser mejoradas (Alemán et al., 2015). Las personas desean que su desempeño sin importar el área en la cual se realicen sus actividades, pueda mejorar, lo cual debe ser permanente, por lo que cada vez que llevan a cabo sus tareas deberían recibir una retroalimentación de las demás personas involucradas para conocer su desempeño, si existen fallas o se necesita corregir algunos aspectos.

La evaluación no debe ser vista como un juicio, en el cual se busca culpar o eximir a quienes son objeto de la misma (Flores et al., 2016). Se trata principalmente de información necesaria para que las personas conozcan su desempeño. Es conocido que la información es un elemento vital para tomar decisiones, lo que hace a la retroalimentación surgida de los procesos de evaluación, una poderosa herramienta en la evolución constante de las actividades humanas.

La educación no escapa a esta dinámica, por esta razón es necesario que todas las actividades educativas sean evaluadas para posteriormente hacer ajustes que permitan llevar a niveles más altos su desempeño (Polleri y Jiménez, 2014). En los ambientes educativos centrados en los estudiantes, la evaluación no es un escrutinio al cual se somete aquello que sea objeto de evaluación, se trata de construir colectivamente un perfil acerca del desempeño, es por esta razón que la evaluación es un elemento de vital importancia para comprender las acciones que se realizan.

Los procesos educativos son en todo momento susceptibles de cambio (Mayorga y Madrid, 2011). La mejora permanente del diseño y ejecución de los cursos en línea debe ser un objetivo en todos los aspectos, comenzando por lograr los objetivos de aprendizaje de los estudiantes a través de la renovación de los procesos, al igual que del curso en sí mismo.

La evaluación de cursos en línea debe considerar todos los puntos de vista de quienes están vinculados con su diseño, ejecución y retroalimentación, incorporando en la evaluación final del desempeño del curso el punto de vista de los estudiantes, quienes darán su opinión dependiendo de sus características personales, preferencias de aprendizaje, o dependiendo de la parte del curso que más les haya impactado, ya sea de manera positiva o negativa (Flores et al., 2016).

La educación en línea posee como característica la necesidad de crear un diseño instruccional, objetos virtuales de aprendizaje y estrategias didácticas que permitan resultados de calidad y que mantengan en todo momento la atención de los estudiantes de tal forma que se les incentive a realizar todas las actividades y alcanzar satisfactoriamente el final del curso (Bañuelos, 2019). Por esta razón es de suma importancia obtener de manera permanente información que permita mantener estos estándares deseados, lo que garantiza la permanencia en el tiempo de los cursos en línea.

Para lograr este objetivo, es necesario que las organizaciones encargadas de la elaborar e impartir cursos en línea, construyan los instrumentos pertinentes, de tal forma que exista la posibilidad de asegurar la calidad del diseño instruccional, contenidos, estrategias didácticas y cualquier otra actividad vinculada con el curso en línea (Bañuelos, 2019). Es necesario entonces, contar con instrumentos que permitan evaluar los aspectos más relevantes, además de incluir a todos los actores vinculados.

Por las razones expuestas anteriormente, la evaluación de los cursos en línea es de gran importancia, un curso en línea que no sea evaluado o que cuente con una evaluación deficiente no será capaz de permanecer en el tiempo (Fallas, 2005). Si un curso mejora constantemente, las personas para las cuales fue diseñado continuarán interactuando con él, incluso podrían volver a hacerlo con el fin de actualizar sus conocimientos sobre el tema. Un curso en línea que permanezca en el tiempo, seguramente cuenta con mecanismos de retroalimentación que permiten una correcta evaluación.

Existen muchas formas de construir instrumentos para evaluar cursos en línea, lo que hace difícil referirse a un método en particular (Bañuelos, 2019). Cada institución cuenta con características propias, lo que demanda métodos de evaluación que se adapten a las necesidades de cada una de ellas. Lo importante en este punto es lograr métodos de evaluación que muestren aspectos relacionados con la calidad de los aspectos a evaluar.

En este sentido, Fallas (2005) sugiere que se utilicen las rúbricas porque se encuentran directamente vinculadas con el desempeño, en este caso de los cursos en línea. Del mismo modo, Bañuelos (2019) afirma que las rúbricas han sido construidas para certificar la calidad de aquello que se pretende evaluar. Tomando en cuenta estas afirmaciones, se desarrolla a continuación un hilo argumentativo para mostrar la importancia de utilizar este tipo de instrumentos para obtener la retroalimentación necesaria para una óptima evaluación de todos los procesos asociados a los cursos en línea.

La rúbrica como instrumento de evaluación

Las rúbricas nacieron como instrumentos que permiten recabar información acerca del desempeño de los estudiantes, de tal forma que se pueda medir su desempeño en determinadas áreas o respecto al cumplimiento de los objetivos educativos (Fallas, 2005). Este tipo de instrumentos se utilizan para obtener información sistematizada, de tal forma que se facilite su interpretación, lo que repercute en una toma de decisiones más rápida y acertada, lo que los convierte en herramientas idóneas para el trabajo con educación a distancia mediada por el uso de las tecnologías informáticas.

Una rúbrica según Fallas (2005), es un instrumento que permite obtener información a partir de características determinadas, tales como comprensión lectora, capacidad de síntesis, criterios de análisis entre otros. Cada una de estas características debe estar acompañada de una escala, la cual generalmente abarca las posibilidades de desempeño de los estudiantes en la característica evaluada, por ejemplo, deficiente, regular y excelente. Las escalas pueden variar, pero generalmente se basan en los tres niveles mencionados.

Desde el punto de vista de Gatica y Uribarren (2013), una rúbrica es una tabla que

está asociada a diferentes niveles de desempeño respecto a un determinado aspecto que se desea evaluar. Por esta razón, las rúbricas se construyen generalmente a partir de tablas que muestran en una columna las habilidades, competencias o aspectos que se desea evaluar, frente a otras columnas en las cuales se describen los niveles de desempeño asociados a cada aspecto.

Las rúbricas no solamente se utilizan para evaluar el desempeño de los estudiantes, también se utilizan en el ámbito de la educación virtual, para obtener retroalimentación sobre los cursos en línea (Bañuelos, 2019). Esto se debe a que los cursos en línea deben ser permanentemente monitoreados en todas sus etapas. Del mismo modo como es necesario obtener retroalimentación de los estudiantes, el manejo de este volumen de información hace de las rúbricas un instrumento de gran importancia al momento de obtener la información.

Existe una serie de aspectos vinculados a la calidad y al desempeño de los cursos en línea, tal como lo expresan Polleri y Jiménez (2014), ya que son objeto de retroalimentación desde el momento de su diseño, pasando por sus componentes pedagógicos, la calidad de los contenidos, los objetos virtuales de aprendizaje que se utilizarán para interactuar con los participantes, el desempeño de los facilitadores y la interactividad del curso en línea.

Para efectos del presente ensayo, se mostrarán ejemplos de rúbricas de evaluación para cursos en líneas, basadas en el paradigma de las rúbricas analíticas, ya que según Gatica y Uribarren (2013), constituyen un elemento de valuación formativa puesto que toman en cuenta distintos criterios de desempeño, en este caso asociados al análisis, diseño, desarrollo, implementación y evaluación de los cursos en línea. En este caso los niveles de valoración de han sido determinados por tres niveles de desempeño, donde el número tres (3), corresponde a un desempeño óptimo del criterio a evaluar, y uno corresponde a un nivel deficiente, donde es necesario reformular las características de dicho criterio. Existe igualmente un punto medio donde el criterio evaluado cumple su cometido, pero debe mejorar.

Evaluación de un curso en línea

Un curso completamente en línea posee características que lo hacen peculiar, por lo que según Bañuelos (2019), es necesario generar los instrumentos que permitan obtener la retroalimentación requerida en todas las fases del curso. Se requiere entonces contar con instrumentos propios que hagan posible al equipo interdisciplinario, obtener la información necesaria. Hay que tomar en cuenta aspectos tales como población, nivel educativo de los participantes, conocimientos previos, contexto en el que se realiza el curso, entre otros.

Del mismo modo Navarro et al. (2018), plantean que los cursos en línea se encuentran enmarcados dentro de la tendencia denominada pedagogía basada en la evidencia, la cual determina que todas las decisiones que se tomen al momento de proponer y ejecutar

actividades relacionadas con el ámbito pedagógico, deben estar sustentadas por evidencia basada en trabajos de investigación. Dichos trabajos se basan en la recolección de información, la cual es interpretada para posteriormente sacar las conclusiones pertinentes.

En este sentido continúan Navarro et al. (2018), al afirmar que la evaluación de los cursos en línea debe estar orientada principalmente hacia la obtención de información, más que al análisis de cantidades numéricas que son únicamente valiosas desde el punto de vista de la evaluación sumativa, contrariamente a los datos cualitativos, los cuales proporcionan información mucho más completa y detallada orientada a la toma de decisiones basada en criterios de calidad.

En este contexto, Alemán et al. (2015), plantean que dentro del ámbito de los cursos completamente en línea, es necesario desarrollar una serie de indicadores particulares, puesto que este tipo de cursos poseen características propias, lo que hace a los indicadores tradicionales para la medición de la calidad de los cursos y materiales educativos, no aptos para medir el desempeño de un curso en línea. El desarrollo de nuevos indicadores también impulsa la creación de nuevos instrumentos para recabar la información requerida sobre los cursos en línea.

Por otra parte es necesario establecer que los cursos en línea, se encuentran enmarcados dentro de la teoría constructivista y la tendencia del conectivismo, las cuales tienen como visión principal, la educación centrada en el estudiante, llegando en algunos casos a incluirlos dentro del diseño de contenidos de este tipo de cursos (Alemán et al., 2015). En este sentido es importante que los estudiantes formen parte del proceso de obtención de información para mejorar el curso a futuro.

Para que la calidad de todos los aspectos relacionados a los cursos en línea puedan ser tomados en cuenta, es necesario elaborar rúbricas que permitan medir los indicadores asociados a todas las etapas del curso en línea (Alemán et al., 2015). Para lograr este cometido, es necesario incluir en el proceso de evaluación a todos los actores vinculados al desarrollo, desde los expertos en diseño instruccional, pasando por expertos en contenidos, material didáctico, además de la inclusión de los estudiantes como evaluadores.

En algunos casos, los estudiantes son los mejores tester o probadores de los cursos en línea, razón por la cual Flores et al. (2016) recomiendan que se realice una pequeña prueba piloto con estudiantes reales antes de comenzar la ejecución del curso, esta será la prueba que permita a los diseñadores instruccionales, creadores de contenido y expertos informáticos extraer la información necesaria para continuar con la ejecución del curso, puesto que esa prueba piloto permitirá corregir fallas, carencias u omisiones que se pudiesen presentar, comenzando así la ejecución a partir de una versión estable del curso.

La mayoría de los cursos comienza con el levantamiento de la información necesaria para

su creación (Cañón, 2019). Es el punto de partida de la fase de diseño instruccional, que a semejanza del plano de una vivienda muestra todos los elementos que deben ser tomados en cuenta, su distribución óptima, y la forma en que se debe proceder para construir dichos elementos, por lo cual es importante iniciar de manera paralela el proceso de evaluación.

Posteriormente, es necesario monitorear cada uno de los elementos integrantes del curso en línea, para lo cual es necesario contar con el apoyo de expertos que no pertenezcan al equipo de desarrollo, lo que permite tener una visión distinta y objetiva del curso (Bañuelos, 2019). Es así como se pueden construir rúbricas específicas para cada uno de los elementos que constituyen un curso en línea, que cuenten con el visto bueno de actores no vinculados con su construcción.

Finalmente es necesario acotar que la evaluación de cursos en línea no tiene un formato estandarizado o único (Mayorga y Madrid, 2011). Cada institución, o cada organización que se proponga la tarea del desarrollo de este tipo de cursos construye sus instrumentos de evaluación de forma personalizada, abarcando las características relevantes según sus necesidades. Existen distintas formas para recolectar la información y distintos modelos de rúbricas. En el caso del presente ensayo, se mostrará un ejemplo de rúbrica analítica de elaboración propia por cada aspecto a ser evaluado, comenzando por el análisis, para luego concretar la fase de diseño, posteriormente el desarrollo de materiales, estrategias didácticas, objetos virtuales de aprendizaje (OVA), y la interacción con los estudiantes.

Evaluación del diseño instruccional

El diseño instruccional es la primera etapa del desarrollo de cursos en línea, por lo tanto es el primer elemento que debe ser sujeto de evaluación. El diseño instruccional puede ser entendido tal como lo establece Umaña (2014) al afirmar que el diseño instruccional permite que se haga la organización del proceso educativo, tomando en cuenta en primer término los objetivos educativos, las actividades pertinentes para lograr dichos objetivos, además de los recursos, medios y estrategias didácticas que deben ser utilizadas. En la educación virtual, el proceso de diseño instruccional cobra relevancia debido a que se convierte en la estructura que permitirá desarrollar e implementar el curso en línea.

Independientemente del modelo de diseño instruccional, cada uno de ellos se sustenta en alguna teoría del aprendizaje, de esta forma el modelo que se utilice tendrá una manera particular de entender los roles del docente, los estudiantes, el planteamiento de objetivos y competencias, las actividades didácticas pertinentes, los recursos educativos u objetos virtuales de aprendizaje y evaluación del aprendizaje (Umaña, 2014). Estos elementos se encuentran en todos los modelos de diseño instruccional, independientemente de las particularidades que presenten. Los aspectos mencionados forman una especie de almacén o estructura del curso,

la cual debe ser desarrollada posteriormente.

Como se trata del inicio del proceso, el diseño instruccional debe ser el primer aspecto a evaluar (Cañón, 2019). Existen diversos modelos de diseño instruccional, los cuales abarcan diversidad de elementos vinculados con la construcción de cursos en línea, su orientación pedagógica y las necesidades de los estudiantes, sin embargo la mayoría de ellos mantiene en líneas generales los elementos del modelo genérico denominado ADDIE. Este acrónimo se refiere a las etapas que abarca la creación de un curso en línea, es decir, Análisis, Diseño, Desarrollo, Implementación y Evaluación, actividades que se hacen en secuencia y que posteriormente se retroalimentan para reiniciar el proceso.

Cada una de las etapas posee características particulares, las cuales deben ser evaluadas en todo momento, desde el diseño de las mismas, pasando por su desarrollo e implementación para luego realizar la evaluación completa del curso (Fallas, 2005). Como el diseño instruccional contempla la construcción del modelo que guiará el desarrollo del curso, allí se contemplan todas las etapas, se plasma en formato de diseño lo que posteriormente se convertirá en el curso en línea.

Por esta razón, la evaluación del diseño instruccional debe contener elementos que se identifiquen con la totalidad del curso, aunque en esta etapa aún no se ha comenzado a desarrollar ninguno de sus elementos (Polleri y Jiménez, 2014). En este punto es pertinente evaluar cada uno de los componentes que formarán parte del diseño instruccional, para determinar su pertinencia en cuanto a la orientación del curso, los usuarios a quienes va dirigido, los contenidos educativos, la pertinencia de los objetos virtuales de aprendizaje, las secuencias didácticas y las formas de evaluación de los estudiantes.

Los aspectos a evaluar en el diseño instruccional están vinculados con cada una de las etapas que lo componen (Cañón, 2019), de tal forma que se evaluarán aspectos relacionados con el análisis de los participantes, sus características, conocimientos previos, la orientación pedagógica entre otros. Para ello, se presenta un ejemplo de los aspectos más relevantes vinculados con la evaluación del diseño instruccional de un curso en línea, con los elementos de calidad asociados a cada aspecto establecidos como excelente, bueno y deficiente, tal como se muestra en la tabla 1.

En el ejemplo, las escalas vinculan los criterios asociados al diseño instruccional del curso, con su capacidad para lograr los objetivos propuestos de acuerdo a la forma en que se ha presentado el modelo. En la escala, el número tres (3), representa un diseño coherente y pertinente para con lo que se desea lograr. El número dos (2), representa un diseño que si bien permite lograr los objetivos planteados, necesita mejorar o contiene elementos que no son pertinentes o deben mejorar. El número uno (1) de la escala se vincula con elementos no pertinentes para lo que se desea lograr en el curso en línea. Al final es necesario dejar un

espacio para las observaciones que el evaluador desee agregar.

Tabla 1: Rúbrica para la evaluación de aspectos de Diseño Instruccional

Rúbrica para evaluar aspectos de Diseño Instruccional				
		Escala de Calificación		
		(3) Excelente	(2) Regular	(1) Deficiente
Nº	Criterios vinculados con el diseño instruccional	El diseño es pertinente para lograr los objetivos del curso	El diseño permite lograr los objetivos del curso pero debe mejorar	El diseño no permite lograr los objetivos del curso
1	Descripción del curso			
2	Objetivo General			
3	Objetivos Específicos			
4	Competencias o potencialidades esperadas			
5	Disposición de las lecciones			
6	Presentación de las secuencias instruccionales			
7	Actividades de evaluación de los estudiantes			
8	Evaluación formativa			
9	Evaluación sumativa			
10	Retroalimentación de la evaluación			
11	Retroalimentación de los estudiantes del curso			

Fuente: Elaboración propia (2022).

Esta rúbrica está dirigida a los expertos en diseño instruccional, tanto para los que forman parte del equipo multidisciplinario, como para evaluadores externos. Para garantizar su validez, Polleri y Jiménez (2014) recomiendan que los instrumentos utilizados para la evaluación del diseño instruccional de un curso en línea sean validados como si se tratase de los instrumentos de recolección de información para una investigación, de forma que se garantice la obtención de los resultados requeridos tanto por el equipo desarrollador del curso como por evaluadores externos, con miras a la mejora permanente del curso.

Evaluación de contenidos

El siguiente punto a evaluar lo constituyen los contenidos del curso en línea. En este sentido, Ko y Rossen (2010) establecen que los contenidos educativos de este tipo de cursos están dados por toda la carga de información, experiencias, datos, entre otros pertinentes para lograr la construcción del conocimiento propuesta. Por otra parte, Alemán et al. (2015) afirma que los contenidos deben ser de calidad, esto se refiere a la selección del material adecuado, que permita a través de la interacción con los estudiantes, la construcción del conocimiento y

la generación de competencias esperada por los diseñadores del curso.

Los contenidos educativos deben ser seleccionados y presentados por los expertos en la materia sobre la cual versará el curso (Mayorga y Madrid, 2011). El grupo de expertos en contenidos tiene bajo su responsabilidad la organización de los mismos de tal forma que se puedan alcanzar los objetivos educativos y generar las competencias esperadas. Se trata de una labor que abarca selección, organización y planificación de la interacción entre los materiales a utilizar y los estudiantes. Esto deriva en una interacción entre los expertos en contenidos y el resto del equipo interdisciplinario a cargo del desarrollo del curso.

Los contenidos de los cursos en línea pueden clasificarse del mismo modo en que se clasifican en la planificación educativa de cursos presenciales (Mayorga y Madrid, 2011). De acuerdo a las necesidades y características del curso y de los estudiantes a los cuales está dirigido, los contenidos pueden ser conceptuales, procedimentales y actitudinales. Generalmente en los cursos en línea se encuentran mezclados contenidos de los tres tipos, sin embargo dependiendo de la orientación hacia determinada teoría del aprendizaje, cada uno de ellos tendrá mayor o menor relevancia.

Existen por ejemplo, cursos en línea que por su naturaleza están orientados hacia el conductismo (Ko y Rossen, 2010). Esto parece contradictorio, ya que este tipo de cursos se definen como herramientas orientadas hacia los estudiantes, sin embargo existen contenidos, especialmente conceptuales y procedimentales que requieren métodos de memorización y de refuerzo de conductas, particularmente aquellos orientados hacia el manejo de herramientas, maquinarias o instrumental médico, puesto que implican riesgos para la salud e incluso la vida. Por ejemplo, es necesario usar métodos asociados principalmente al conductismo cuando se pretende enseñar a utilizar un bisturí para realizar una operación, sin embargo estos métodos serían poco efectivos si se desea por ejemplo, enseñar algún tipo de metodología de planificación estratégica.

Por las razones expuestas, es necesario que los contenidos seleccionados para un curso en línea cumplan con el criterio de pertinencia en todos los aspectos relacionados con las características del mismo (Cañón, 2019). Un curso en línea se diseña a partir de ciertos parámetros que definirán su naturaleza, estructura orientación pedagógica entre otros. Los contenidos educativos que sean seleccionados para formar parte del mismo deben estar alineados con la concepción del curso, no es posible establecer contenidos educativos contradictorios con la naturaleza de los conocimientos que se desean construir.

En este sentido, es necesario asegurar la calidad de los contenidos del curso en línea (Alemán et al., 2015). Por esta razón es de vital importancia elaborar instrumentos, en este caso rúbricas que permitan obtener retroalimentación acerca de las características más relevantes asociadas con el curso en línea que se encuentra en desarrollo. Para ello se propone un ejemplo de

elaboración propia que cuenta con los niveles excelente, bueno y deficiente, para medir los niveles de desempeño de los principales indicadores vinculados con los contenidos educativos (2)

Tabla 2: Rúbrica para evaluar aspectos de los contenidos educativos en un curso en línea

Rúbrica para evaluar aspectos de Diseño Instruccional				
Nº	Criterios vinculados a los contenidos del curso en línea	Escala de Calificación		
		(3) Excelente	(2) Regular	(1) Deficiente
		Los contenidos permiten la construcción del conocimiento	Permiten la construcción del conocimiento, pero requieren cambios o mejoras	No son adecuados para construir el conocimiento que pretende el curso
1	Pertinencia de los contenidos presentados respecto al diseño del curso			
2	Naturaleza de los contenidos (conceptual, procedimental y actitudinal)			
3	Objetivos Específicos			
4	Rigurosidad de los contenidos presentados de acuerdo al nivel de exigencia y características de los participantes			
5	Facilidad de comprensión de los contenidos			
6	Orden de presentación de los contenidos según la planificación del curso			
7	Actividades de evaluación de los estudiantes			
8	Formato de presentación de los contenidos			

Fuente: Elaboración propia (2022).

En la propuesta presentada, las escalas de calificación van del tres (3), excelente, al uno(1), deficiente. Los evaluadores deben contar con un espacio posterior en el cual puedan incluir observaciones relacionadas con su evaluación, especialmente si se necesita exponer alguna propuesta en particular, por ejemplo, si el evaluador seleccionó en el ítem 5 una escala de calificación 1, debe especificar de qué forma sugiere que se ordene la presentación de los contenidos.

El instrumento propuesto, al igual que en el caso anterior de la evaluación del diseño instruccional, debe ser sometido al escrutinio de expertos para su validación, y se debe aplicar tanto dentro del grupo de desarrollo del curso, como al momento de incluir a expertos en el área para una evaluación externa del desempeño. Del mismo modo es necesario hacer énfasis

en la necesidad de tomar en cuenta la información obtenida a partir de la retroalimentación para la mejora posterior del curso.

Evaluación de objetos virtuales de aprendizaje

Uno de los principales retos al momento del desarrollo de un curso en línea, es la forma en que los contenidos serán presentados a los participantes (Flores et al., 2016). En este punto es necesario tomar en cuenta una serie de factores inherentes a la naturaleza del curso, pero principalmente es necesario tomar en cuenta las características de los participantes, de tal forma que los contenidos sean presentados de manera que puedan mantener la atención y motivación de los estudiantes, pues de esto depende que se motiven a seguir adelante con el curso y culminarlo de manera satisfactoria.

Los participantes en el curso en línea encuentran ordenadas las lecciones de manera estructurada según las secuencias didácticas planteadas en el diseño instruccional (Molano et al., 2018). En cada uno de los momentos de las secuencias didácticas, los estudiantes encuentran los contenidos presentados en forma de objetos virtuales de aprendizaje, los cuales permiten que se interactúe con la plataforma para completar las actividades propuestas para alcanzar los objetivos propuestos en el diseño.

En primer lugar es necesario establecer el concepto de objetos virtuales de aprendizaje (OVA), el cual es descrito por Molano et al. (2018) como una unidad digital, ya que se utilizarán para mediar en las actividades entre los estudiantes y la plataforma de aprendizaje en línea que albergue el curso. Esas unidades digitales deben ser plenamente identificables, es decir se deben reconocer al estar en presencia de ellas, deben tener la capacidad de estar contenidas en repositorios u otros medios de fácil acceso. Deben tener la capacidad de ser utilizados de manera recurrente para los fines que fue creado, y debe tener una clara e inequívoca intención educativa.

Un video tutorial, por ejemplo, por sí solo no es un objeto virtual de aprendizaje si no se le integra dentro de un contexto que le brinde todas las características asociadas a los OVA descritas anteriormente (Ko y Rossen, 2010). Es importante que todas las unidades digitales que pretendan ser utilizadas como objetos virtuales de aprendizaje no solamente tengan una intencionalidad educativa, sino que deben estar vinculados con la construcción de conocimiento que se pretende con la aplicación del curso en línea. Por esta razón, es necesario que los OVA estén apegados a las características anteriormente descritas.

Del mismo modo Ko y Rossen (2010) establecen que los denominados según ellos objetos de aprendizaje, denominados OVA para los fines del presente ensayo, deben estar estructurados de manera sencilla y comprensible, deben presentar la información de forma amena y en segmentos pequeños que sean fáciles de recordar por parte de los estudiantes. Estas características son sugeridas debido a que la interacción con material en línea no se realiza de igual forma que en

las clases presenciales, por lo que es necesario adecuar las formas de interacción al ámbito de la virtualidad.

Por otra parte señalan Molano et al. (2018), que los OVA deben contener actividades teóricas y prácticas, además de permitir la evaluación permanente y tienen que fomentar el trabajo colaborativo. Esto muestra la necesidad de diseñar distintos tipos de OVA que permitan llevar a cabo todos los tipos de interacción necesaria para que cumplan con su objetivo mediador entre los estudiantes y el contenido de los cursos en línea.

La situación descrita anteriormente obliga a que los diseñadores de OVA deban crear distintos tipos de éstos atendiendo no solamente a los requerimientos de interactividad de acuerdo al tipo de actividades que se deben realizar, sino que deben tomar en cuenta ciertas características de los participantes (Flores et al., 2016). Los estudiantes aprenden de maneras distintas, esto ha sido establecido a partir del modelo de la Programación Neurolingüística (PNL), que los clasifica en estudiantes auditivos, visuales y kinestésicos.

No obstante algunos modelos incluyen la lectura aparte de la habilidad visual, tal como es el caso del modelo VARK de la universidad de Lincoln en Nueva Zelanda, donde se ha diseñado un cuestionario presentado por Fleming (2014), el cual establece las preferencias de aprendizaje dominantes en las personas que lo realizan. De esta forma los diseñadores de cursos en línea pueden desarrollar actividades que abarquen todos los tipos de estudiantes que tomen el curso.

Por esta razón un curso en línea debe contemplar actividades sustentadas en diversidad de OVA, siendo esto un punto vital al momento de evaluarlos de tal forma que se pueda conocer si cumplen con las principales características para considerarlos como tales, además de indagar si cumplen de manera satisfactoria el objetivo para el cual fueron creados. Por esta razón una rúbrica para evaluar este tipo de objetos debe contener al menos un ítem de desempeño por cada característica de los OVA (Flores et al., 2016).

En este sentido, se presenta una propuesta de rúbrica para evaluar objetos virtuales de aprendizaje, que debe ser sometida a validación de expertos y aplicada de manera interna y externa. Presenta las principales características que debe contener un OVA, y al igual que las otras se vincula con tres niveles de desempeño, desde deficiente hasta excelente, de tal forma que se pueda tener una idea de la forma en que los OVA están realizando su función con la finalidad de mejorar en futuras ediciones del curso. La propuesta se presenta en la Tabla 3.

En la propuesta existen tres niveles en la escala de calificación. Cada uno de ellos permitirá al evaluador establecer si los OVA presentes en el curso en línea se corresponden con las características que los distinguen como tales. Los criterios que se presentan se vinculan con la capacidad que tienen los OVA del curso para tributar a la construcción de conocimiento, tal

como se concibió desde el momento de la construcción del diseño instruccional.

Tabla 3: Rúbrica para la evaluación de objetos virtuales de aprendizaje

Rúbrica para evaluar aspectos relacionados con los objetos virtuales de aprendizaje (OVA)				
		Escala de Calificación		
		(3) Excelente	(2) Regular	(1) Deficiente
Nº	Criterios vinculados a las características de los OVA	Los OVA cumplen con los criterios para ser reconocidos como tales	Los OVA cumplen parcialmente con los criterios asociados, es necesario mejorar algunos aspectos	Los OVA no se adecúan a las características que les distinguen, deben reformularse
1	Capacidad de ser reconocidos fácilmente			
2	Facilidad de acceso por parte de los estudiantes			
3	Intencionalidad educativa explícita			
4	Vinculación con las secuencias didácticas acorde al diseño instruccional			
5	Vinculación con los procesos de evaluación de los estudiantes			
6	Vinculación con los estilos de aprendizaje de los estudiantes			
7	Capacidad para mantener la atención de los estudiantes			
8	Capacidad para fomentar la motivación en los estudiantes			

Fuente: Elaboración propia (2022).

Evaluación de aspectos técnicos e interactividad

Los cursos completamente en línea se basan en la premisa de interacción independiente de los estudiantes con los OVA que se presentan para realizar las actividades pedagógicas conducentes al desarrollo de competencias y a la consecución de los objetivos educativos (Aleman et al., 2015). Esta situación supone que los docentes, llamados comúnmente facilitadores del curso en línea no tienen interacción personal con los estudiantes.

Las características propias de los cursos completamente en línea demandan que los estudiantes y facilitadores deban contar con las condiciones suficientes y necesarias para poder interactuar con las funcionalidades del curso (Cañón, 2019). Se trata no solamente de garantizar el acceso a la plataforma de aprendizaje en línea que contenga el curso, sino que los participantes puedan interactuar con todos los materiales diseñados para realizar las actividades del curso, esta interacción tiene diversas aristas, por ejemplo accesibilidad a los repositorios de los materiales, que los OVA funcionen correctamente, por ejemplo los audiovisuales deben trabajar de manera correcta, las infografías deben cargar correctamente

entre otras características.

Por otra parte, De Armas y Barroso (2020), establecen que la interacción independiente de los participantes con los materiales educativos de los cursos en línea deben permitir el estudio independiente y debe garantizar las vías de comunicación tanto con los facilitadores (vertical), como con los demás participantes (horizontal). Esto significa que todos los participantes deben interactuar entre sí, y que la plataforma de aprendizaje en línea debe garantizar esa interacción a través de funcionalidades síncronas y asíncronas tales como foros, chat, correo electrónico y la posibilidad de incluir comunicación a través de los servicios de red social.

La interacción con los materiales y entre los participantes y facilitadores del curso debe estar garantizada en los términos y condiciones que el curso establezca (Ko y Rossen, 2010), puesto que las características propias de los cursos en línea demandan que la construcción del conocimiento se realice de manera colectiva. Los cursos deben garantizar que los estudiantes puedan acceder a los materiales y actividades en todo momento, y deben garantizar que puedan recibir retroalimentación a través de las herramientas asíncronas, y que puedan interactuar sin restricciones cuando se organicen actividades realizadas en tiempo real o síncronas.

Si los participantes en el curso encuentran fácil la interacción con el curso y no tienen problemas técnicos para acceder a las funcionalidades, esto repercutirá de manera positiva en la motivación a continuar y finalizar el curso en línea (De Armas y Barroso, 2020). Por esta razón, la interactividad es un elemento clave a la hora de evaluar la calidad de un curso en línea, puesto que se trata de la característica medular de la educación en línea. Mientras más posibilidades ofrezca la interacción en el curso en línea, más motivados estarán los estudiantes.

En este sentido, De Armas y Barroso (2020), establecen que existen dos líneas de investigación principales acerca de la interactividad. La primera de ellas se trata de la interactividad en sí, es decir de la facilidad para que los participantes puedan utilizar todos los materiales en las actividades virtuales. La segunda línea de investigación en cuanto a interactividad se encuentra vinculada a las posibilidades de construir nuevas formas de interacción entre los participantes del curso al utilizar las posibilidades de interacción que brinda el curso en línea.

Los participantes del curso en línea, incluyendo estudiantes y facilitadores encuentran nuevos espacios de socialización que les permiten construir relaciones vinculadas con los contenidos y actividades del curso, de tal forma que pueden convertir su interacción en una forma de asesoría y evaluación de pares, lo que es de vital importancia para lograr los objetivos de los cursos, entre ellos fomentar la construcción colectiva del conocimiento. Las relaciones sociales entre los participantes del curso son pilar fundamental para el éxito del mismo (Ko y Rossen, 2010).

En este sentido, es necesario desarrollar un instrumento que permita evaluar la calidad de la interacción con las funcionalidades del curso en línea y entre los participantes y facilitadores (De Armas y Barroso, 2020). Al igual que en los casos anteriores, los indicadores para la evaluación de la interactividad debe ser validada por expertos en el tema, además de orientarse hacia la obtención de retroalimentación dentro del grupo interdisciplinario que desarrolla el curso, al igual que para obtener retroalimentación por parte de actores externos. En la tabla 4, se presenta un ejemplo de rúbrica para evaluar la interactividad.

Tabla 4: Rúbrica para la evaluación de la interactividad en un curso en línea

Rúbrica para la evaluación de aspectos de interactividad				
Nº	Criterios vinculados a la interactividad en el curso en línea	Escala de Calificación		
		(3) Excelente	(2) Regular	(1) Deficiente
		Los participantes pueden interactuar con la herramienta sin problemas, al tiempo que ven satisfechas sus necesidades	Los participantes pueden interactuar, pero encuentran algunas limitaciones	Es difícil la interacción con las funcionalidades del curso, además de la interacción con otros participantes
1	Conectividad con el servidor del curso			
2	Interactividad con las funcionalidades del curso			
3	Funcionamiento de los enlaces internos del curso			
4	Funcionamiento de los enlaces a documentos externos			
5	Funcionamiento de los enlaces a video/podcast externo			
6	Herramientas de navegación del curso			
7	Interacción a través de herramientas síncronas (correo y foros)			
8	Interacción a través de herramientas síncronas (chat, servicios de red social)			
9	Capacidad de fomentar relaciones sociales entre participantes			

Fuente: Elaboración propia (2022)

La presente rúbrica muestra al igual que las anteriores, tres niveles de calificación, vinculando una escala del uno (1) al tres (3). Los evaluadores deben sopesar cada una de las características de la interacción dentro del curso en línea, lo que permitirá establecer si las funcionalidades cumplen con su objetivo de interacción con los materiales educativos y entre los participantes del curso. Es importante además dejar un espacio para observaciones, de tal forma que se puedan proponer sugerencias puntuales para mejorar los aspectos evaluados.

Evaluación de aspectos de diseño gráfico y elementos visuales

El curso en línea al igual que cualquier material de interacción a través de internet, debe tener una presentación adecuada, en este caso debe ser atractiva y motivadora para los participantes en el curso en línea (Ko y Rossen, 2010). La información debe estar presentada de manera atractiva, que motive a la interacción con todas las funcionalidades, que los estudiantes con distintas preferencias de aprendizaje encuentren actividades que guarden relación con sus preferencias, y que permita acceder a todos aquellos participantes a los cuales está dirigido el curso.

Los aspectos gráficos y visuales determinan en gran medida el éxito del curso, puesto que influyen durante todo el proceso, desde la voluntad de los estudiantes a interactuar, hasta la obtención de resultados esperados por los participantes al realizar las actividades del curso (Ko y Rossen, 2010). Los aspectos de diseño gráfico y visuales del curso garantizan que los estudiantes puedan interactuar de manera correcta y sin problemas, abriendo paso a la construcción del conocimiento, la motivación de los participantes y la consecución de los objetivos educativos.

El diseño gráfico usado en cursos en línea puede ser visto de una manera análoga a la forma en que se visualiza desde el punto de vista de la publicidad (Granados y Valerio, 2013). En la mercadotecnia, el diseño gráfico busca posicionar marcas, empresas y productos a través de la creación de una imagen asociada a los mismos, con la finalidad de crear impacto en el segmento de mercado que se desea abarcar. En el caso de los cursos en línea, es necesario tomar en cuenta que los mismos parten de un diseño donde el primer elemento a tomar en cuenta son las características de los participantes en el curso.

En este sentido, Granados y Valerio (2013) establecen que el diseño gráfico es un campo de conocimiento que ofrece soluciones en áreas vinculadas con publicidad, prensa, fotografía, ilustración, diseño industrial entre otros aspectos, teniendo como vínculo transversal satisfacer la necesidad de transmitir un mensaje con apoyo principalmente de herramientas visuales. En los cursos en línea es muy importante contar con elementos visuales que faciliten la comprensión de los materiales presentados, no solo para los participantes cuyas preferencias dominantes son visual y lectora, sino para ayudar a todos los participantes en la interacción con las funcionalidades presentadas.

Los principales aspectos a tomar en cuenta son los colores, la tipografía, la alineación de los elementos entre otros (Granados y Valerio, 2013). Todos estos elementos contienen características vinculadas al proceso educativo, lo trae como consecuencia que deban ser tratados de acuerdo a las técnicas que se han desarrollado en la disciplina del diseño gráfico para garantizar que los estudiantes se sentirán a gusto durante su interacción con las diferentes funcionalidades del curso en línea, esto con la finalidad de fomentar motivación y facilitar la

comprensión de los materiales que contiene el curso.

A continuación se presenta un ejemplo de rúbrica para obtener retroalimentación con la finalidad de evaluar si los componentes de diseño gráfico son los adecuados, de tal forma que puedan existir mejoras en la aplicación futura del curso. Al igual que todos los instrumentos elaborados para retroalimentar el desempeño de los elementos de los cursos en línea, igualmente es un instrumento que debe ser aplicado dentro del grupo de desarrolladores del curso en línea, pero también debe estar dispuesto para la obtención de información por parte de expertos en el área (ver Tabla 5).

Tabla 5: Rúbrica para la evaluación de elementos de diseño gráfico de un curso en línea

Rúbrica para la evaluación de aspectos visuales, gráficos y de tipografía				
		Escala de Calificación		
		(3) Excelente	(2) Regular	(1) Deficiente
Nº	Criterios vinculados al diseño gráfico de cursos en línea	El diseño gráfico ayuda a la construcción del conocimiento al facilitar el uso de los recursos educativos	El diseño gráfico es una ayuda pero en ocasiones no influye de manera contundente para lograr los objetivos del curso	El diseño gráfico no ofrece una ayuda sustancial para que los participantes del curso puedan lograr los objetivos de aprendizaje
1	Aspectos gráficos de las pantallas			
2	Disposición de las pantallas en modo escritorio			
3	Disposición de las pantallas en modo móvil			
4	Redacción y ortografía de las pantallas del curso			
5	Redacción y ortografía de los documentos de apoyo			
6	Combinación de colores del curso			
7	Tipo de letra usado en el curso y archivos de texto			
8	Alineación de imágenes y texto			
9	Pertinencia de imágenes e infografías			

Fuente: elaboración propia (2022)

La escala presentada en la anterior propuesta guarda el mismo criterio de las presentadas anteriormente en cuanto a los ítems a ser evaluados y a las escalas de calificación asociadas a cada uno de ellos. El evaluador debe tener un espacio para escribir las observaciones que

considere pertinentes, de tal forma que puedan convertirse en propuestas para la mejora permanente del curso.

Evaluación del curso desde el punto de vista de los estudiantes

Una de las principales fuentes de retroalimentación para la mejora permanente de los cursos en línea, es la proveniente de los estudiantes (Cañón, 2019). Ellos son quienes interactúan con los materiales y actividades presentadas, de tal forma que son quienes tienen información de primera mano acerca del desempeño del curso en todos sus aspectos. Se encuentran en permanente interacción con las actividades y materiales, de tal forma que pueden dar cuenta de carencias, errores y fallas circunstanciales en la plataforma que alberga al curso.

Por otra parte, brindan valiosa información acerca del impacto que tienen los materiales, estrategias y recursos sobre los estudiantes para los cuales ha sido diseñado el curso (Flores et al., 2016). Los diseñadores de recursos educativos y actividades didácticas para cursos en línea realizan su trabajo en principio sobre la base de sus propios conocimientos e influenciados por el contexto en el cual realizan sus actividades, sin embargo los estudiantes son quienes conocen mejor sus necesidades, por lo tanto son los más capacitados para generar una retroalimentación que permita mejorar el desempeño del curso.

Existen diversos elementos tales como calidad, satisfacción de los estudiantes, motivación, incluso si el material es aburrido o ameno al momento de utilizarlo (Ko y Rossen, 2010). Del mismo modo se toman en cuenta aspectos relacionados con las teorías del aprendizaje y de manera más reciente tales como las caracterizadas a partir del cuestionario VARK presentado por Fleming (2014). En ambos casos, el estudiante provee información que permite intervenir distintos aspectos del curso en línea, de tal forma que la retroalimentación recibida permita a los diseñadores y desarrolladores, hacer los ajustes y correcciones necesarias para posteriores ediciones del mismo.

Al igual que en el caso del diseño gráfico se puede hacer un paralelismo entre la mercadotecnia y el desarrollo de cursos en línea, es posible equiparar las opiniones de los clientes en los estudios de mercado con las opiniones y sugerencias que los estudiantes proveen a los desarrolladores de cursos en línea (Ko y Rossen, 2010). Es probable que los estudiantes no provean información directamente relacionada con aspectos técnicos y pedagógicos, pero la información recabada a partir de la retroalimentación desde su perspectiva, permite inferir las posibles modificaciones y ajustes necesarios en el curso.

Con la finalidad de recopilar la información más relevante de parte de los estudiantes, Flores et al. (2016), proponen seis dimensiones que deben ser tomadas en cuenta para indagar a los estudiantes, de tal forma que se pueda obtener la información deseada. La primera de ellas es una dimensión pedagógica, en la cual el estudiante responde preguntas

que se orientan a conocer si ha logrado los objetivos, si los contenidos son pertinentes, si la organización metodológica es la adecuada y si la estructura del curso le ha resultado interesante.

La segunda dimensión está dada por el ámbito de la tecnología. En este punto es necesario tener en cuenta que los estudiantes responderán principalmente en función de sus preferencias de aprendizaje (Fleming, 2014). En este sentido es necesario que las preguntas estén orientadas hacia la satisfacción de los estudiantes con los OVA vinculados al curso, tales como infografías, podcasts, videos entre otros recursos, además de la interacción con la plataforma de aprendizaje.

Existe igualmente una tercera dimensión relacionada con el diseño de la interfaz (Flores et al., 2016). En este punto, las preguntas indagatorias se vinculan con las pantallas, controles, botones, apariencia visual, colores utilizados, facilidad de la navegación entre pantallas de un curso, fácil acceso a los recursos entre otros. Los estudiantes proporcionarán información relevante acerca del carácter heurístico de la experiencia de navegación sobre la base de la interfaz como potenciadora de la interacción.

La cuarta dimensión de la retroalimentación de los estudiantes, se refiere a la evaluación de sus conocimientos. Los estudiantes deben responder acerca de su satisfacción con las habilidades de evaluación, si fueron útiles como retroalimentación a su desempeño, si están satisfechos con la forma en que se evalúa, también pueden dar retroalimentación acerca de aspectos vinculados con el refuerzo de los conocimientos, además de mostrar si la evaluación muestra características de refuerzos positivos o negativos.

Por otra parte se encuentra la quinta dimensión de la evaluación desde la perspectiva de los estudiantes de Flores et al. (2016), vinculada con la gestión del curso en línea. Aquí se plantean variables tales como facilidad de acceso en función de trámites de inscripción y obtención de certificados y en general todos los aspectos administrativos.

La última dimensión de la evaluación de los estudiantes viene dada por la orientación en línea. Esta característica está directamente vinculada con el desempeño de los facilitadores del curso, en este sentido es necesario que los estudiantes tengan claro los roles de cada facilitador, también deben expresar si la interacción con los mismos les fue de ayuda, y si su comportamiento al momento de interactuar con los estudiantes generó motivación para culminar con las tareas del curso.

Tomando en cuenta las dimensiones planteadas, se presenta una propuesta de rúbrica para la retroalimentación desde la perspectiva de los estudiantes (Tabla 6), la cual también debe ser escrutada por expertos. En este caso, como el instrumento está dirigido a los estudiantes, no se utiliza para retroalimentación interna, sino que siempre será fuente de información de fuentes externas a los diseñadores del curso. Lo más recomendable es presentar la rúbrica al final del curso en línea, de tal forma que los estudiantes hayan tenido oportunidad de interactuar con

todas las funcionalidades del curso (Flores et al., 2016).

Tabla 6: Rúbrica para la evaluación de un curso en línea desde la perspectiva de los estudiantes

Rúbrica para la evaluación de aspectos visuales, gráficos y de tipografía				
		Escala de Calificación		
		(3) Excelente	(2) Regular	(1) Deficiente
Nro.	Criterios vinculados al diseño gráfico de cursos en línea Escala de Calificación	El curso ha proporcionado una experiencia positiva desde todo punto de vista	El curso ha sido de ayuda, pero existe la sensación de que se pudo haber logrado más	El curso no ha cubierto las expectativas de aprendizaje de los estudiantes, por lo que perciben que se necesita mejorar
1	¿Cómo percibes que ha sido tu aprendizaje?			
2	¿Cómo ves la información presentada en el curso te ayudó a aprender?			
3	¿Cómo fue tu percepción de las actividades del curso?			
4	¿Cómo percibes la información presentada en el curso?			
5	¿Cómo es la funcionalidad de ingreso a la plataforma y al curso?			
6	¿Cómo fue la experiencia de interacción entre tu navegador y el curso?			
7	¿Cómo es la carga y ejecución de las imágenes, audios y videos?			
8	¿Cómo te pareció el aspecto, colores, tamaño y tipo de letra?			
9	¿Crees que las evaluaciones del curso te ayudaron a aprender?			

Continúa en la próxima página

Continuación de la página anterior

		(3) Excelente	(2) Regular	(1) Deficiente
Nro.	Criterios vinculados al diseño gráfico de cursos en línea Escala de Calificación	El curso ha proporcionado una experiencia positiva desde todo punto de vista	El curso ha sido de ayuda, pero existe la sensación de que se pudo haber logrado más	El curso no ha cubierto las expectativas de aprendizaje de los estudiantes, por lo que perciben que se necesita mejorar
10	¿Cómo crees que son las evaluaciones del curso respecto a tu aprendizaje?			
11	¿Cómo es la motivación para culminar el curso en línea?			
12	¿Cómo es el desempeño de la evaluación del curso para ayudarte a aprender?			
13	¿Cómo fue el acceso a las funcionalidades del curso, desde la inscripción hasta la obtención del certificado?			
14	¿Cómo fue tu experiencia de trabajo con las funcionalidades del curso y con los compañeros?			
15	¿Cómo percibes el trabajo de los facilitadores?			
16	¿Cómo fue la respuesta de los facilitadores ante las dudas planteadas?			

Fuente: Elaboración propia (2022).

Los ítems de la rúbrica pueden variar de acuerdo a las necesidades y características de cada curso en línea y deben estar orientadas a los aspectos que los diseñadores consideren relevantes para la mejora permanente del curso. Por otra parte, es necesario dejar un espacio para que el estudiante pueda escribir algunas observaciones que pueden no estar dentro de las preguntas, o para ampliar algún aspecto de las mismas que necesite ser argumentado o aclarado.

Consideraciones finales

Las rúbricas en la evaluación de cursos en línea constituyen una poderosa herramienta de obtención de información sobre la base de la retroalimentación de actores internos y externos vinculados con el diseño, desarrollo e implementación de los cursos en línea. Presentan características que permiten asociar los ítems que conforman la rúbrica con aspectos cuantitativos pero también cualitativos, incluso ambos al mismo tiempo, lo que permite la obtención de información completa y relevante a través de un instrumento que simplifica su recolección.

Por esta razón, es necesario que aparte de los ítems que conformen la rúbrica, el diseñador deje un espacio bajo la misma para que el evaluador pueda hacer observaciones puntuales sobre aspectos determinados, ya sea porque no se encuentran dentro de los ítems que se presentan en la rúbrica, o para que se exprese alguna opinión o sugerencia vinculada con su experiencia dentro del curso en línea. Esto es importante debido a que puede enriquecer de manera significativa los resultados de la retroalimentación.

Las rúbricas, al igual que todos los instrumentos de medición no presentan toda la información necesaria para el proceso de retroalimentación, sin embargo si se encuentran estructuradas de manera correcta, proveen información de gran valor. Por esta razón, es necesario que quienes se orienten hacia el desarrollo de cursos en línea sepan detectar los puntos álgidos que deben ser monitoreados, de tal forma que las rúbricas mantengan la pertinencia.

Es posible que algunas organizaciones determinen que para evaluar de manera completa un curso en línea, se necesite construir rúbricas tanto holísticas como analíticas dependiendo del aspecto a evaluar. Si bien en el presente ensayo se propuso construir rúbricas analíticas, es igualmente válido usar otros medios de recolección de información, incluidas las escalas de valoración, puesto que la información recopilada debe contener elementos tanto cuantitativos como cualitativos para garantizar una evaluación integral, tomando en cuenta que todos los instrumentos de recolección de información poseen limitaciones.

En este contexto, es necesario que los desarrolladores de cursos en línea cuenten dentro de sus equipos interdisciplinarios, con personas que se especialicen en la construcción de instrumentos de recolección de información, por ejemplo de rúbricas, de tal forma que se garantice el constante monitoreo que permita una correcta retroalimentación, de tal forma que el curso pueda incorporar en futuras ediciones los cambios surgidos a partir de los procesos de evaluación.

Referencias

- Alemán, L., Sancho, T. y Gómez, M. (2015). Indicadores de calidad pedagógica para el diseño de un curso en línea masivo y abierto de actualización docente. *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento*, 12(1), 104-119. <https://rusc.uoc.edu/rusc/es/index.php/rusc/article/view/v12n1-aleman-sancho-gomez.html>
- Bañuelos, A. (2019). La evaluación de cursos en línea mediante rúbrica. El caso de las asignaturas de B@UNAM. *Revista mexicana de bachillerato a distancia*, 22(11), 1-6. <http://revistas.unam.mx/index.php/rmbd/article/view/70578>
- Cañón, R. (2019). *Evaluación de la calidad del diseño instruccional del programa de administración de empresas de la universitaria virtual internacional* [Revista mexicana de bachillerato a distancia]. Externado de Colombia. Facultad de Ciencias de la Educación. <http://revistas.unam.mx/index.php/rmbd/article/view/70578>
- De Armas, N. y Barroso, J. (2020). La interactividad en la educación a distancia: un instrumento para su diagnóstico. *Revista Fuentes*, 22(2), 190-202. <https://doi.org/10.12795/revistafuentes.2020.v22.i2.06>
- Fallas, I. (2005). El uso de rúbricas para la evaluación de los cursos en línea. *Ponencia presentada en la Conferencia Internacional de Educación a Distancia, San Juan Puerto Rico*. <https://docplayer.es/14991073-El-uso-de-rubricas-para-la-evaluacion-en-los-cursos-en-linea-1.html>
- Fleming, N. (2014). *El cuestionario VARK. ¿Cómo aprendo mejor?* Organización VARK. <http://vark-learn.com/wp-content/uploads/2014/08/The-VARK-Questionnaire-Spanish.pdf>
- Flores, K., López, M. y Rodríguez, M. (2016). Evaluación de componentes de los cursos en línea desde la perspectiva del estudiante. *Revista electrónica de investigación educativa*, 18(1), 23-38. <https://redie.uabc.mx/redie/article/view/474>
- Gatica, F. y Uribarren, T. (2013). ¿Cómo elaborar una rúbrica? *Revista Pautas en Educación Médica*, 2(5), 61-65. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S200750571372684X>
- Granados, A. y Valerio, C. (2013). Importancia de utilizar el diseño gráfico en los cursos con componente virtual de la Universidad Estatal a Distancia de Costa Rica. *Ponencia presentada en el XVI Congreso Internacional EDUTEC 2013, San José de Costa Rica*. https://www.uned.ac.cr/academica/edutec/memoria/ponencias/cintya_alejandra.131.pdf
- Ko, S. y Rossen, S. (2010). *Teaching Online. A Practical Guide*. Editorial Routledge. <https://www.pdfdrive.com/teaching-online-a-practical-guide-e184490440.html>
- Mayorga, M. y Madrid, D. (2011). Metodología de evaluación de los cursos on line. *Revista DIM: Didáctica, Innovación y Multimedia*, (20), 1-12. <https://raco.cat/index.php/DIM/article/view/243455>
- Molano, F., Alarcón, A. y Callejas, M. (2018). Guía para el análisis de calidad de objetos virtuales de aprendizaje para educación básica y media en Colombia. *Revista Praxis*

- y *Saber*, 9(21), 46-67. <https://www.redalyc.org/journal/4772/477258898003/477258898003.pdf>
- Navarro, M., Navarro, E. y R., G. (2018). Rúbrica para evaluar ambientes virtuales de aprendizaje. *Revista Cuadernos de desarrollo aplicados a las TIC*, 7(26), 80-96. https://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2018/09/Art_5-1.pdf
- Poller, G. y Jiménez, J. (2014). Rúbrica de diseño instruccional para aulas virtuales en la docencia universitaria. *Revista Educare, órgano divulgativo de la Subdirección de Investigación y Postgrado del Instituto Pedagógico de Barquisimeto "Luis Beltrán Prieto Figueroa"*, 18(3), 27-47. <https://revistas.upel.edu.ve/index.php/educare/article/download/2738/1292>
- Umaña, M. (2014). Evaluación de modelos de diseño instruccional. *Revista Innovaciones Educativas*, 16(21), 23-30. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5181315>

Derecho de la mujer a una vida sin violencia en Nueva Esparta

A womans right to a life no violence in Nueva Esparta

María Guerra ¹

Universidad Bolivariana de Venezuela, Nueva Esparta, Venezuela¹
mariaguear.1@gmail.com¹

Fecha de recepción: 31/03/2022

Fecha de aceptación: 08/05/2022

Pág: 109 – 128

Resumen

Con esta investigación se pretende reflexionar sobre las condiciones de posibilidad, para que los consejos comunales del estado Nueva Esparta se constituyan en un baluarte para impulsar la protección de los derechos de la mujer a una vida libre de violencia, como eje de la reestructuración de los saberes en esta área del conocimiento. Para lograrlo es preciso que los consejos comunales se organicen y conformen comités para el seguimiento de los derechos de la mujer, convirtiéndose en garantes de la búsqueda de soluciones a través de mecanismos de participación y protagonismo del pueblo, en relación a los diferentes conflictos que conllevan a la violencia contra la mujer, los cuales puedan erradicarse, impulsando e instruyendo a la ciudadanía en los conocimientos basados en las leyes existentes en nuestro sistema jurídico, para que adquieran herramientas útiles, que les permitan actuar apegados a las normas establecidas, en las diferentes causas que se susciten en su entorno, evitando excesos y actos contrarios al ordenamiento legal; logrando así prevenir y erradicar el fenómeno de violencia contra la mujer, involucrando a estos consejos comunales para que apoyen la atención integral con eficiencia en las distintas áreas de protección a las víctimas.

Palabras clave: comunas, mujer, participación, violencia.



Esta obra está bajo licencia CC BY-NC-SA 4.0.

Abstract

This research aims to reflect on the conditions of possibility, so that the communal councils become a bastion to promote the protection of women's rights to a life free of violence, as the axis of the restructuring of knowledge in this area of knowledge. To achieve this, it is necessary that the communal councils organize themselves and form committees to monitor women's rights, becoming guarantors of the search for solutions through mechanisms of participation and protagonism of the people, in relation to the different conflicts that they entail. to violence against women, which can be eradicated, promoting and instructing citizens in the knowledge based on the existing laws in our legal system, so that they acquire useful tools, which allow them to act in accordance with the established norms, in the different causes that arise in your environment, avoiding excesses and acts contrary to our legal system; thus managing to prevent and eradicate the phenomenon of violence against women, involving these community councils so that they support comprehensive care with efficiency in the different areas of protection for victims.

Key words: communal, participation, violence, women.

Introducción

La violencia contra las mujeres es continua y representa a un conjunto de conductas que han sido normalizadas por la sociedad. La costumbre, la cultura, el folklore, las normas -sean éstas de la naturaleza que sean- derivan de la raíz del sistema patriarcal, donde muchas de las conductas que marginan, discriminan y denigran a la mujer quedan invisibilizadas por haber sido admitidas como cotidianas, normales o propias de unos estilos de vida admitidos por todos y por todas. Esta normalización de conductas machistas y violentas crea en la sociedad una gran tolerancia hacia la violencia contra la mujer.

Esta violencia es invisible, no solo porque está normalizada e incluso tolerada, sino que existen muchos otros factores, como las relaciones de poder que hacen que la violencia ejercida contra el género femenino sea válida siempre y cuando no dañe los intereses de las estructuras de poder, haciéndose invisible para el espacio público y quedando relegada al espacio de lo privado, íntimo e individual.

Así la violación, el abuso sexual y el daño infringido por un superior son considerados un acto vergonzoso, cuya culpa recae sobre la víctima. Además de la vergüenza está la culpabilidad enfocada a la víctima. Pues el derecho y las leyes no siempre han contemplado a la víctima como tal, sobre todo si se trataba de una mujer, en los casos de adulterio por ejemplo, se condenaba con mayor severidad a la mujer que al varón, por prejuicios personales misóginos.

La violencia contra las mujeres es ideológica y por eso es tan difícil de erradicar. No es un fenómeno aislado u ocasional, sino que constituye un fenómeno social de tal magnitud que se retroalimenta gracias a su carácter estructural que permanece vigente dada la existencia aún de una sociedad patriarcal. Por ello esta violencia posee rasgos distintivos que la hacen diferente a cualquier otro tipo de violencia, pues está presente a raíz de la diversa forma de socialización que se ha impuesto y aceptado para mujeres y varones. Mandatos que se han heredado a través del tiempo y aún están vigentes, como los mitos que se han traspasado de generación en generación para justificar la violencia contra las mujeres y los nuevos mitos que se aceptan para convalidar y justificar la violencia contra ellas presente en la sociedad hoy.

El avance hacia sociedades más igualitarias junto con la progresiva aceptación de los marcos de interpretación desarrollados por el movimiento feminista explica, en buena medida, la deslegitimación de la violencia contra las mujeres y su conceptualización como un grave problema social y político.

Este proceso no estaría completo sin concretarse en unas políticas reivindicativas para su erradicación. De la reconstrucción que se ha realizado se desprende que los movimientos sociales abren un espacio especialmente idóneo para que se den las condiciones de la creación e innovación en el conocimiento.

En este sentido, autores como Corsi y Peyrú (2003) basan la violencia contra la mujer en el patriarcado, al respecto dichos autores nos dicen: “La cultura patriarcal ha establecido los roles esperados desde una perspectiva jerarquizada según sexo” (pp. 186-187), de lo cual se puede inferir que dicha cultura patriarcal ha dado origen a una repartición no equitativa del poder, el cual posibilita el acceso a la libertad, la cultura, la educación, la riqueza y la participación social activa. De igual forma, Ruiz (2007), al referirse a la mujer maltratada comenta que ésta presenta un perfil muy concreto; la normalidad de sufrir maltrato es tal que aumenta su capacidad para afrontar situaciones adversas. La mujer maltratada desarrolla mecanismos que le permiten adaptarse a la violencia y dependiendo del nivel de intensidad de ésta manifiesta sorpresa, alerta, desorientación o se acostumbran.

Toda mujer que vive en un ambiente violento se adapta porque ha aceptado el abuso de poder ejercido por el hombre. Junto a este rasgo, y como consecuencia del dominio y de la manipulación, aparece la dependencia hacia el agresor. En la mayoría de los casos, las mujeres están emocionalmente envueltas con quien las maltrata y dependen económicamente de ellos, por tal razón, esta dependencia hace más difícil que la víctima se anime a denunciar a su victimario y prefiere seguir con la relación a pesar de los golpes y el maltrato psicológico. Según estudiosos del tema, la violencia contra la mujer es perpetrada independientemente del grupo social, económico, religioso y cultural. En la violencia contra la mujer, los agresores son personas próximas a las agredidas, ocurriendo en espacios privados o públicos, de allí que una de las formas más comunes de violencia contra las mujeres es la practicada por el marido o

por un compañero íntimo.

En la violencia contra la mujer se producen distorsiones cognitivas, sentimientos de depresión, rabia, culpa, sumisión, baja autoestima, rencor, falta de proyección de futuro, déficit en solucionar problemas, suicidio, trastornos de ansiedad, disfunciones sexuales, conductas adictivas, inadaptación reflejada. Es de notar que hay aislamiento social motivado por el agresor, cuadros clínicos que provocan inadaptación emocional, alteración de las relaciones familiares, bajo rendimiento laboral, ausentismo laboral, aislamiento de los compañeros y trastorno de estrés postraumático.

Analizando las afirmaciones de los estudiosos sobre la violencia que sufre la mujer por parte de su compañero íntimo, se puede sintetizar que la violencia de género se concentra en agresiones individuales que trascienden al nivel social, dando como resultado la existencia de la dominación de un grupo y la subordinación del otro.

Históricamente, la mujer ha sido erróneamente considerada un objeto y no un sujeto de derecho, subordinada y discriminada a la figura del hombre dominante como cabeza y proveedor de la familia, limitándola culturalmente a la simple figura del hogar. No obstante, en las últimas décadas la visión de la mujer ha experimentado grandes cambios producto de su progresiva participación en las esferas política, social, profesional y laboral, entre otras, en procura de reivindicar sus derechos inspirados en los principios de igualdad y justicia social. Al respecto, el papel social de la mujer se hace cada vez más relevante y significativo. Su acceso a la educación en todos los niveles se ha conseguido de forma generalizada en gran parte de los países del mundo; y las oportunidades de participación en el mercado laboral también se han incrementado significativamente; sin que ello implique que el problema de la discriminación laboral femenina esté totalmente superado.

En consecuencia a lo antes planteado, se busca la participación protagónica de los consejos comunales, para que a través de ellos se examinen soluciones concretas que puedan disminuir la magnitud de tanta violencia contra la mujer, formando un comité de protección de la mujer, que sea garante de apoyo psicológico y promueva el respeto por la igualdad del género y la asistencia jurídica para que estos conflictos que conlleva la violencia contra la mujer sean tratados y solucionados de acuerdo a las leyes existentes. Hirigoyen (2006), comenta sobre el tema, cuando expresa: “En definitiva, socialmente a los hombres se les prepara para desempeñar un rol dominante y si no lo consiguen pretenden obtenerlo por la fuerza; para ellos, la violencia es un medio de control a la mujer” (p. 95). Lo cual es cierto, ya que la socialización hace que los hombres tengan un papel basado en el poder, en la autoridad y en el dominio; y las mujeres en roles puramente femeninos como la dulzura y la expresión de las emociones.

Al respecto, los autores Ruiz-Jarabo y Blanco (2006), sostienen que: “La violencia es

aprendida socialmente, no es innata a la biología o genética del varón. Es una forma de ejercer poder mediante el empleo de la fuerza física, psíquica, económica o política” (p. 32). El hombre cree que imponiendo violencia puede dominar fácilmente a la mujer, puesto que dicha violencia la van trayendo consigo aprendida por antivalores reflejados en sus hogares desde niños, es decir es una repetición de hechos de violencia que han observado en su niñez, la cual repiten con sus parejas después de llegar a la adultez. El ejercicio de los derechos humanos de las mujeres, en materia de violencia basada en género, se ha visto afectado significativamente también por las concepciones jurídicas tradicionales, basadas en paradigmas positivistas y sexistas.

Hasta hace unas décadas se creía, desde una perspectiva generalista, que el maltrato a las mujeres era una forma más de violencia, con un añadido de excepcionalidad y con una causa posible en una patología del agresor o de la víctima. Desde los años setenta, en el siglo veinte se reconoce su especificidad y el hecho de que sus causas están en las características estructurales de la sociedad. La comprensión del tema, entonces, reclama unas claves explicativas que van desde la insistencia en su especificidad, comprensible solo desde un análisis que incluya la perspectiva del género, hasta la implicación en ella de distintos ámbitos e instancias sociales, pasando por la denuncia de su frecuencia y su carácter no excepcional, sino común. Todas las mujeres son víctimas potenciales del maltrato y la violencia basada en género debido a que en todas las sociedades, se ha desarrollado y pervivido la desigualdad entre los sexos. Además, las distintas formas de violencia contra las mujeres son tácticas de control con el objetivo de mantener y reproducir el poder patriarcal sobre las mujeres, para descalificarlas, y ante ese poder que les niega el goce, disfrute y ejercicio de sus derechos, debe erigirse el Estado como garante de los derechos humanos, aprobando leyes que desarrollen las previsiones constitucionales.

En este sentido, es importante destacar los esfuerzos que se están realizando en América Latina para enfrentar y buscar soluciones factibles al problema de la violencia contra la mujer. Al respecto, en Venezuela se pueden destacar los esfuerzos del Estado Venezolano para enfrentar el problema de la violencia, mediante la promulgación de la Ley Orgánica Sobre el Derecho de las Mujeres a una Vida Libre de Violencia (2007). Ley que ha sido mejorada en las reformas ocurridas en el 2014 y en el 2021.

Cuestión esta que nos lleva a indicar que existen muchos tipos de violencia contra la mujer que no solo se refieren al maltrato físico o psicológico, hay también otros tipos de violencia, por ello la Ley Venezolana, Sobre el Derecho de la Mujer a una Vida Libre de Violencia (2021), en su Artículo 15 de la actual reforma, reconoce varios tipos de violencia, a saber :

1. Violencia psicológica

2. Acoso u hostigamiento
3. Amenaza
4. Violencia física
5. Violencia familiar
6. Violencia sexual
7. Violencia sexual en la relación de pareja
8. Prostitución forzada
9. Esclavitud sexual
10. Acoso sexual
11. Violencia laboral
12. Violencia patrimonial y económica
13. Violencia obstétrica
14. Esterilización forzada
15. Violencia mediática
16. Violencia institucional

17. Violencia simbólica
18. Violencia informática
19. Violencia política
20. Violencia ginecológica
21. Violencia multicausal

Desarrollo

Indiscutiblemente para cambiar un entorno social se necesita en primer lugar la herramienta de la motivación a la participación colectiva, de involucrarse de conocer su realidad y trabajar con empeño en su transformación, demoler los obstáculos que se presentan con entusiasmo, concientizados en realizar una evolución en aprendizaje, convivencia, esperanzados de mejorar la calidad de vida comunitaria que es el fin y el propósito de trabajar colectivamente por una misma meta.

Las actividades de educación comunitaria pueden contribuir a aumentar la información a disposición de las mujeres respecto de sus derechos legales y sociales y dotarlas de medios para buscar ayuda en caso de agresiones. Además, puede ayudarlas a poner en entredicho las ideas en sobre la violencia de género en el marco de iniciativas multisectoriales incluyen líneas telefónicas directas, albergues de emergencia, intervención policial, asistencia legal, consejería, atención psicológica, grupos de apoyo, programas de generación de ingresos, programas para los golpeadores y servicios de asistencia social para niños.

Se trata de superar los roles de géneros así como la aceptabilidad de la violencia en general como herramienta para mantener o acceder al poder. A fin de que los agresores no se sientan legitimados y que los demás no respondan con silencio o ignorancia, es necesaria una doble estrategia de prevención: es indispensable tener una penalización estricta, sin concesiones, de la violencia de género como acto criminal y, al mismo tiempo, programas de sensibilización y capacitación de la población en general en los medios, las escuelas, empresas y otros mecanismos de alta influencia para llevar a cabo el cambio socio-cultural de toda la sociedad. Al mismo tiempo, se necesitan desarrollar medidas de empoderamiento de las mujeres y promover su seguridad en los ámbitos privados y públicos.

Resulta obvio considerar que un cambio socio-cultural no es posible si las mismas leyes mantienen el status quo. Desafortunadamente, numerosas leyes y políticas en la región todavía refuerzan las normas sociales y los conceptos tradicionales porque carecen de una perspectiva de género. De allí que en definitiva el objeto es educar y concientizar a las mujeres del alcance de los derechos que tienen como seres vulnerables de la sociedad para que accionen los mecanismos de protección que se establecen en el ordenamiento jurídico, para que reaccionen dejando la sumisión ante tanta violencia en su contra, alejando cualquier síntoma de masoquismo que la puede llevar a una muerte segura en cualquier momento.

Cabe destacar que para alcanzar estos fines se necesita estar organizado y por lo tanto consideramos que es a través de la figura de la comunidad organizada (Consejo Comunal) en el cual se tiene que gestar el comité de ayuda de la violencia contra la mujer, teniendo como misión el disminuir o erradicar definitivamente ese flagelo que afecta la vida cotidiana tanto de la mujer como de su prole y entorno familiar.

Con respecto a la violencia contra la mujer existen muchas teorías. Por un lado, están las teorías que se centran en los principales factores que influyen en el proceso de toma de decisiones, en el que las víctimas realizan múltiples análisis: de los costes y beneficios de seguir o abandonar la relación, del grado de compromiso que tienen dentro de la relación de pareja, de su capacidad percibida para salir con éxito de la relación de maltrato. Y, por otro, están otras causas referidas a la dependencia emocional de las víctimas y a las repercusiones psicopatológicas del maltrato.

La persona que durante un periodo prolongado de tiempo, sufre maltrato de forma impredecible e incontrolable llega a un estado de indefensión que hace más probable su permanencia dentro de esa relación. Asimismo su malestar, falta de motivación, apatía, interfiere gravemente en su proceso de toma de decisiones. Esta causa se refiere al vínculo emocional que se establece entre dos personas, cuando una de ellas provoca maltrato intermitentemente a la otra. De allí que las cifras de mujeres víctimas de violencia familiar llevada a cabo por quien es o haya sido su pareja son alarmantes ya que anualmente cientos de mujeres son maltratadas por sus parejas en diferentes países del mundo. Este maltrato generalmente se origina por los intentos del hombre por dominar a la mujer, la baja estima que determinados hombres tienen de las mujeres; causas que conducen a procurar instaurar una relación de dominio mediante desprecios, amenazas y golpes.

Los rasgos más visibles del maltrato son las palizas y los asesinatos, son los que trascienden del ámbito de la pareja; sin embargo, los maltratos de baja intensidad, los maltratos psíquicos que mantenidos en el tiempo socavan la autoestima de la mujer, son los que mayoritariamente se dan. Cuando trasciende un caso de maltratos, la mujer puede llevar años sufriendolos. Y si los maltratos pueden producirse en cualquier etapa de la historia de la pareja, es en el momento de la ruptura y tras ésta, si se produce, cuando llegan a exacerbarse. Las causas

pueden ser varias, desde trastornos psicológicos a predisposición socio-cultural, pasando por infidelidades de la pareja o ex-pareja.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) (2013), la violencia física o sexual es un problema de salud pública que afecta a más de un tercio de todas las mujeres a nivel mundial, de allí que pueda decirse que cerca del treinta y cinco por ciento (35 %) de todas las mujeres experimentarán hechos de violencia ya sea en la pareja o fuera de ella en algún momento de sus vidas. El estudio revela que la violencia de pareja es el tipo más común de violencia contra la mujer, ya que afecta al treinta por ciento (30 %) de las mujeres en todo el mundo. El estudio destaca la necesidad de que todos los sectores se comprometan en eliminar la tolerancia de la violencia contra las mujeres y en dar mejor apoyo a las mujeres que la experimentan. Las nuevas guías de práctica clínica de la OMS, presentadas junto a este informe, tienen por objetivo ayudar a los países a mejorar la capacidad de su sector de la salud en responder a la violencia contra las mujeres.

La violencia psicológica es un tema que con más frecuencia se está escuchando y de acuerdo a las encuestas de la OMS va ascendiendo, al respecto, podemos definirla como: el conjunto de conductas que generan agresión, denigrando y modificando la autoestima de la mujer, así como la imagen de sí misma. En las investigaciones se muestra de forma sistemática que las mujeres a menudo consideran el maltrato psíquico más devastador que la violencia física. Los actos específicos de maltrato psíquico infligido por la pareja que se incluyen en el Estudio de la OMS, son los siguientes:

- Ser insultada o hacerla sentirse mal sobre ella misma;
- Ser humillada delante de los demás;
- Ser intimidada o asustada a propósito (por ejemplo, por una pareja que grita y tira cosas;
- Ser amenazada con daños físicos (de forma directa o indirecta, mediante la amenaza de hacerla a ella o a alguien importante para la misma).

El informe detalla el impacto de la violencia sobre la salud física y mental de mujeres y niñas. Este impacto puede ir desde huesos rotos hasta complicaciones vinculadas a embarazos, problemas mentales y un deterioro en el funcionamiento social.

Las principales conclusiones del informe de la OMS, en cuanto a los impactos en la salud por la violencia ejercida por la pareja, fueron:

- Muerte y lesiones: El estudio encontró que a nivel mundial, el 38 % de todas las mujeres asesinadas fueron asesinadas por sus parejas, y el 42 % de las mujeres que han experimentado violencia física o sexual a manos de su pareja resultaron lesionadas.
- Depresión: La violencia conyugal contribuye de manera importante a los problemas de salud mental de las mujeres, en tanto las mujeres que han sufrido violencia de pareja tienen casi el doble de probabilidades de sufrir depresión en comparación con las que no padecieron ningún tipo de violencia.
- Problemas del uso alcohol: Mujeres que sufren violencia de pareja son casi dos veces más propensas a tener problemas con el uso del alcohol.
- Infecciones de transmisión sexual: Mujeres que sufren violencia de pareja física y/o sexual tienen 1,5 veces más probabilidades de contraer sífilis, clamidia o gonorrea. En algunas regiones (incluida el África subsahariana) tienen 1,5 veces más probabilidades de contraer el VIH.
- Embarazo no deseado y aborto: Tanto la violencia de pareja y la violencia sexual de personas que no son pareja se asocian con el embarazo no deseado. Según este informe, las mujeres que sufren violencia de pareja física y/o sexual tienen el doble de probabilidades de tener un aborto que las mujeres que no sufren este tipo de violencia.
- Bebés con bajo peso al nacer: Las mujeres que sufren violencia de pareja tienen un 16 % más de probabilidades de tener un bebé de bajo peso al nacer.

Puede señalarse que la situación actual con el tema de la violencia de género reclama con urgencia la presencia política y social protagónica y participativa de todos y todas que desean mejorar su entorno, permitiéndoles asistencia a los programas de intervención, tanto para la víctima como para el agresor, tener respuestas óptima desde el sistema judicial, capacitar a los profesionales que trabajan en las fiscalías, velar para que se cumplan las medidas cautelares, y disponer de recursos materiales y humanos. En consecuencia a lo antes planteado, se busca la participación protagónica de los consejos comunales, para que a través de ellos se busquen soluciones concretas que puedan disminuir la magnitud de tanta violencia contra la mujer,

formando un comité de protección de la mujer, que sea garante de apoyo psicológico y promueva el respeto por la igualdad del género y la asistencia jurídica para que estos conflictos que conlleva la violencia de género sean tratados y solucionados de acuerdo a las normativas sobre la materia.

Al respecto podemos decir que la violencia contra las mujeres está presente en los más diversos ámbitos, reviste múltiples formas con distintos grados de intensidad y supone, como toda violencia, la violación a los derechos humanos. Es la más extendida, oculta e impune y constituye no solo un problema privado, sino público. Es probablemente la violación de los derechos humanos más habitual y que afecta a un mayor número de personas. Millones de mujeres y niñas en el mundo son víctimas de violencia por razón de su sexo. Por ello la Asamblea General de las Naciones Unidas (2006), señala:

Gran parte de la violencia contra las mujeres la cometen una amplia gama de personas y entidades, como la pareja y otros miembros de la familia; los conocidos ocasionales y extraños; las instituciones del barrio y la comunidad; las bandas delictivas, como así también las organizaciones y las empresas comerciales (p. 85).

Lo anterior sucede porque dicha violencia es la manifestación de las relaciones de poder históricamente desiguales entre mujeres y hombres, que se refleja tanto en el ámbito privado, como en el doméstico y el público, su consecuencia es la vulneración y negación de derechos fundamentales de las mujeres y niñas que habitan este planeta. La violencia contra las mujeres está presente en todas las sociedades del mundo, sea cual sea su sistema político o económico. No sabe de culturas, clases sociales ni etnias. Este tipo de violencia tiene dos caras, en primer lugar es particular, pero también es universal porque a lo largo de la geografía mundial y de las distintas culturas persiste por doquier la violencia contra las mujeres. Este escándalo cotidiano se manifiesta de diferentes maneras y tiene lugar en múltiples espacios, pero tiene una raíz común: la discriminación universal que sufren las mujeres por el mero hecho de serlo.

No existe una causa única que explique la violencia contra las mujeres, así lo han explicado las investigaciones realizadas desde el feminismo, la criminología, los derechos humanos, la sociología, la salud pública. Se llega a la conclusión de que es la conjunción de diversos factores específicos, de las desigualdades de poder en los distintos ámbitos: individual, grupal, nacional y mundial. Un factor causal importante son las desigualdades económicas, que crean o incrementan las condiciones propicias para que se desarrolle la violencia contra las mujeres. A causa de ello muchas mujeres, en distintos países, son discriminadas en determinadas esferas tales como el acceso a empleos, los ingresos y el acceso a préstamos u otros recursos económicos. Sin independencia económica se reduce la capacidad de las mujeres para actuar y tomar decisiones incrementando su vulnerabilidad para sufrir violencia, por ello pueden sufrir explotación económica dentro de la relación de pareja o la familia.

Es de destacar que la violencia contra las mujeres funciona como medio de control para mantener la autoridad de los varones y para castigar a la mujer por transgredir las normas sociales que rigen los roles de familia o la sexualidad femenina. La violencia no solo es individual, sino que se refuerza a través del control, la sanción, y las normas de género vigentes. Además, la violencia contra las mujeres surge cuando los varones perciben que se desafía su masculinidad. Si los actos de violencia contra las mujeres permanecen impunes, esto agrava sus efectos, y éstos actúan como mecanismo de control. Su invisibilidad no contribuye a la comprensión de las violaciones de los derechos humanos y los modos de corregirlos. Si los Estados no responsabilizan a los agresores, la impunidad intensifica la subordinación de quienes sufren la violencia, y así se envía un mensaje erróneo a la sociedad, el mensaje de que la violencia masculina es inevitable y aceptable y esto significa su normalización.

Gracias al trabajo de base de las organizaciones y movimientos de mujeres a nivel mundial, la cuestión de la violencia contra las mujeres ha adquirido relieve. La incansable lucha de las mujeres para obtener la igualdad y el reconocimiento de sus derechos hace posible que la violencia contra ellas se visibilice y se reconozca que la misma no solo es el resultado de conductas violentas individuales, sino que es la consecuencia de relaciones estructurales de desigualdad entre los dos sexos profundamente arraigadas en la sociedad. La negación de los derechos humanos de las mujeres crea las condiciones para que perviva la violencia contra ellas. De ahí que conforme la Asamblea General de las Naciones Unidas, en un estudio realizado sobre todas las formas de violencia contra la mujer, abogue por la promoción y protección de dichos derechos, estableciendo que se debe hacer un esfuerzo por lograr la igualdad sustantiva entre las mujeres y los varones.

De acuerdo con datos ofrecidos por la Comisión Económica Para América Latina y El Caribe (CEPAL) (2017), América Latina no está sola en la búsqueda de la solución del problema de la violencia contra la mujer, y que éste no es exclusivo de las sociedades latinoamericanas. En nuestra región se han dado pasos significativos en el derecho de las personas a una vida libre de violencia; por ejemplo, en la Primera Conferencia Mundial del Año Internacional de la Mujer de 1975 realizada en México, se señaló como el disfrute de los derechos fundamentales de las personas, por lo cual en esta conferencia se insta a los Estados a la adopción de medidas que prevengan y eliminen esta forma de violencia. En esta conferencia se adoptó la definición de violencia como “La intención de utilizar la fuerza física o verbal para alcanzar un objetivo durante un conflicto. La violencia en sí misma es una acción devastadora que puede manifestarse a través de cuatro tipos de agresión: psicológica, verbal, física o sexual” (p. 13). Se entiende entonces que esta definición sentó las bases para la tipificación del delito de violencia contra la mujer tomando en consideración los cuatro tipos de agresión especificados.

Con respecto al movimiento por los derechos de la mujer en Venezuela, Aponte (2005), plantea que éste es un movimiento que trata de obtener la igualdad de las mujeres con los hombres en cualquier aspecto de la sociedad y hacer que accedan a todos los derechos y

oportunidades de que disfrutaran los hombres en las instituciones de dicha sociedad. Opina la citada autora que dicho movimiento es afín a la lucha por los derechos civiles, ya que busca la participación igualitaria de las mujeres dentro del status quo.

Montero (2010), en su trabajo de investigación titulado “Violencia contra la mujer”, hace un análisis crítico de la Ley Orgánica sobre el Derecho de las Mujeres a una Vida Libre de Violencia. Esta autora afirma que la violencia contra la mujer está presente en la mayoría de las sociedades, pero con frecuencia es reconocida y aceptada como parte del orden establecido; de esa forma, la mujer se encuentra en una situación de indefensión encubierta por la intimidad y privacidad de la vida familiar.

Parra (2010), en su ponencia titulada “El Marco Constitucional y Legal: ¿Es el Necesario y Suficiente para garantizar el derecho de la mujer a una vida libre de violencia?”, hace un análisis de los instrumentos legales y normativos garantes de los derechos de la mujer, las fortalezas y debilidades del marco normativo y jurídico vigente en Venezuela y ofrece algunas ideas acerca de las reformas que deberían hacerse a la mencionada ley, tomando como base las debilidades detectadas.

Villegas (2009), analiza el problema de la violencia de la mujer desde la perspectiva de la salud, enfatizando en la violencia obstétrica, como fenómeno vinculado con la violencia de género. Esta investigadora sustenta su trabajo a partir de conceptos como patriarcado, violencia contra la mujer y derechos sexuales y reproductivos.

Campo-Redondo et al. (2009), en el trabajo de investigación titulado “Violencia Familiar e Instituciones Educativas”, mediante un estudio exploratorio analizan cualitativamente los procedimientos que se llevan a cabo en instituciones educativas del Estado Zulia, en relación a la prevención, manejo y control de la violencia familiar. Recomiendan monitorear las actividades que permitan una integración de los representantes a la escuela, y partiendo de las mismas, y de un verdadero sentido de pertenencia y colaboración, comenzar a instaurar planes y proyectos orientados específicamente a la prevención de la violencia; promover actividades desde el hogar, destinadas a orientar el control de las emociones y la evitación de conductas violentas, de manera tal que se permita a los niños el aprendizaje de la tolerancia frente a los conflictos interpersonales, y dentro del contenido programático, incluir temas que permitan una educación en valores e instaurar en los educandos actitudes positivas en relación a la familia.

Desde el punto de vista político, García (2008) afirma que las mujeres venezolanas, a pesar de las dificultades a las cuales han tenido que enfrentarse, han protagonizado, a partir de la segunda mitad del siglo XX, un proceso de intervención y presencia participativa en los espacios de la vida pública y del sistema político institucional, aunque desafortunadamente no han logrado superar la inclusión. La investigación realizada por esta autora determinó que esta intervención femenina se apoyó en cuatro determinantes de carácter social e histórico, a saber:

(1) temprana articulación de las mujeres venezolanas a la construcción del modelo democrático y pluralista que ha definido al sistema político venezolano desde principios del siglo XX, (2) el ascenso de la calidad y cantidad en lo que respecta a la formación educativa de las venezolanas, gracias a una masiva incorporación al sistema educativo; (3) incorporación masiva al empleo y al trabajo remunerado, como producto del ascenso en educación; y (4) constitución de alianzas de los partidos políticos y otras organizaciones para apoyar a las mujeres en la postulación de agendas comunes y alcanzar logros significativos en la política nacional.

De acuerdo con las investigaciones de García (2008), con respecto a las políticas dirigidas al fortalecimiento de las organizaciones de mujeres, éstas, en líneas generales, funcionan como entes de carácter utilitario para la solución de problemas comunitarios, como simples intermediarios frente al Estado, pero sin asumir el carácter político de esa intervención. Cuando se habla del fortalecimiento de las organizaciones de mujeres se refieren a la importancia de potenciar la autonomía de las organizaciones, con la finalidad de estimular su acceso a la defensa de los derechos de la participación política de la mujer en la vida democrática del país. Para ello se requieren iniciativas que promuevan las formas de identidad y de participación política, en oposición a los estereotipos tradicionales, marcados por la subordinación y la dependencia de la mujer con respecto al hombre. Se hace necesario para ello el desarrollo de una campaña de información y de sensibilización de la población femenina acerca de sus derechos políticos y civiles, para que puedan reclamar su justa participación en la sociedad y elevar sus valores e imagen en la acción pública.

Por su parte, Martínez (2007), en la investigación “Romper el silencio de una violencia de género cotidiana”, se plantea como objetivo de la investigación establecer la presencia de la violencia de género en las relaciones de pareja de las estudiantes universitarias de la Carrera de Educación mención Geografía y Ciencias de la Tierra de la ULA Táchira, Venezuela y diferenciar sus diversas manifestaciones, si las hubiera. La autora toma en consideración toda aquella relación ocurrida en el contexto de noviazgo, de matrimonio o de convivencia, bien sea que cohabite o no. El período de relación de pareja a considerar es aquel que haya tenido lugar en los últimos doce meses al momento de la aplicación del instrumento.

El denominador común de la serie de investigaciones involucran otra categoría importante a tener en cuenta como es la del empoderamiento, concebido como la capacidad de las mujeres de actuar en la comunidad, de tener voz propia, de tomar decisiones y plantear alternativas no solo relacionadas con los asuntos de mujeres sino con todos aquellos espacios o asuntos en donde lo que esté en juego sean los intereses del colectivo social. La promoción de los derechos de la mujer, tanto en la salud como en lo educativo, lo laboral y lo jurídico, tiene que ver con la construcción de ciudadanía, partiendo de la idea de empoderamiento de las mujeres como actoras sociales autónomas y con conciencia de género.

Por todo lo expuesto, cuando nos referimos a la violencia contra las mujeres, por tal se

entiende aquella que sufren las mismas por razón de su sexo. Así se desprende del artículo 1 de la Ley Orgánica Sobre el Derecho de las Mujeres a una Vida Libre de Violencia (2007), la cual define la violencia contra las mujeres como “...todo acto de violencia basado en la pertenencia al sexo femenino que tenga o pueda tener como resultado un daño o sufrimiento físico, sexual o psicológico para la mujer, así como las amenazas de tales actos, la coacción o la privación arbitraria de la libertad, tanto si se producen en la vida pública como en la privada”. Luego, dicha ley fue reformada en el 2021, incluyéndose nuevas modalidades de violencia, como la violencia informática y la violencia política, así como la inclusión de nuevos artículos, sobre la corresponsabilidad del poder popular, donde se establece las funciones de los consejos comunales como órganos encargados de la prevención de la violencia.

Por ello a manera de reflexiones establecemos lo siguiente:

1. Al analizar los instrumentos jurídicos en los cuales se fundamenta este trabajo, se ha podido constatar la importancia que confiere el Estado Venezolano al problema de la discriminación de género en nuestro país. Nuestra Carta Magna establece el principio de igualdad entre las personas, es decir, no admite ningún tipo de discriminaciones entre éstas, en virtud de que todos somos iguales ante la Ley.
2. La Ley Orgánica Sobre el Derecho de las Mujeres a una Vida Libre de Violencia, tiene por objeto garantizar y promover los derechos de las mujeres, creando condiciones para prevenir, atender, sancionar y erradicar la violencia contra las mujeres en cualquiera de sus manifestaciones y ámbitos, impulsando cambios en los patrones socioculturales que sostienen la desigualdad de género y las relaciones de poder sobre las mujeres, para favorecer la construcción de una sociedad justa, democrática, participativa, paritaria y protagónica. E igualmente, en materia de género, las convenciones y recomendaciones ratificadas por Venezuela han sido diversas y varias de ellas nutren tanto al derecho sustantivo como al adjetivo.
3. También se pudo determinar que a lo largo de la historia, Venezuela se ha destacado por su nutrida relación internacional y por su participación activa dentro de los organismos internacionales, así como el compromiso de acatar y procurar el cumplimiento de las normativas internacionales, incluso prevaleciendo sobre el orden interno una vez sean ratificadas por la Asamblea Nacional.
4. Es innegable que la mayoría de los gobiernos de América Latina han creado comisiones nacionales para mejorar la coordinación entre los sectores y monitorear los avances en el desarrollo de planes y políticas internos sobre la violencia. En este sentido, las actividades de educación comunitaria también pueden contribuir a aumentar la

información a disposición de las mujeres respecto de sus derechos legales y sociales y dotarlas de medios para buscar ayuda en caso de agresiones. Además, puede ayudarlas a poner en entredicho las ideas en las cuales violencia de género en el marco de iniciativas multisectoriales incluyen líneas telefónicas directas, albergues de emergencia, intervención policial, asistencia legal, consejería, atención psicológica, grupos de apoyo, programas de generación de ingresos, programas para los golpeadores y servicios de asistencia social para niños. Los grupos de apoyo parecen ser estrategias efectivas y de bajo costo para llegar a un gran número de mujeres.

Los Consejos Comunales son instancias de participación, articulación e integración entre los ciudadanos, ciudadanas y las diversas organizaciones comunitarias, movimientos sociales y populares, que permiten al pueblo organizado ejercer el gobierno comunitario y la gestión directa de las políticas públicas y proyectos orientados a responder a las necesidades, potencialidades y aspiraciones de las comunidades, en la construcción del nuevo modelo de sociedad socialista de igualdad, equidad y justicia social. Por ello, en tanto instancias locales de participación, podrían convertirse también en valiosos instrumentos para concretar en las comunidades servicios y programas municipales, estatales y nacionales destinados a la prevención de las violencias contra las mujeres, de atención a las víctimas, de denuncia por ante los organismos competentes y de exigibilidad de derechos. No es casual que la Ley Orgánica de las Comunas (2010), considere como áreas y comités de trabajo de los Consejos Comunales, la atención a la violencia a través de proyectos dirigidos a la protección social de niños, niñas y adolescentes, personas con discapacidad, la familia y la igualdad de género, así como la educación, la cultura y la formación ciudadana y que en la última reforma a la Ley de Reforma Parcial a la Ley orgánica sobre el Derecho de las Mujeres a una Vida Libre de Violencia (2021) se incluya, en el artículo 40, a los consejos comunales como “...corresponsables por la ejecución, seguimiento y control de las políticas de prevención atención, orientación acompañamiento y defensa del derecho de las mujeres a una vida libre de violencia...”

No obstante, no basta con un régimen jurídico idóneo para garantizar a las mujeres venezolanas el acceso y disfrute de su derecho a una vida libre de violencia. Se requieren también de instituciones fuertes, capaces de hacer efectivos tales derechos y de implementar las políticas y programas destinados a disolver las causales estructurales e inmediatas de la violencia de género. En tal sentido, son diversas las debilidades que caracterizan a los distintos poderes públicos, a los tres niveles de gobierno (nacional, estatal y municipal) y a la misma sociedad civil, que obstaculizan el imperativo ético de garantizar este derecho fundamental. Este es un gran desafío para la Venezuela del Siglo XXI, de allí que es necesario implementar estrategias destinadas a contribuir con la búsqueda de vías para la acción comunitaria en la promoción y la exigibilidad del derecho de las mujeres a una vida libre de violencias, como son: la de sensibilización hacia un cambio en el comportamiento, las actitudes y las prácticas, lo que permitiría profundizar el conocimiento, la sensibilidad y la comprensión sobre la violencia

contra las mujeres. En su implementación debe incorporar las experiencias de la propia gente, enfocándose sobre sus realidades y promoviendo el aprendizaje interactivo. La sensibilización podría comprender algunos de los siguientes objetivos y temas:

- Cooperar y discutir en la búsqueda de información sobre la violencia contra las mujeres, con el fin de informarse y documentarse sobre las diversas manifestaciones de la violencia, sus consecuencias y sus causas, así como sobre los recursos legales y sociales existentes. En este sentido, el análisis de La Ley sobre el Derecho de las Mujeres a una Vida Libre de Violencias debe ser imperativo.
- Develar los mitos y estereotipos culturales que sirven de base a la violencia, ya que para reconocer los diversos tipos de violencia contra las mujeres y comprender sus causas es importante considerar las creencias, los prejuicios, las desvalorizaciones y las desigualdades que hacen que la sociedad aún los acepte como hechos normales en la vida cotidiana. Descifrar los orígenes de los problemas ayuda a crear conciencia crítica y a despertar prácticas responsables y solidarias.
- Discutir sobre la violencia en el contexto del papel de las mujeres y los hombres, el tipo de relacionamiento a diferentes edades, el funcionamiento familiar y, en general, las expectativas, aspiraciones, oportunidades y derechos que se le asignan a cada sexo.
- Identificar patrones culturales y sociales de resolución de conflictos en la vida cotidiana de las parejas, la familia, la comunidad e incluso el país, así como las condiciones y los recursos necesarios para que los conflictos se conviertan en instrumento para lograr la convivencia en paz y el respeto a la diversidad.
- Crear espacios de encuentro, reciprocidad y diálogo, con el soporte de materiales impresos sobre las propias vivencias, involucrando a personas con experiencia en la temática, respetando la diversidad de opiniones y experiencias frente a la problemática.
- Movilizar a la comunidad para prevenir la violencia contra las mujeres, buscando el fortalecimiento y articulación de las capacidades comunitarias para despertar la voluntad y el compromiso de la ciudadanía en la prevención de la violencia contra las mujeres y podría comprender algunos de los siguientes objetivos y herramientas.
- Establecer vínculos entre la ciudadanía y los programas, proyectos y servicios existentes en la comunidad que atienden la problemática de la violencia contra las mujeres, así como fomentar la creación de espacios para la articulación de los mismos. Esto incluye la identificación y promoción de otros recursos presentes en la comunidad dirigidos a aumentar las oportunidades de acceso de las mujeres a la salud, el trabajo, la educación y la cultura, entre otras.

- Informar y sensibilizar a las mujeres y a la comunidad en general, acerca de sus derechos humanos, legales y sociales, a través de encuentros, campañas, espacios para el intercambio y el diálogo, jornadas, talleres, exposiciones y otros eventos. Los participantes pueden ser las escuelas, los centros de salud, la población, la policía, clubes deportivos, iglesias, entre otros.
- Crear grupos de apoyo en cada consejo comunal para que sean portavoces de información y comunicación, brinden acompañamiento a mujeres víctimas de violencia y se constituyan en enlace con los programas, proyectos y servicios existentes en la comunidad.
- Promover con las diversas organizaciones comunitarias prácticas sensibles y equitativas al género y una posición de tolerancia cero frente a la violencia contra las mujeres, u otro grupo poblacional afectado por la violencia de género, como los niños, las niñas o los adolescentes.
- Promover ante los Consejos Comunales la enunciación y ejecución de proyectos comunitarios para la formación ciudadana, la educación para la paz, la igualdad y la equidad de género, u otras áreas que tengan como objetivo la formación de valores humanos y modelos de socialización distintos a los prevalecientes.
- Promover la formulación e implementación de proyectos dirigidos a ofrecer a las mujeres oportunidades de acceso a servicios sociales y formación laboral.
- Gestionar recursos de diversa índole, ante los Consejos Comunales, las autoridades locales y el sector privado, para apoyar las actividades de promoción a una vida libre de violencias de las mujeres, tal como establece la ley vigente.

Para lograr esto se debe tener presente que se debe partir de la realidad presente en cada comunidad, por lo que los objetivos, acciones y herramientas propuestas deben ajustarse a la misma, de allí que es necesario identificar las posibles resistencias que puedan surgir, buscando espacios de aceptación opcionales, como son el problema de la juventud, la educación de los hijos, el crecimiento personal u otros temas que sean de inquietud en la comunidad. Por lo tanto, es necesario e importante involucrar a los hombres y los jóvenes en las actividades de promoción, así como la realización de actos que estén acordes con la realidad de cada comunidad.

Conclusiones

La única salida viable para contribuir a erradicar la violencia contra las mujeres es la aplicación de la ley para protección de las víctimas y la educación en la igualdad y la erradicación de la ideología machista que es una medida a largo plazo, en la que falta aún un largo camino por recorrer.

Con frecuencia los gobiernos no asumen la responsabilidad de proporcionarles un sistema de justicia “operativo y accesible”, creando así barreras institucionales que dificultan el acceso de las mujeres a la justicia. Por el contrario, el buen funcionamiento de los sistemas legales y de justicia es esencial para que las mujeres logren ejercer plenamente sus derechos humanos.

Se ha comprobado que, en países donde la asistencia jurídica financiada por el Estado es limitada, las organizaciones de mujeres que prestan asesoría jurídica son fundamentales para lograr que las mujeres se beneficien de los sistemas de justicia. La labor de estas organizaciones, sobre todo, en casos de violencia contra las mujeres, salud sexual y reproductiva o ciudadanía y derechos hereditarios han permitido esclarecer la interpretación de las leyes o velar por su cumplimiento.

Es necesario emprender acciones para revocar las leyes que discriminan explícitamente a las mujeres; para proteger a las mujeres incluso en el ámbito privado, contra la violencia doméstica; y abordar el verdadero impacto de las normativas sobre la vida de las mujeres.

Es importante ayudar al acceso de las mujeres a la justicia. La experiencia de América Latina y de otras partes indica la necesidad de dotar a las estaciones policiales de mujeres y las oficinas de atención de cuestiones de género con recursos suficientes para que puedan realizar su labor de modo adecuado.

Es necesario capacitar a juezas y jueces y dar seguimiento a sus sentencias a nivel nacional, esto permite tanto a la sociedad civil, como a los gobiernos monitorear el desempeño de los tribunales referente a los derechos de las mujeres.

Referencias


- Aponte, É. (2005). La revolución feminista. *Revista Frónesis*, 12(1), 9-37.
- Asamblea General de las Naciones Unidas. (2006). *Estudio a fondo sobre todas las formas de violencia contra la mujer*. Informe del Secretario General.
- Campo-Redondo, M., Andrade, J. y Andrade, G. (2009). Violencia Familiar e Instituciones Educativas. *Revista Capítulo Criminológico*, 31(3), 91-110.

- Comisión Económica Para América Latina y El Caribe (CEPAL). (2017). *El derecho a vivir una vida libre de violencia en América Latina y el Caribe*. Naciones Unidas.
- Corsi, J. y Peyrú, G. (2003). *Violencias sociales*. Serie Estudios Sobre la Violencia N° 8. Ariel.
- García. (2008). Análisis de la participación política de las mujeres en Venezuela [Instituto Latinoamericano de Investigación Social. Observatorio Venezolano de los Derechos Humanos de la Mujer, Caracas.]. *Seminario Violencia, Salud y Derechos Políticos con Perspectiva de Género*.
- Hirigoyen, M. (2006). Mujeres maltratadas. Los mecanismos de la violencia en la pareja. *Anuario de psicología / The UB Journal of psychology*, 37(1), 189-92. <https://www.raco.cat/index.php/AnuarioPsicologia/article/view/97586>
- Ley de Reforma Parcial a la Ley orgánica sobre el Derecho de las Mujeres a una Vida Libre de Violencia. (2021). *Gaceta oficial N° 6.667 Extraordinario*.
- Ley Orgánica de las Comunas. (2010). Asamblea Nacional de la República Bolivariana de Venezuela.
- Ley Orgánica Sobre el Derecho de las Mujeres a una Vida Libre de Violencia. (2007). Asamblea Nacional de la República Bolivariana de Venezuela. *Gaceta Oficial N° 386.647*, 2007.
- Martínez. (2007). *Romper el Silencio de una Violencia de Género Cotidiana*. Universidad de los Andes, Sede Táchira.
- Montero, D. (2010). *Violencia contra la mujer. Análisis de la Ley*.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2013). *Informe sobre la violencia contra la Mujer. Estimaciones mundiales y regionales de la violencia contra la mujer: prevalencia y efectos de la violencia conyugal y de la violencia sexual no conyugal en la salud*, Ginebra.
- Parra, M. (2010). *Marco Constitucional y legal: ¿Es necesario y significativo para garantizar el derecho de las mujeres a una vida libre de violencia?* Instituto Venezolano de Investigaciones Sociales (ILDIS). Oficina de Venezuela de la Fundación Friedrich Ebert, Caracas.
- Ruiz, Y. (2007). *La Violencia contra la mujer en la sociedad actual. Análisis, propuesta y prevención*. Valencia, España: Universidad Jaume I. *Forum de recerca N° 13*, 2007-2008.
- Ruiz-Jarabo, C. y Blanco, P. (2006). *La violencia contra las mujeres: Análisis y Propuestas de Prevención y detección. Cómo promover desde los servicios sanitarios relaciones autónomas, solidarias y gozosas*. Universidad Jaume I. Barcelona, España.
- Villegas, A. (2009). La violencia obstétrica y la esterilización forzada frente al discurso médico. *Revista Venezolana de Estudios de la mujer*, 14(32), 125-146.

Metaverso: más allá de la realidad inmersiva

Metaverse: beyond immersive reality

Jesús Erazo ¹

Pablo Sulbarán ²

Centro Nacional de Desarrollo e Investigación en Tecnologías Libres, Mérida, Venezuela^{1,2}

jerazo@cenditel.gob.ve¹

psulbaran@cenditel.gob.ve²

Fecha de recepción: 11/05/2022

Fecha de aceptación: 24/05/2022

Pág: 129 – 140

Resumen

Aunque la noción del Metaverso está implícita en algunos videojuegos populares, en la actualidad se replantea su concepto, además de adaptarlo a diversas actividades que progresivamente han emigrado al mundo digital como el trabajo, el comercio, la educación y la recreación. Se proyecta para los próximos años una alta inversión financiera en investigación, desarrollo e implementación de la tecnología, cuya característica principal es la realidad virtual. De acuerdo con el conglomerado tecnológico que impulsa su avance, el principal objetivo, es hacer de las conexiones digitales una experiencia inmersiva que potencie las relaciones humanas. Ahora bien, históricamente los *Gigantes Tech* no son impulsados por fines altruistas sino por el control de masas que suman a sus beneficios económicos, por encima de esto que es evidente, queda la cuestión por responder si es una tecnología realmente necesaria. De primera impresión, puede que ofrezca ventajas en el campo de la enseñanza y la acción laboral. Sin embargo, la tecnología presenta unos bordes filosóficos que se deben tratar con sumo cuidado. En ese sentido, el presente ensayo además de exponer la tecnología, ofrece ideas para el debate sobre su conveniencia e impacto social.

Palabras clave: metaverso, realidad aumentada, realidad extendida, realidad virtual.



Esta obra está bajo licencia CC BY-NC-SA 4.0.

Abstract

Although the notion of the Metaverse is implicit in some popular video games, its concept is currently being rethought, in addition to adapting it to various activities that have progressively migrated to the digital world such as work, commerce, education and recreation. A high financial investment in research, development and implementation of technology, whose main characteristic is virtual reality, is projected for the coming years. According to the technological conglomerate that drives its progress, the main objective is to make digital connections an immersive experience that enhances human relationships. Now, historically, the Tech Giants are not driven by altruistic goals but by mass control that add to their economic benefits, beyond this that is evident, the question remains to be answered if it is a really necessary technology. At first glance, it may offer advantages in the field of education and employment. However, the technology has sharp edges that must be treated with great care. In this sense, this essay, in addition to exposing the technology, offers ideas for the debate about its convenience and social impact.

Key words: augmented reality, extended reality, metaverse, virtual reality.

Introducción

El término metaverso aparece por primera vez hace tres décadas en el best seller de características futuristas y distópicas titulado *Snow Crash* por la pluma de Stephenson (1992). En la citada obra literaria, los personajes acceden a un mundo a través de dispositivos de visión estereoscópica artificial. Una vez inmersos adoptan alguna forma de representación gráfica (avatares), de tal suerte de encontrarse bajo una existencia que les permite llevar así vidas paralelas al mundo real. Más allá de la envergadura novelística, fundamentalmente, la tecnología que está detrás de la ilusión es la realidad virtual.

Aun cuando el concepto de Metaverso es de vieja data y está presente en cierto modo en algunos juegos electrónicos e incluso en algunas aplicaciones para el entrenamiento deportivo, es a partir del año 2021 que ha adquirido una exaltación mediática debido al impulso dado por los gigantes tecnológicos, por las élites del poder económico e incluso por algunos destacados centros del conocimiento científico.

En efecto, el metaverso es una de las 5 principales tendencias tecnológicas del año 2022, según el Foro Económico Mundial (Masterson, 2022). Se estima que la nueva plataforma tecnológica represente una oportunidad de mercado de ochocientos mil (800.000.000.000) millones de dólares para las empresas de entretenimiento en línea y las redes sociales en los próximos dos años (Kanterman, 2021). De hecho, en el tercer trimestre del año 2021 fue un hecho comunicacional la propuesta de inversión de una multimillonaria suma de dinero por

parte de la recién creada Big Tech Meta para el desarrollo y afianzamiento de la tecnología del entorno virtual inmersivo (Chandar, 2021).

De acuerdo con Bosworth (2021), la nueva plataforma informática impulsada por Meta corresponde a “(...) un conjunto de espacios virtuales donde puedes crear y explorar con otras personas que no están en el mismo espacio físico que tú. Podrá pasar el rato con amigos, trabajar, jugar, aprender, comprar, crear y más (...)” (párr. 2). En principio, se puede deducir que la innovación tecnológica promete estar dirigida además del entretenimiento, al teletrabajo, la educación a distancia y al comercio en línea. Para tal fin, en América Latina se espera entrenar a miles de personas en realidad aumentada para el desarrollo de la propuesta (Organización de los Estados Americanos (OEA), 2021). Igualmente, existe en Europa la apuesta para construir el universo virtual de la próxima generación de internet (European Commission (EC), 2021).

Ahora bien, está pendiente el debate sobre los derechos humanos en el metaverso en cuanto al riesgo de estar sometidos a una recopilación de datos de forma más exhaustiva y a una vigilancia permanente (Rodríguez et al., 2021). Del mismo modo, no se deben pasar por alto las implicaciones en la soberanía y seguridad nacional debido a que pudiese ser una tecnología más invasiva de la mente humana utilizada para coaccionar comportamientos indebidos en la ciudadanía, siembra de falsos valores en la juventud o mal formación de adolescentes, este último factor clave en el desarrollo de una nación.

Más allá del marco de aplicaciones prometedoras y sus repercusiones sociales, el metaverso va adquiriendo realidad y forma. En efecto, todas las piezas necesarias para la construcción del universo de fantasía están a la disposición: realidad virtual; realidad aumentada; la nube; telefonía móvil 5G; inteligencia artificial; tecnología háptica y holográfica. En ese sentido, por los notables avances tecnológicos que sustentan su desarrollo, la influyente matriz de opinión generada desde el poder tecnológico que impulsan su incorporación en la sociedad y a la cada vez más inminente nueva etapa tecnológica de la humanidad, se hace necesario conocer de qué trata la innovación y más aún cómo ésta afectaría a la sociedad.

Este ensayo tiene como propósito presentar una perspectiva del tema en cuestión, para tal fin y para contar con una cosmovisión que permita reflexionar sobre la verdadera utilidad o pertinencia de la tecnología en desarrollo, se inicia con la definición de metaverso como el internet de tercera dimensión, seguidamente se abordan los aspectos claves para lograr su funcionamiento, después se consideran los desafíos asociados a su desarrollo e implementación, posteriormente se presenta el posicionamiento de la tecnología en la opinión pública y finalmente se ofrecen algunas reflexiones del tema.

Metaverso: el internet de tercera dimensión

En principio, metaverso es la contracción de las palabras meta y universo, que en el sentido literal significa “más allá del universo”. En el contexto de la novela *Snow Crash* de Stephenson (1992), el término hace alusión a un universo virtual simulado por computadoras, gobernado por sus propias leyes, donde cohabitan los avatares de los cibernautas junto con seres creados y supeditados por quienes tienen el control del sistema. Es importante resaltar que lo anteriormente descrito no tiene vinculación alguna con los conceptos de universos paralelos o multiversos surgidos en las últimas teorías físicas.

Técnicamente, en el argot de internet, el término “(...) se utiliza para describir una representación virtual de la realidad implementada por medio de un software de realidad virtual” (Ince, 2002). En la actualidad, “(...) generalmente se refiere al concepto de un mundo virtual altamente inmersivo donde las personas se reúnen para socializar, jugar y trabajar” (Merriam-Webster, 2021). Se sobrentiende que la tecnología busca que sus usuarios pasen de ser simples espectadores a realmente actores a través de experiencias más vívidas. Es decir, pasar de la simple visualización de una imagen en una pantalla de cristal líquido a una realidad donde se vive y siente la misma a través de software, actuadores y sensores.

Ahora bien, para la construcción del Metaverso se necesitará una serie de tecnologías base. Evidentemente, realidad virtual (RV), realidad aumentada (RA) e internet están en primera línea. Sin embargo, la renderización, la inteligencia artificial y la supercomputación son elementos claves para la generación de contenidos más realistas. Además, se requiere *framework* para desarrollar videojuegos, servicios en la nube, *blockchain*, gemelos digitales, internet satelital, 5G, ciencia del tacto, neurotecnología, ingeniería del comportamiento, tecnologías BCI (*Brain Computer Interface*) e incluso tecnología de generación eléctrica.

Aspectos claves para el funcionamiento de la tecnología

Fundamentalmente, la tecnología clave que sustenta al metaverso es la realidad virtual (RV). Al respecto, este tipo de existencia se puede entender como la sustitución de la interacción entre una persona y el entorno físico por una interconexión a un ambiente simulado por computador, construido a partir de dispositivos físicos como por ejemplo, cintas de correr omnidireccionales, dispositivos de visión artificial y guantes con tecnologías háptica, que funcionan juntos y se sincronizan con los órganos sensoriales para formar una percepción de una realidad física de otro lugar, otro cuerpo u otra lógica de cómo funciona el mundo (Bardi, 2020).

Al igual que la RV, la realidad aumentada (RA) ofrece también una experiencia inmersiva, pero se diferencia básicamente de aquella en la forma de superponer elementos virtuales a la realidad física que rodea a la persona. Se puede considerar la RA como una extensión más

realista de la RV. Como un ejemplo representativo, el videojuego popular Pokémon GO es una clara aplicación de esta tecnología. La combinación de RA y RV dan origen a la realidad mixta o extendida que potencia la inmersión total de los usuarios en los mundos digitales.

Ahora bien, para lograr la experiencia sensorial es necesario contar hardware y software especiales. Básicamente, se debe contar con una computadora para el control de varios dispositivos como pantallas que permiten visualizaciones estereoscópicas y sonido 3D. Los sistemas de RV usan giroscopios y sensores de movimiento para rastrear las posiciones de la cabeza, el cuerpo y las manos. Los datos recolectados sirven a los algoritmos computacionales para calcular las perspectivas adecuadas, determinar la posición y orientación de las cámaras y crear objetos virtuales que se superponen sobre la vista del usuario. La utilización de pisos móviles para dar la sensación de caminar y el uso de tecnología háptica para experimentar la forma y la textura de los objetos virtuales, hacen de la experiencia aún más inmersiva (Human Interface Technology Lab (HITL), 2019; Pradas, 2021).

En cuanto a la sincronización del entorno digital con el mundo físico y viceversa, la innovación denominada gemelo digital juega un factor clave en la representación digital de objetos, personas o procesos físicos del mundo real en un formato virtual 3D. Por ende, juega un rol clave en el desarrollo de contenido virtual porque permite realizar réplicas exactas de la realidad a partir de datos obtenidos en tiempo real a través de (Guillemot, 2021; Iberdrola, 2020):

- Sensores que transmiten información de objetos.
- Tecnologías relacionadas con el Big Data.
- Plataformas de internet de las cosas (IoT por sus siglas en ingles).

La información recolectada es procesada con IA, *cloud computing* y *machine learning*, para crear una representación realista en el mundo virtual. Es importante destacar que los sensores alimentados por conectividad IoT para detección de movimiento y recopilación de datos personalizados resultan fundamentales para construir gemelos digitales 3D y crear conciencia espacial (McAllister, 2022).

Asimismo, la tecnología *blockchain* juega una pieza clave como mecanismo de autenticación de activos criptográficos y datos propiedad del usuario. Avatares, bienes digitales, compra de productos digitales de entretenimiento y aplicaciones, transacciones financieras, así como *tokens* no fungibles (NFT) como obras de arte o música, serán respaldadas en el mundo virtual por rutinas de software basadas en cadenas de bloques. Incluso autenticará la propiedad de bienes digitales en mundos virtuales interoperables, hasta podrá controlar el acceso a ciertas áreas del metaverso por restricción por edad (Ratan y Meshi, 2022).

También, 5G es una pieza importante en el desarrollo de los mundos virtuales, en particular para el tratamiento de archivos digitales pesados que requieren de una red de gran ancho de banda y baja latencia como lo son el texturizado de vídeo y el sonido inmersivo o 3D. Las bondades de la tecnología posibilitan conexiones ultrarrápidas entre los servidores en la nube y los dispositivos de realidad virtual, optimizando así la experiencia (Udoji, 2021).

La computación cuántica promete ser de gran utilidad para la ejecución de varias aplicaciones críticas. Sus posibles casos de uso se encontrarán en aspectos relacionados con la optimización de la seguridad, el cálculo, la comunicación, el aprendizaje automático y la simulación. Se necesitará de criptografía cuántica para blindar las transacciones frente al desarrollo de algoritmos cuánticos que rompan la seguridad de la información. La enorme cantidad de cálculos y simulaciones que puede realizar la computación basada en la fenomenología cuántica puede ser aprovechada para mejorar la experiencia en el mundo virtual. Para crear realismo, la aleatoriedad cuántica podría asegurar de que los habitantes y sus algoritmos no jueguen con el sistema. A medida que aumenta la complejidad del metaverso, el aprendizaje automático es fundamental para su evolución, en tal sentido, *quantum machine learning* será una herramienta a favor (S. Basu, 2022).

Desafíos en el desarrollo e implementación del Metaverso

Para animar a miles de avatares y entidades virtuales de muy alta resolución, así como aspectos como la interconexión entre usuarios, la creación de propiedad virtual, el intercambio comercial y el ofrecimiento de servicios, requerirá del uso de miles de potentes servidores en centros de datos con alto consumo de energía eléctrica para el procesamiento y la transferencia de datos. Por consiguiente, se prevé un aumento de la demanda global de electricidad (González, 2021).

Del mismo modo, el incremento en el uso de los servicios en la nube conlleva a un aumento de las emisiones de dióxido de carbono (Marsden et al., 2020). En tal sentido, es claro que para la sostenibilidad de este nuevo mundo virtual y reducir su impacto ambiental se hace necesario mejorar la productividad energética así como también realizar inversiones en fuentes de energías renovables como la solar, eólicas, termales e incluso nuclear. Además, el desarrollo de todo el hardware necesario exige la utilización de muchos recursos naturales, en consecuencia el metaverso supone un desafío para la conservación de la naturaleza.

Por otro lado, la vida en el metaverso podría afectar la agudeza visual (Barral, 2021), aunque amerita un estudio exhaustivo al respecto, sin embargo, es posible que suceda tal afectación porque para adentrarse en el mundo virtual, los usuarios necesitarán de cascos o gafas con pantallas de luz artificial, a medida que permanezcan más tiempo jugando o socializando en el metaverso estarán sometiendo sus ojos a mayores cantidades de radiación no

natural que puede ser a largo plazo dañina para la visión. Del mismo modo, el uso de auriculares por extensos periodos de tiempo puede afectar el funcionamiento de los oídos e incluso el audio 3D podría afectar permanentemente los sensores humanos de la coordinación y posicionamiento.

De hecho, se conoce que la principal limitación de los programas o herramientas de realidad virtual utilizadas en el mundo científico para examinar y comprender datos experimentales de una manera más amistosa y dinámica, radica en que movimientos bruscos producen ciertos niveles de aturdimiento o vértigo (Clavin, 2019). Por supuesto, falta investigación científica que respalde lo anterior, sin embargo, son elementos claves para el debate.

Asimismo, el metaverso podría potenciar o causar la dismorfia corporal. Las personas podrían sentir mayor presión social para ajustar su apariencia en el mundo virtual, por tanto entrarían en una especie de juego de alterar y manipular sus avatares o cambiar sus identidades digitales de acuerdo con las expectativas de belleza. Así que, si el metaverso centra gran parte de su contenido en el cuerpo y el estilo de vida, podría dejar a los usuarios más susceptibles a la dismorfia corporal y amenazar su mente (T. Basu, 2021). En tal sentido, el asunto de cómo la tecnología afectará la identidad, la personalidad, el comportamiento y las emociones en personas que padecen trastornos de salud mental o grupos vulnerables como niños o jóvenes, representa un reto para su regulación.

Otro aspecto a considerar es que detrás de la innovación existe investigación de alto nivel en informática, ciencia cognitiva y formas de tecnologías narrativas interactivas respaldadas por IA (Computer Science and Artificial Intelligence Laboratory, 2021). Este hecho enciende las alarmas por si se usan algoritmos de recomendación que conduzcan hacia el consumo masivo o al desarrollo de adicción en los usuarios hacia determinados productos digitales.

De igual manera, queda por estudiar las implicaciones de los mundos virtuales en el campo de la seguridad nacional, en particular en controlar la intromisión de los grandes conglomerados tecnológicos en asuntos internos a través de la recopilación de datos de sus ciudadanos, la imposición de monopolios tecnológicos que afectan la soberanía e independencia tecnológica, la instalación de matrices de opinión que favorezcan a determinadas ideas políticas generando conflictos y desorden público, la transculturación en menoscabo de la identidad nacional auspiciando la desintegración y colocando a los países en situación vulnerable ante la acción de agentes externos.

Por tanto, otro complejo desafío es el de establecer estándares y protocolos para el mundo virtual que definan reglas claras, precisas, éticas, morales, sociales y políticas referentes a la recopilación de información personal, protección de la privacidad, seguridad de los datos, transparencia en el intercambio de activos digitales, trabajo virtual, restricción de aplicaciones que puedan representar un alto riesgo para los usuarios, acoso o abuso en línea, adicción al crimen, confusión entre la verdadera realidad y RV (Duarte, 2021; Rodríguez et al., 2021).

Posicionando la tecnología en la opinión pública

Existen iniciativas o eventos que van posicionando la tecnología de una u otra manera en la opinión pública y a su vez van consolidando su desarrollo, concretamente, el Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST) (2021) organizó un foro internacional sobre las tendencias globales con respecto a las innovaciones y aplicaciones tecnológicas del metaverso junto con su impacto en múltiples aspectos de nuestro futuro. En la misma tónica, desde el Massachusetts Institute of Technology (MIT) (2021), se ha ido abordando el tema de cómo la realización de un mundo inmersivo tiene la capacidad de cambiar radicalmente la forma en que nos conectamos.

Más allá de los coloquios, en el Max Planck Institute for Intelligent Systems (MPIIS) (2021), ya se encuentra una línea de investigación sobre el aprendizaje de avatares humanos, síntesis de humanos realistas para juegos, aplicaciones de realidad extendida y *metaverso*. Es importante mencionar que la Universidad de Stanford comenzó a impartir sus cursos de realidad virtual de forma remota interactuando en una especie de metaverso Hadhazy (2021).

Al mismo tiempo, en la Asia Content and Entertainment Fair (ACE Fair) en el 2021 se presentó un pabellón dedicado al *metaverso* que abarcó desde exposición de salas de trabajo de realidad virtual hasta el uso de la tecnología para la atención de salud mental predictiva y proactiva (Ministry of Culture, Sports and Tourism of Korea, 2021). Además, en la Consumer Electronic Show (CES) en el 2022 gigantes tecnológicos como *Accenture*, *Hyundai*, *Nvidia* y *Samsung* presentaron propuestas que apuestan por los mundos virtuales inmersivos (Seitz, 2021).

Por otro lado, algunos gobiernos apuestan por sus aplicaciones, por ejemplo, la administración de la ciudad de Seúl pretende ofrecer servicios públicos apoyados en la citada tecnología (Seoul Metropolitan Government, 2021). En la misma tónica, el gobierno de Barbados establece una embajada en el metaverso de acuerdo a la plataforma virtual basada en *blockchain* denominada Decentraland (2021).

De tal suerte que la propuesta tecnológica ha ido ganando terreno y renombre a través de agentes tecnológicos de gran peso en la escena mundial, en tal sentido, el avance de la misma se puede considerar que es indetenible.

Reflexiones finales

De las secciones anteriores se identifican varias aristas en el desarrollo del metaverso, por un lado es costoso, requiere de tecnologías disruptivas, necesita de un alto consumo de energía y podría representar riesgos para la privacidad e incluso la salud. Por el otro, impulsará desde

la innovación de productos y plataformas digitales hasta la generación de un nuevo modelo de comercio electrónico e incluso el auge de la tokenización de la economía, también estimulará nuevos requerimientos de materia prima, por consiguiente, una oportunidad para dinamizar aún más la economía de los países.

Asimismo, el entorno virtual puede ayudar a mejorar la experiencia en el teletrabajo por su capacidad de crear realidad inmersiva. También puede cambiar los procesos de enseñanza y aprendizaje en el campo de las ciencias básicas e inclusive permitiría su avance ya que facilitaría la comprensión de estructuras complejas, como por ejemplo átomos, moléculas o macromoléculas a través de visión artificial y realidad interactiva.

Ahora bien, se debe estar alerta para no dejarse deslumbrar por el espejismo que muestra la tecnología porque en el fondo resulta ser una realidad engañosa, sobre todo cuando se analiza quienes son los que tienen la capacidad para desarrollarla. Se debe tener presente que su principal impulso es la explotación comercial y no para aligerar cargas a la humanidad.

Es necesario reflexionar que desde hace algunas décadas, se ha ido instalando una campaña publicitaria muy bien planificada sobre la necesidad de estar más conectados, en alusión a interactuar cada vez más a través de la red. Sin embargo, resulta que más que fortalecer las relaciones interpersonales las ha debilitado. Paradójicamente, la red nos puede estar convirtiendo en individuos más aislados, debido a la adicción desarrollada por la pantalla. Esa especie de situación contemplativa de lo que se presenta en el mundo digital, va apartando a las personas de su realidad e impulsándolas al consumo de productos digitales, de tal manera que el trasfondo de la conexión promocionada por la mediática es la de captar serviles consumidores que alimentan a la gran maquinaria tecnológica.

En ese sentido, con la entrada en escena del metaverso, al parecer sin marcha atrás, por ser una tecnología con un alto poder de embelesamiento, se hace necesario considerar su impacto social, cultural, psicológico y ético. Sobre todo cuando se entiende que detrás de la innovación existe una maquinaria que estudia la imaginación y los fenómenos sociales. Dicho conocimiento puede ser utilizado para la manipulación publicitaria para el consumo de ciertos bienes y servicios hasta la siembra de falsos valores en los jóvenes o en la población en general, e incluso la adición a los entornos virtuales como causa de trastornos mentales, son motivos suficientes para estar alerta ante los nuevos modos de entretenimiento.

También, el consumo de energía eléctrica representa una nueva carga sobre la naturaleza. Además, la demanda de hardware para sustentar la tecnología impulsará mayor extracción de nuevos minerales que tradicionalmente está acompañada por el uso de agentes contaminantes, impactando negativamente sobre los suelos, las aguas y el aire, traducándose al final en el deterioro de la calidad de vida de la humanidad, junto con amenazas de extinción de especies animales y vegetales.

Otro aspecto a tomar en cuenta es el ejercicio de la soberanía en las nuevas plataformas digitales, en particular, el control sobre riesgos y amenazas asociados al uso de tales entornos para favorecer ciertas tendencias de opinión que buscan la desestabilización y anarquía en los países con fines políticos y económicos.

Es un tema abierto la cuestión de si es necesario su desarrollo. También es oportuna la pregunta sobre ¿cuál es la necesidad de crear vidas paralelas virtuales? Sin ahondar en cuestiones filosóficas, el asunto es que por ser una tecnología más invasiva, con posible afectación al ambiente, con posibilidad de usar inadecuadamente nuestros datos para favorecer intereses económicos e incluso ser causa potencial de adicciones o de algún tipo de trastorno mental, constituyen aspectos elementales para colocar en una balanza su propuesta de implementación.

Por tanto, es oportuna la reflexión de que el metaverso es más que una realidad inmersiva. Se hace imperioso revisar la tecnología, estudiarla, comprenderla y debatir su pertinencia con la población. Este breve escrito no tiene como intención dar una mirada paranoica a la propuesta tecnológica, de hecho se ha presentado que puede tener oportunas ventajas, pero, se ha listado un conjunto de elementos que representan bordes filosos a los cuales se les debe tener cuidado.

Referencias

- Bardi, J. (2020). *What is Virtual Reality? [Definition and Examples]*. Marxent. <https://www.marxentlabs.com/what-is-virtual-reality/>
- Barral, M. (2021). *Así afectan los videojuegos a la agudeza visual*. OpenMind. <https://www.bbvaopenmind.com/tecnologia/mundo-digital/videojuegos-agudeza-visual/>
- Basu, S. (2022). *Exploring the Metaverse and How Quantum Computing Plays a Role*. Medium. <https://medium.com/my-metaverse/exploring-the-metaverse-and-how-quantum-computing-plays-a-role-a1e227f93d2b>
- Basu, T. (2021). *The metaverse is the next venue for body dysmorphia online*. MIT Technology Review. <https://www.technologyreview.com/2021/11/16/1040174/facebook-metaverse-body-dysmorphia/>
- Bosworth, A. (2021). *Building the Metaverse Responsibly*. Meta. <https://about.fb.com/news/2021/09/building-the-metaverse-responsibly/>
- Chandar, V. (2021). *Investing in the Metaverse: New Opportunities in Virtual Worlds*. Morgan Stanley. <https://www.morganstanley.com/articles/metaverse-opportunities-virtual-reality-augmented-reality-technologies>

- Clavin, W. (2019). *Virtual Reality for Scientists*. California Institute of Technology. <https://www.caltech.edu/about/news/virtual-reality-scientists>
- Computer Science and Artificial Intelligence Laboratory. (2021). *D. Fox Harrell*. MIT CSAIL. <https://www.csail.mit.edu/person/d-fox-harrell>
- Decentraland. (2021). *So proud today to welcome the Government of Barbados to Decentraland, establishing the world's first metaverse embassy*. Twitter. <https://twitter.com/decentraland/status/1460237865888190469?s=20>
- Duarte, M. (2021). *Metaverso: análisis geoestratégico de este nuevo universo virtual*. ALAI. <https://www.alainet.org/en/node/214401?language=en>
- European Commission (EC). (2021). *Tendencias Científicas: ¿Qué es el metaverso y por qué Facebook planea contratar a 10 000 personas en la Unión Europea para crearlo?* CORDIS. <https://cordis.europa.eu/article/id/435347-what-is-the-metaverse-and-why-is-facebook-planning-to-hire-10-000-in-the-eu-to-build-it/es>
- González, J. (2021). *¿Necesita el planeta un metaverso?* abc. https://www.abc.es/antropia/abci-necesita-planeta-metaverso-20211223151136_noticia.html
- Guillemot, N. (2021). *Journey Through the Metaverse: Digital Twins Are Synchronizing the Physical and Virtual*. Hello Future. <https://hellofuture.orange.com/en/journey-through-the-metaverse-digital-twins-are-synchronizing-the-physical-and-virtual/>
- Hadhazy, A. (2021). *New course among the first taught entirely in virtual reality*. Stanford University. <https://news.stanford.edu/2021/11/05/new-class-among-first-taught-entirely-virtual-reality/>
- Human Interface Technology Lab (HITL). (2019). *VR Components*. HITLab. http://www.hitl.washington.edu/projects/learning_center/pf/whatvr1a.htm
- Iberdrola. (2020). *Gemelos digitales, claves en la Cuarta Revolución Industrial*. Iberdrola. <https://www.iberdrola.com/innovacion/gemelos-digitales>
- Ince, D. (2002). *Diccionario de Internet*. Editorial Complutense.
- Kanterman, M. (2021). *Metaverse may be 800billionmarket,nexttechplatform*. Bloomberg Finance. <https://www.bloomberg.com/professional/blog/metaverse-may-be-800-billion-market-next-tech-platform/>
- Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST). (2021). *Digital Big Bang, Metaverse Technologies*. Korea Advanced Institute of Science y Technology. https://news.kaist.ac.kr/newsen/html/news/?mode=V&mng_no=16030
- Marsden, M., Hazas, M. y Broadbent, M. (2020). *From One Edge to the Other. Proceedings of the 7th International Conference on ICT for Sustainability*, 247-254. <https://doi.org/10.1145/3401335.3401366>
- Massachusetts Institute of Technology (MIT). (2021). *Media Lab metaverse panel*. MIT Media Lab. <https://www.media.mit.edu/events/metaverse-panel/>
- Masterson, V. (2022). *5 tech trends to watch in 2022*. World Economic Forum. <https://www.weforum.org/agenda/2022/01/tech-trends-in-2022/>
- Max Planck Institute for Intelligent Systems (MPIIS). (2021). *Research Software Engineer – Digital Humans (f/m/d) — Computer Vision and Virtual Humans*. Max Planck Institute

- for Intelligent Systems. <https://ps.is.mpg.de/jobs/research-software-engineer-digital-humans-f-m-d>
- McAllister, K. (2022). *What's the biggest effect the metaverse will have on IoT, or vice versa?* Protocol. <https://www.protocol.com/braintrust/metaverse-effects-internet-of-things?rebelltitem=19#rebelltitem19>
- Merriam-Webster. (2021). *What is the «metaverse?»* [párr. 1]. Merriam-Webster. <https://www.merriam-webster.com/words-at-play/meaning-of-metaverse>
- Organización de los Estados Americanos (OEA). (2021). *OEA y Meta crean alianza para entrenar a miles de creadores de América Latina en Realidad Aumentada*. Organización de los Estados Americanos. https://www.oas.org/es/centro_noticias/comunicado_prensa.asp?sCodigo=C-116/21
- Pradas, A. (2021). *Realidad Aumentada, ¿qué es y para qué sirve? Aplicaciones*. EDS Robotics. <https://www.edsrobotics.com/blog/realidad-aumentada-que-es/>
- Ratan, R. y Meshi, D. (2022). *The metaverse is money and crypto is king – why you'll be on a blockchain when you're virtual-world hopping*. The Conversation. <https://theconversation.com/the-metaverse-is-money-and-crypto-is-king-why-youll-be-on-a-blockchain-when-youre-virtual-world-hopping-171659>
- Rodríguez, K., Opsahl, K., Mir, R. y Leufer, D. (2021). *Mundos virtuales, personas reales: los derechos humanos en el metaverso*. Electronic Frontier Foundation. <https://www.eff.org/es/deeplinks/2021/12/virtual-worlds-real-people-human-rights-metaverse>
- Seitz, P. (2021). *CES 2022: Electric Vehicles, Digital Health, Metaverse In Focus*. Investor's Business Daily. Investor's Business Daily. <https://www.investors.com/news/technology/ces-2022-electric-vehicles-digital-health-metaverse-in-focus/>
- Seoul Metropolitan Government. (2021). *Seoul, First Local Gov't to Start New-Concept Public Service with "Metaverse Platform"*. Seoul Metropolitan Government. <https://english.seoul.go.kr/seoul-first-local-govt-to-start-new-concept-public-service-with-metaverse-platform/>
- Stephenson, N. (1992). *Snow Crash* [Traducido por J. Barranquero]. Editorial Gigamesh. https://www.icesi.edu.co/blogs/identidadesavatar/files/2009/01/neal_20stephenson_20_20snow_20crash.pdf
- Udoji, A. (2021). *The Metaverse is coming — it just needed 5G*. Verizon. <https://www.verizon.com/about/news/5g-makes-metaverse-real>

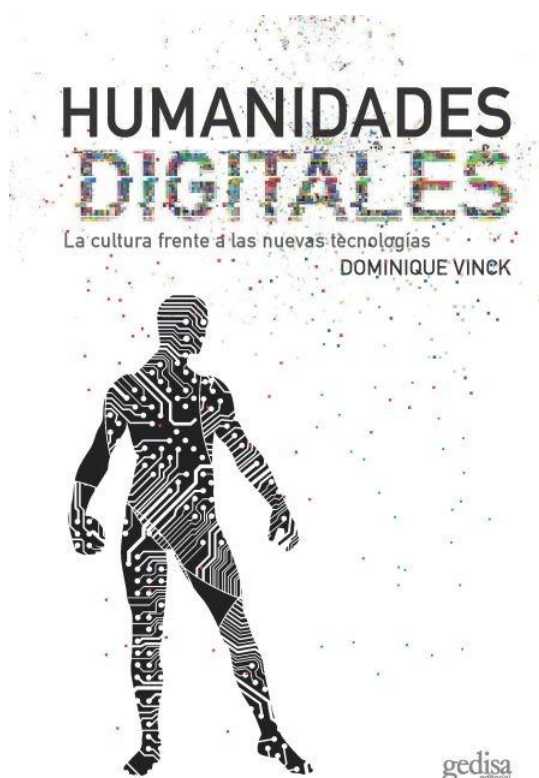
Reseña



Humanidades Digitales: La cultura frente a las nuevas tecnologías

Daniel Quintero ¹

Centro Nacional de Desarrollo e Investigación en Tecnologías Libres, Mérida, Venezuela¹
Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela¹
dquintero@cenditel.gob.ve¹



El escritor Dominique Vinck, quien es miembro del Instituto de Ciencias Sociales de la Universidad de Lausana, esboza un análisis novedoso para la comprensión de las humanidades en el ámbito de lo informático, proponiendo tres preguntas generadoras para enmarcar su obra ¿Qué son las humanidades digitales?, interrogando a continuación ¿Para qué sirven las humanidades digitales? y posteriormente plantea si hay sobre el ámbito tecnológico un ¿Temor fundado?.



Esta obra está bajo licencia [CC BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Prosigue, mostrando el contexto mundial de la temática y finalmente presenta sus conclusiones. En líneas generales estos son los aspectos abordados por el intelectual belga en el libro: “Humanidades Digitales: La cultura frente a las nuevas tecnologías”, que originalmente fue publicado en el año 2018 bajo el título “Humanités numériques” por la editorial parisina Le Cavalier Bleu.

Se explica en el texto que quienes conceptualizan las humanidades digitales las perciben como una multiplicidad de disciplinas científicas que contienen, examinan y representan las complejas dinámicas socio/culturales del pasado, presente y las que emergen, apoyándose en sistemas informáticos y el cálculo. Por tanto, hay una transformación del humanismo que tiende a lo digital, lo que podría crear las condiciones para una nueva civilización, conteniendo: categorías, valores, relaciones, objetos, representaciones, territorios y prácticas propias. Pero lo digital no debe llamar a engaños, ya que la tecnología está compuesta de técnicas corporales, interfaces, plataformas, servidores de datos e infraestructuras que se vuelven más voluminosas en lo físico y energético con el pasar de los años.

Al respecto, para comprender a fondo: ¿Qué son las humanidades digitales?, se valora el hecho de la desmaterialización del patrimonio cultural, lo que ha marcado una distancia sobre la digitalización, en gran medida por la importancia tanto de la materialidad como de sus rasgos nemotécnicos, simbólicos e identitarios. Por ello, aspectos como la autenticidad y la integridad de una herencia pueden redefinirse si la desmaterialización relativiza su dimensión material.

Asimismo, el escritor discute que las humanidades digitales sean enmarcadas en un asunto de hombres de letras que juegan a ser geeks (persona fascinada por la tecnología y la informática), expresando que el humanista no se ha convertido en un programador, más allá de su fervor por el código para la investigación crítica de textos, la historia, las culturas y los fenómenos sociales. Sin duda, estos temas dan pie a muchas interpretaciones, especialmente porque las humanidades digitales al ser un efecto de la Internet tiene adosada una dislocación de los tiempos, que conducirá a los historiadores de la contemporaneidad a fuentes como bases de datos, software, millones de correos electrónicos, mensajes de Twitter, vídeos cortos y protocolos informáticos, lo que amerita nuevos métodos y habilidades. Lo anterior demuestra que en el caso de cualquier estudio antrópico, las humanidades digitales no están divorciadas de las ciencias sociales, acotando Vinck (2018): “Más fundamentalmente, las transformaciones del mundo con lo digital son una oportunidad para comprender con más profundidad lo que somos como especie humana, sacando provecho de la diversidad y la proliferación de las singularidades sociodigitales” (p. 64).

Prosigue el intelectual del noroeste europeo con otra pregunta: ¿Para qué sirven las humanidades digitales? Inicia este abordaje deliberando sobre la posibilidad que las humanidades clásicas sean salvadas por las digitales donde los objetos, datos y conocimientos

son más atractivos y accesibles al público en general. Pero, aunque no hay garantía que el potencial tecnológico ayude a salvar a las humanidades, es plausible que puedan coadyuvar a democratizar el saber, la cultura y el acceso al patrimonio cultural, ya que la desmaterialización propia de la digitalización posibilitaría que los contenidos de los libros, el conocimiento y las representaciones de los objetos culturales sean accesibles con una simple conexión a Internet, pero advierte Vinck (2018): “Lo digital abre muchas oportunidades para evolucionar hacia la democratización del conocimiento, pero las dinámicas sociales, económicas y tecnológicas pueden conducir a la creación de nuevas barreras” (p. 78). Tal vez, exista la probabilidad que las humanidades digitales ayuden a un diálogo entre los pueblos y las culturas, permitiendo la comprensión del patrimonio cultural, estimulando la imaginación con la creación de herramientas de colaboración e intercambio, teniendo presente el acceso libre y abierto a los datos y algoritmos.

Seguidamente en el texto se hace una nueva interrogante: ¿Temor fundado? No son pocos los que dudan de la fiabilidad de los sistemas digitales para la conservación a largo plazo, debido a los costos y el riesgo de pérdida, pudiendo poner en peligro lo que se preservará para las generaciones futuras. Por otra parte, se discute acerca de cómo la digitalización podría conllevar a la muerte del libro y las bibliotecas, dejándose claro que más allá de los procesos informáticos el libro sufre porque la lectura disminuye con relación a otras prácticas culturales. En esa misma línea analítica, se incorpora el posible reemplazo de los investigadores de las ciencias humanas y sociales por las tecnologías digitales, exponiendo el autor que éstas deberían mejorar nuestra comprensión de la humanidad y no amenazarlos.

En la parte culminante del libro se presenta una mirada panorámica sobre las humanidades digitales en el mundo, señalando los posibles peligros de despojo al Sur de su patrimonio cultural, como subraya Vinck (2018): “[...] la propiedad intelectual y los datos obtenidos en la búsqueda son propiedad de los investigadores o sus instituciones, y no de esas comunidades” (p. 126). De tal manera, está latente el escenario que las humanidades digitales abren inesperadas brechas, al ser un recurso que marca una diferencia, conduciendo a nuevas divisiones en la sociedad. También, se toca la hegemonía del inglés, que podría pasar a ser cosa del pasado en el mundo digital, porque la diversidad lingüística es cada vez mayor:

En el año 2015, si bien el inglés sigue imponiéndose con 850 millones de usuarios en Internet, su peso relativo pasa del 75 % en 1998 al 45 % en 2008, y al 26 % en 2015. El chino le sigue de cerca (21,5 %), con un crecimiento fuerte. Luego vienen el español (7,5 %), árabe (4,8 %), portugués (4 %), japonés (3,5 %), ruso (3,2 %), malayo (2, 9 %), francés (2, 8 %) y alemán (2, 6 %). (Vinck, 2018, p. 130).

No obstante, hay muestras actuales que denotan la baja diversidad lingüística, como se observa con el proyecto Gutenberg, donde de manera avasallante para el año 2011 la mayoría de

los textos digitalizados eran en inglés. Para concluir, en el libro se remarca que las humanidades digitales no son una apasionante aventura de literatos informáticos, debe considerarse un reto para la sociedad en cuanto a la cultura digital y la nueva humanidad que queremos construir.

Referencias

Vinck, D. (2018). *Humanidades Digitales: La cultura frente a las nuevas tecnologías*. Gedisa Editorial.

Boletín



Instituciones de ciencia y tecnología avanzan en proyectos científicos

Por instrucciones del ejecutivo nacional el Ministerio del Poder Popular para Ciencia y Tecnología (Mincyt), ha obtenido aportes para más de doscientos (200) proyectos científicos en diversas áreas prioritarias para el país como, agroalimentación, salud, petróleo, petroquímica, energía, transporte y telecomunicaciones. Estos proyectos están vinculados con los motores de la Agenda Económica Bolivariana 2022-2024, con el propósito de sustituir las importaciones e incorporar el talento venezolano. Además, cuentan con la supervisión del Consejo Científico Presidencial.

Por tal motivo el Mincyt, convoca a mujeres y jóvenes a nivel nacional para que participen en proyectos científicos y tecnológicos que generen respuestas a los problemas del país. Para ello los interesados deben registrarse en la página web del Observatorio Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación de Venezuela (ONCTI).

Entre los estudios financiados en el área de la salud se encuentran, la fabricación de kits para el diagnóstico de SARS-CoV-2, la determinación de anticuerpos y el cáncer de mama. También existen proyectos como, biocontrolador para disminuir la población de palometa peluda en el estado Sucre y el manejo de los nutrientes en las experiencias agrícolas de la Alianza Científico-Campesina en diecisiete (17) estados del país.



Figura 1: Más de 200 proyectos científicos financiados en Venezuela en 2021.

Fuente: <https://www.cenditel.gob.ve/figura1>



Esta obra está bajo licencia CC BY-NC-SA 4.0.

Actualmente, investigadoras venezolanas desarrollan estudios científicos que pretenden relacionar el cáncer del cuello uterino con el Virus de Papiloma Humano (VPH), a través de un sistema de vigilancia epidemiológica de la infección. Este proyecto busca dar respuesta a una de las problemáticas que padece la población femenina de Venezuela, como es el cáncer de cuello uterino como la segunda causa de muerte.

Al respecto la doctora Maira Ávila, coordinadora de la investigación y jefa del Laboratorio de Genética Molecular del Instituto de Oncología y Hematología, señala: “El objetivo es mejorar los programas de detección del VPH a nivel regional y nacional, utilizando pruebas moleculares altamente sensibles y específicas y empoderar con conocimiento a la población femenina del país, debido a que son las mujeres las más vulnerables ante la infección por VPH y otras enfermedades de transmisión sexual”.¹

Algunas de las acciones que contempla este proyecto son: diagnosticar de manera preventiva a las mujeres con alta carga familiar, explicar la utilidad de la prueba Papanicolaou o citología cervical y desarrollar talleres de sensibilización y concienciación sobre la infección por VPH y su vinculación con el cáncer de cuello uterino. Estos talleres se ejecutarán en comunidades de varios estados del país.

Se estima iniciar este programa de sensibilización en la región capital considerando que éste cuenta con organización comunitaria, lo que ha funcionado eficientemente para otros proyectos. Los resultados de esta experiencia piloto permitirán su replica en otras ciudades del país.

La doctora Ávila indica que una de las principales fallas es la escasa educación sexual en la población venezolana. Es por ello, que se proponen talleres de sensibilización los cuales comprenden las maneras de prevenir infecciones de transmisión sexual, explicando a los jóvenes la importancia sobre el uso del condón al iniciarse sexualmente, así como sus implicaciones para la salud. Estos talleres informativos son dirigidos a los jóvenes en los liceos y en las universidades, así como en las zonas populares, puesto que la intención es formar promotores que divulguen la información recibida.

También la doctora María Correnti, enfatiza que “Durante mucho años, venimos haciendo el diagnóstico molecular del VPH. Analizamos muestras de diferentes regiones de Venezuela y eso nos ha permitido determinar cuáles son los tipos de VPH que circulan en el país. Los que son de bajo riesgo y los que son de alto riesgo y nuestros resultados son muy similares a los que se han visto a nivel internacional. Los genotipos que más frecuentemente se han encontrado en lesiones premalignas y cáncer son: 16, 18, 31, 33, 45 y el 52; estos virus son denominados virus de alto riesgo oncogénico, y estudiamos su vinculación con el desarrollo de lesiones benignas que pudieran progresar a lesiones malignas”.²

¹Prensa Mincyt / Karina Depablos. <https://www.cenditel.gob.ve/portal/2022/03/28/np-28032022-1/>

²Prensa Mincyt / Karina Depablos. <https://www.cenditel.gob.ve/portal/2022/03/28/np-28032022-1/>

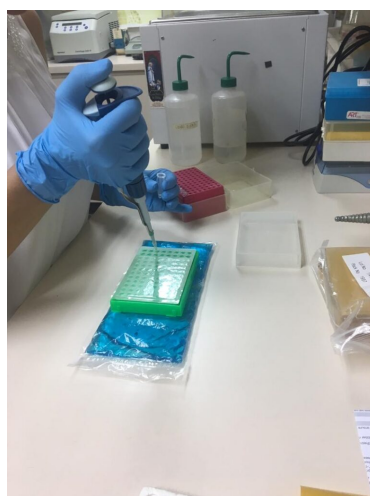


Figura 2: Científicas venezolanas investigan sobre VPH y su vinculación con cáncer de cuello uterino. Fuente: <https://www.cenditel.gob.ve/figura2>

En este orden de ideas, en la ciudad de Mérida varios centros de salud pública se han visto beneficiados con el proyecto sobre la recuperación y mantenimiento de equipos médicos, gracias al aporte brindado por el Centro Nacional de Desarrollo e Investigación en Tecnologías Libres (CENDITEL), que cuenta con personal capacitado para llevar a cabo tales acciones. El equipo de rayos X, del tipo arco en “C”, adscrito al Hospital Sor Juana Inés de La Cruz contó con la revisión y análisis funcional que condujo a la sustitución de tornillos aislados y de sellos vencidos, quedando pendiente reponer el aceite refrigerante para su reactivación total. Otro equipo de rayos X, al que se le realizó mantenimiento es el perteneciente al Instituto Autónomo Hospital Universitario de Los Andes (IAHULA), tarea que fue coordinada con la Corporación Nacional de Servicios Tecnológicos para Equipos de Salud (VENSALUD).

Además, CENDITEL brindó apoyo en la actualización del sistema operativo del equipo de tomografía axial del Centro de Alta Tecnología (CAT), ubicado en la parroquia Osuna Rodríguez, del municipio Libertador del Estado Mérida. También, en esta institución se prevé colaborar con el mantenimiento de analizadores de química sanguínea, equipos de resonancia magnética, de rayos X, de densitometría ósea y de electrocardiografía, entre otros; dado que estos equipos benefician a muchos pacientes de la región andina.

Asimismo, los ingenieros y técnicos de CENDITEL contribuyeron con la reparación e instalación de la tarjeta de control del transmisor de la emisora Radio Raíz 98.1 FM, perteneciente al colectivo “La Casa del Costurero”, que funciona en la comunidad de Santa Elena, parroquia Domingo Peña, del estado Mérida. Esta radio cumple un rol social en la jurisdicción de la comuna Bicentenario del 16 de Septiembre, difundiendo contenido educativo

a niños y jóvenes, para fortalecer organizaciones sociales como los consejos comunales y los Comités Locales de Abastecimiento y Producción (CLAP).

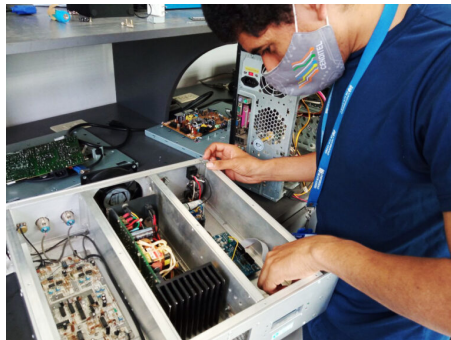


Figura 3: Tecnólogos/as de Cenditel recuperan equipos médicos en el estado Mérida.

Fuente: <https://www.cenditel.gob.ve/figura3>

Finalmente, el personal de CENDITEL conjuntamente con el apoyo de trabajadores de la planta “Alina Foods”, realizaron el diagnóstico, análisis, planificación y rehabilitación de maquinaria industrial de la procesadora de alimentos. La primera fase consiste en la reconstrucción total y mantenimiento de un conjunto de equipos, específicamente un horno eléctrico industrial, una máquina vibradora para tratamiento de tocineta y una máquina empacadora.

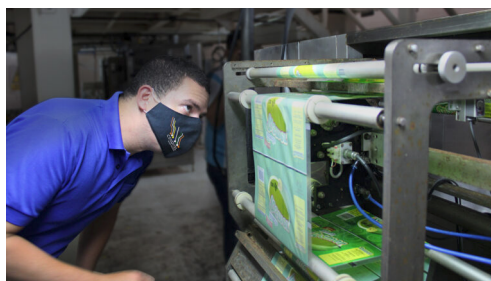


Figura 4: Aplican conocimiento libre y recuperan equipos de empresa Alina Foods en Mérida.

Fuente: <https://www.cenditel.gob.ve/figura4>

Cabe destacar que, ésta procesadora de alimentos transforma rubros locales como papa y plátano, los cuales empaca como alimentos tipo “Snacks”, la cual se ubica en el sector Caño El Tigre, en el municipio Zea, del Estado Mérida. Se espera que al termino de la recuperación operativa de las maquinarias con el soporte tecnológico de CENDITEL, se incremente el número de trabajadores, generando un impacto positivo en la economía local.

De esta manera, el MINCYT y CENDITEL brindan respaldo tecnológico a instituciones de salud, de comunicación social y a la pequeña y mediana industria venezolana.

El presidente de Cenditel Óscar González especialista en Seguridad de la Información, señaló que la actual recuperación de equipos en las áreas de salud, telecomunicaciones e industrias, es una tarea con rango de prioridad para la institución, ente adscrito al MINCYT.

Yennifer Ramírez

Centro Nacional de Desarrollo e Investigación en Tecnologías Libres
Mérida, Venezuela
yramirez@cenditel.gob.ve

