

REVISTA **RETO**

Compartimos conocimiento

Volumen 10 | Número 1
enero - diciembre 2022

LOGÍSTICA | MERCADEO | TELEINFORMÁTICA | INDUSTRIAS CREATIVAS

ISSN 2322-8059 | EISSN 2619-4112

Entidad editora:

SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE - SENA

Centro de Gestión de Mercados, Logística y Tecnologías de la Información -
CGMLTI. Regional Distrito Capital

Calle 52 #13-65. Bogotá, Colombia

Teléfono: 601 5941301

RETO

Revista especializada en tecnologías transversales de la organización

ISSN 2322-8059 EISSN 2619-4112

Correo electrónico: rrevistareto@misena.edu.co

URL: <https://revistas.sena.edu.co/index.php/RETO/about>

Esta versión:

Volumen 10 Número 1

Periodicidad anual (enero a diciembre 2022)

<https://doi.org/10.23850/reto.v1i1>

Esta publicación fue posible gracias al financiamiento del Sistema de investigación, desarrollo tecnológico e innovación del SENA – SENNOVA, a través del proyecto SGPS-11508-2023 Gestión editorial de la revista Reto



© SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE - SENA

REVISTA **RETO**

Compartimos conocimiento

ISSN 2322-8059 EISSN 2619-4112

Volumen 10 Número 1
enero - diciembre 2022

**Revista especializada en tecnologías
transversales de la organización**



CENTRO DE GESTIÓN DE MERCADOS, LOGÍSTICA Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN
SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE - SENA
Regional Distrito Capital

Equipo editor

Director General

Jorge Eduardo Londoño Ulloa
SENA. Bogotá, Colombia

Subdirector Centro de Gestión de Mercados, Logística y TI

Jaime García Dimotoli
SENA. Bogotá, Colombia

Editor

Nelson Giovanni Agudelo Cristancho
SENA. Bogotá, Colombia

Gestora Editorial

Carolina Santana Benavides
SENA. Bogotá, Colombia

Laura Moreno Barbosa
SENA. Bogotá, Colombia

Corrección de estilo

Carolina Santana Benavides
SENA. Bogotá, Colombia

Diseño y diagramación

Laura Moreno Barbosa
SENA. Bogotá, Colombia

Giovanni Guerrero Lozano
SENA. Bogotá, Colombia

Portada

Diseñada utilizando gráficos de **Freepik.es**

COMITÉ EDITORIAL/CIENTÍFICO

Nelson Giovanni Agudelo Cristancho

Ingeniero en Telecomunicaciones, Especialista en Teleinformática, Magíster en Ciencias de la Información y las Telecomunicaciones, Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Renzo Grover Fabián Espinoza

Ingeniero Eléctrico, Universidad Nacional de Ingeniería, UNI (Perú) Magíster en Ingeniería Eléctrica en la Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP (SP, Brasil), y Dsc. en la Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, (SP, Brasil).

Luis Francisco Ortíz Guerrero

Bachelors en Estudios de Cine y en Bellas Artes, Universidad de Mainz, Alemania. Magíster y Post-maestría en Artes y Medios, UDK Berlín, Alemania. Candidato de PhD-in-practice, Escuela de Bellas Artes de Viena, Austria.

Mike Silva Ferro

Lingüista, Universidad Nacional de Colombia. Magister en Educación, Universidad Javeriana. PhD en Educación, Universidad Autónoma de Madrid.

Sergio Iván Galvis Motoa

Ingeniero Electrónico, Especialista en Teleinformática, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Magíster en Informática y Tecnologías Computacionales de la Universidad Autónoma de Aguascalientes.

Comité evaluador

La revista Reto agradece a los investigadores que actuaron como evaluadores

Ana María Gómez Ortiz
Carolina Sinisterra Marchand
Daniel Cortés
Danilo Silva
Diego Méndez
Eduard Gómez
Fabian Pinchao Papamija
Gelberth Amarillo Rojas
Ilich Sinisterra
Jhon Leuro
Jhonatan Huertas

Kelly Johana Cárdenas Chica
Keyla Karina González Martínez
Leonardo Antonio Zuluaga
Lorena Pava
Luis Eduardo Rivera
Nadia Sinisterra
Óscar Álvarez
Raúl Bareño
Rubén Darío Ortiz
William Bernal
William Agudelo

La revista

Misión

La revista Reto es una revista especializada en tecnologías transversales de la organización, del Centro de Gestión de Mercados, Logística y Tecnologías de la información, del SENA, Regional Distrito Capital, de publicación anual impresa y digital. En la revista Reto se publican artículos teórico-prácticos relacionados con las áreas objeto de formación del CGMLTI: Mercadeo, Logística, Teleinformática e Industrias Creativas.

Visión

Ser una revista especializada de carácter científico con contenidos de alta calidad, con posicionamiento en las bases de datos de interés y reconocimiento en la comunidad académica y científica.

Evaluación de artículos

La revista Reto selecciona sus artículos mediante el proceso de revisión por pares según el método de evaluación doble ciego, por parte de académicos y expertos revisores anónimos dentro del campo de estudio del artículo. Se evalúan los manuscritos recibidos y se determina que los artículos cumplen con las normas de estilo y contenido indicadas en las directrices para los autores.

El editor, como director del comité de evaluación o la persona que él designe, comunica al autor principal el resultado de la revisión (rechazado, aceptado con modificaciones o aceptado), lo mismo que las observaciones y comentarios de los revisores. Si el manuscrito ha sido aceptado con modificaciones, los autores deben reenviar una nueva versión del artículo, para ser revisado nuevamente por los mismos revisores.

Opcionalmente, los autores pueden aportar una carta al editor, en la cual se indique el contenido de las modificaciones del artículo. Si los autores han decidido no seguir las recomendaciones de

los revisores, podrán justificar su decisión en esa misma carta.

Redacción de manuscritos

La revista Reto atiende a las recomendaciones y directrices para la indexación de publicaciones seriadas emitidas por Minciencias, y selecciona los artículos de investigación con preferencia a contenidos de desarrollos tecnológicos, producto de la formación. Se publican artículos originales que, junto con las condiciones mencionadas, contengan la unidad interna característica de los trabajos publicados en una revista científica.

Los artículos deberán utilizar el sistema de referenciación de APA en su última versión, incluidos la nominación de tablas y figuras. La escritura debe ajustarse a las reglas gramaticales y ortográficas del idioma de presentación, y a los términos técnicos y científicos correctos. Cualquier cifra que aparezca en el manuscrito debe ceñirse al sistema internacional de unidades. Se da preferencia a artículos originales que sean del tipo de investigación científica y tecnológica; de revisión, síntesis o actualización disciplinar; y de reflexión. Además de los anteriores, y como complemento para la formación, se pueden tener en cuenta cartas al editor, traducciones o reseñas bibliográficas.

Recepción de documentos y correspondencia

Se reciben los artículos únicamente por la plataforma oficial OJS del SENA (<https://revistas.sena.edu.co/index.php/RETO/about/submissions>), el editor de la revista o la persona que él designe, comunica a los autores el resultado motivado de la evaluación por medio de la plataforma y por correo electrónico, en la dirección que estos hayan utilizado.

Política de acceso abierto

La revista Reto es de acceso libre a su contenido, a partir de la premisa de llevar al público el resultado de la investigación en forma gratuita, para aumentar el conocimiento de la humanidad. La revista acoge el código de conducta del comité de ética de publicaciones COPE / Committee on publication ethics, COPE.

Los contenidos de la revista pueden ser copiados o reproducidos siguiendo el licenciamiento Creative Commons atribución no comercial sin derivar 4.0 International.

Política Editorial

Temática y alcance

La revista Reto, especializada en tecnologías transversales de la organización, es una publicación anual impresa y digital, del Servicio Nacional de Aprendizaje, SENA, Regional Distrito Capital, CGMLTI (Centro de Gestión de Mercados, Logística y Tecnologías de la Información), cuyo objetivo es difundir conocimiento teórico práctico, relacionado con las áreas objeto de formación del CGMLTI: mercadeo, logística, teleinformática e industrias creativas, mediante artículos soportados científicamente. Por ser una revista especializada de carácter científico, no admite artículos de simple divulgación. Las opiniones deben contener conclusiones provenientes de la comprobación, lograda a través de la investigación. Se publican artículos que contengan desarrollos tecnológicos, producto de la formación. La revista Reto, solo publicará artículos originales que, junto con las condiciones mencionadas, contengan la unidad interna característica de los trabajos publicados en una revista científica. La revista Reto, se ciñe a las directrices para la indexación de publicaciones seriadas emitidas por bases de datos de interés y reconocimiento dentro de la comunidad académica, y especialmente por Minciencias.

Proceso de revisión por pares

La revista Reto selecciona sus artículos mediante un proceso de revisión por pares según el método doble ciego. Cuando el equipo editorial ha comprobado que el artículo cumple con las normas de estilo y contenido, indicadas en las

directrices para los autores, el manuscrito se envía a dos expertos revisores anónimos dentro del campo de estudio del artículo. Con base en las recomendaciones de los revisores, el editor de la revista comunica a los autores el resultado motivado de la evaluación por correo electrónico, en la dirección que estos hayan utilizado para enviar el artículo. El editor jefe, como director del comité de evaluación comunica al autor principal el resultado de la revisión (rechazado, aceptado con modificaciones o aceptado), lo mismo que las observaciones y comentarios de los revisores. Si el manuscrito ha sido aceptado con modificaciones, los autores deben reenviar una nueva versión del artículo, para ser revisado nuevamente por los mismos revisores. Opcionalmente, los autores pueden aportar una carta al editor, en la cual se indique el contenido de las modificaciones del artículo. Si los autores han decidido no seguir las recomendaciones de los revisores, podrán justificar su decisión en esa misma carta.

Distribución de la revista

La revista Reto se distribuye de forma impresa a los depósitos legales como bibliotecas; la versión electrónica o digital se encuentra disponible para cualquier persona con acceso a internet y puede encontrarla en el portal de revistas del SENA. Publica cada diciembre con una periodicidad anual.

Financiación de la revista

La revista Reto es una publicación de carácter científico sin ánimo de lucro y no cuenta con ningún valor comercial, en ninguna de sus ediciones. La revista Reto es financiada en su totalidad por el Servicio Nacional de Aprendizaje SENA y de SENNOVA.

SENNOVA se encarga de fortalecer competencias orientadas al uso, aplicación y desarrollo de tecnologías avanzadas, por medio de las Tecnoacademias, y genera cultura de innovación y competitividad en jóvenes de secundaria.

Además, fomenta el desarrollo de investigaciones científicas, desde la educación media con aplicación de nuevas tecnologías como polo de desarrollo local y regional.

RETO

Revista especializada en tecnologías transversales de la organización
Periodicidad anual (enero a diciembre 2022)

Tabla de contenido

Generalidades sobre métodos de desinfección mediante radiación UV <i>Overview of Disinfection Methods Using UV Radiation</i> Juan Carlos Amézquita Tovar y Luis Armando Carvajal Ahumada	9
Revisión bibliométrica del aprovechamiento de la visión artificial en Suramérica al 2022 <i>Bibliometric Review of the Utilization of Artificial Vision in South America up to 2022</i> Henry Alfonso Garzón Sánchez	22
El acceso a la información como primer escalón en las etapas de inversión para la reducción efectiva de consumo de energía <i>Access to information as the first step in the investment stages for the effective reduction of energy consumption</i> Vladimir Camilo Ducón Sosa y Juan Carlos Amézquita Tovar	33
Propuesta para desarrollo e instauración de un protocolo sanitario para caninos de terapia asistida intrahospitalaria <i>Proposal for the Development and Implementation of a Sanitary Protocol for Intra-hospital Canine Assisted Therapy</i> Valentina Castaño Peña, Diego Hernández Pulido y María Isabel Moreno Orozco	44
Desarrollo de una hamburguesa suplementada parcialmente con harina de gusano rey (<i>Zophobas morio</i>) en Bogotá y municipios aledaños <i>Development of a burger supplemented partially with king worm meal (Zophobas morio) in Bogotá and surrounding municipalities</i> Juan Sebastián Muñoz Castillo y Karen Otilia Malagón Alvira	58

Generalidades sobre métodos de desinfección mediante radiación UV

Overview of Disinfection Methods Using UV Radiation

Juan Carlos AMÉZQUITA-TOVAR ¹
Luis Armando CARVAJAL-AHUMADA ²

¹ Tecnoparque Nodo Bogotá. Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. Calle 54 #10-39. Bogotá, Colombia.
t.amezquita.juancarlos@gmail.com

² Tecnoparque Nodo Bogotá. Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. Calle 54 #10-39. Bogotá, Colombia.
ing.lcarvajal@gmail.com

Recepción:

24 / nov / 2022

Aceptado:

05 / oct / 2023

Citar como (APA):

Amézquita-Tovar,
J.C. y Carvajal-
Ahumada, L.A.(2022).
Generalidades sobre
métodos de desinfección
mediante radiación
UV. Revista RETO,
10(1), p. 9-21. <https://doi.org/10.23850/reto.v10i1.5463>

Licenciamiento:



Resumen

La descontaminación por radiación ultravioleta es un método de descontaminación sin contacto que se presenta como una buena alternativa, en tanto que realiza inactivación rápida y eficiente de virus y bacterias, según estudios de hasta un 90% de estos microorganismos desactivados. Cuando las bacterias, protozoos y virus son expuestos a la luz ultravioleta no son capaces de reproducirse, a diferencia de los métodos químicos que se utilizan para la desinfección de aguas, alimentos, superficies o artículos quirúrgicos. Básicamente la luz UV logra desnaturalizar el DNA y RNA que constituye el virus inhabilitando su capacidad de replicación. El presente documento es una revisión de la literatura respecto a las generalidades de los sistemas de desinfección mediante radiación de luz ultra violeta (UV). Igualmente realiza una comparación de este sistema con otros sistemas de desinfección sin contacto como el sistema de vapor de peróxido de hidrogeno en donde se aprecia que los sistemas de desinfección UV tienen menos desventajas que este, no obstante es importante resaltar que los sistemas de desinfección UV deben utilizarse sin presencia de personas o con personal con prendas de seguridad, debido a que la radiación UV-C tiene efectos perjudiciales para la salud cuando se tiene una exposición directa, de acuerdo a la programa nacional de toxicología este tipo de radiación es clasificada como un probable carcinógeno humano.

Palabras clave: Descontaminación, ultravioleta, UV, desinfección, microorganismos, irradiación

Abstract

Ultraviolet Radiation Decontamination is a non-contact decontamination method that emerges as a viable alternative, as it achieves rapid y efficient inactivation of viruses y bacteria, according to studies showing up to 90% deactivation of these microorganisms. When bacteria, protozoa, y viruses are exposed to ultraviolet light, they lose their ability to reproduce, unlike chemical methods used for disinfecting water, food, surfaces, or surgical items. Essentially, UV light denatures the DNA y RNA that make up the virus, disabling its replication capability. This document provides a literature review on the basics of disinfection systems using ultraviolet (UV) light. It also compares this system with other non-contact disinfection methods, such as the hydrogen peroxide vapor system, revealing that UV disinfection systems have fewer disadvantages. However, it is important to highlight that UV disinfection systems should be used without the presence of people or with personnel wearing safety garments, as UV-C radiation has harmful effects on health with direct exposure. According to the National Toxicology Program, this type of radiation is classified as a probable human carcinogen.

Keywords: Decontamination, Ultraviolet, UV, Disinfection, Microorganisms, Irradiation

Introducción

La desinfección ambiental, hoy en día, es una batalla en curso para reducir el riesgo de infecciones asociadas a la atención médica. La evidencia que demuestra la contaminación persistente de las superficies ambientales a pesar de los métodos tradicionales de limpieza y desinfección ha llevado a la aceptación generalizada de que existe la necesidad de reevaluar los protocolos de limpieza tradicionales y de utilizar tecnologías de desinfección secundaria (Spencer et al., 2017).

Parte de las causas de que hasta la mitad de la contaminación biológica resista los métodos de limpieza tradicionales es la capacidad de muchos patógenos para sobrevivir durante largos períodos de tiempo en superficies inertes además de la falta de disciplina con la implementación de los protocolos de limpieza en algunas instituciones. Las preocupaciones sobre el cumplimiento deficiente del personal con los protocolos de limpieza y el reconocimiento de que los agentes patógenos pueden propagarse por otros medios que no sean el contacto directo, incluso a través de la difusión aérea, han puesto de relieve la necesidad de complementar los métodos de limpieza manual.

Estudios científicos han demostrado que hasta el 50% de las superficies permanecen contaminadas con agentes patógenos, incluidos los organismos resistentes a múltiples fármacos como *Staphylococcus aureus* resistente a la metilicina (MRSA) y Enterococos resistentes a vancomicina (VRE) a pesar de los esfuerzos de limpieza tradicionales. (Kim, Kim y Kang, 2017; Bentancor y Vidal, 2018).

Además, se evidencia en estos estudios que hay múltiples lugares para estos patógenos dentro del entorno de atención médica, desde monitores portátiles hasta llaves de paso intravenosas, que no se desinfectan adecuadamente incluso con protocolos mejorados de limpieza manual.

Con base en esta problemática, este trabajo tiene como objetivo realizar una revisión de los sistemas de desinfección mediante radiación UV identificando su forma de funcionamiento, los diferentes tipos de sistemas UV existentes y los pros y contras que tienen estos sistemas.

Métodos de descontaminación y desinfección “sin contacto”

Dentro de los métodos de descontaminación y desinfección no manuales, se encuentran principalmente los que utilizando peróxido de hidrógeno y los de radiación UV. En el presente documento se exponen las dos técnicas y se realiza una comparativa entre ellas para poder elegir la mejor a implementar.

Descontaminación mediante sistemas de peróxido de hidrógeno

El Peróxido de hidrógeno (HP) puede ser aplicado como vapor de (HP) o niebla seca en aerosol HP. HP se utiliza como técnica de desinfección debido a su capacidad para descontaminar superficies ambientales, objetos en habitaciones de hospital y suministros médicos no utilizados (Rutala y Weber, 2019). El vapor HP se ha utilizado cada vez más para la descontaminación de salas en la atención médica. Algunos estudios indican que los sistemas HP son un método altamente eficaz para erradicar diversos patógenos de portadores, habitaciones, muebles y equipos inoculados de acuerdo con el trabajo realizado por (p. Ej., MRSA, M. tuberculosis, Serratia, esporas de C. difficile, esporas de Clostridium botulinum). En otro estudio, se indica que los desinfectantes de superficie basados en HP han demostrado ser más efectivos (> reducción de 6 log10) y microbicidas de fijación (30-60 segundos) en presencia de una carga de suelo (para simular la presencia de fluidos corporales) (Rutala y Weber, 2013).

Luz UV para descontaminación de ambientes

La luz ultravioleta (UV) es una luz que el ojo humano no la puede detectar, la cual se divide en tres tipos de menor a mayor intensidad: UV-A, UV-B y UV-C. Los rayos UV-C se utilizan en los mecanismos de desinfección, ya que puede sustituir el ADN en los microorganismos. En efecto cuando las bacterias, los protozoos y los virus se exponen a las determinadas longitudes de onda de esta luz ultravioleta quedan inactivos. Por ese motivo, desde hace años se aprovechan tales propiedades espermicidas para la desinfección del agua, el aire, alimentos y diversas superficies.

Esta irradiación germicida ultravioleta (UVGI) basada en la tecnología de generación de radiación UV-C se ha utilizado para “depurar” el aire en instalaciones y laboratorios de atención médica durante muchas décadas. Se sabe que UVGI es eficaz en diversos grados para controlar la circulación de partículas infecciosas en el aire y sobre superficies (Memarzadeh, Olmsted y Bartley, 2010).

La radiación UV se utiliza para el control de microorganismos patógenos en una variedad de aplicaciones, como el control de la legionela, así como la desinfección del aire, las superficies y los instrumentos. A ciertas longitudes de onda, la luz ultravioleta romperá los enlaces moleculares en el ADN, destruyendo así el organismo. UV-C tiene un rango de longitudes de onda característico de 200-280 nm, que se encuentra en la porción activa germicida del espectro electromagnético de 200-320 nm. La exposición a la luz ultravioleta a esta longitud de onda es un método práctico y rentable para inactivar virus, micoplasmas, bacterias y hongos en el aire en superficies limpias (Memarzadeh, Olmsted y Bartley, 2010).

Hay que tener en cuenta que este método con luz ultravioleta no añade componente químico alguno, un detalle especialmente importante al desinfectar el agua o los alimentos. Además, tampoco necesita ser procesado, por lo que destaca por poseer ciertas ventajas frente a otros sistemas de desinfección como los sistemas que utilizan químicos para la desinfección de las superficies.

El trabajo de (Luis Rossel, 2020) muestra los efectos de utilizar radiación UV-C para tratar el agua en busca de eliminar bacterias coliformes, demostrando que este es un método eficiente para tal fin cuando se expone el agua por un tiempo de cinco segundos a la radiación.

La eficacia de la radiación UV depende de muchos parámetros, como la concentración biológica, la distancia con el dispositivo UV, el tipo de patógeno, la dosis UV, el tiempo de exposición, la colocación de la lámpara, la línea de visión directa o indirecta desde el dispositivo, el tamaño y la forma de la habitación, la intensidad, reflexión y patrones de movimiento del aire (Rutala y Weber, 2019).

Los niveles de exposición de radiación UV dependen también del medio u objeto que se pretende desinfectar como lo expone (Correa et al., 2020), en medios líquidos la irradiación se produce dentro de los 15 cm, por lo cual se requieren niveles de UV más altos, para este medio los niveles son diez veces más altos que lo utilizados para realizar desinfección en el aire. Por otra parte (Elio Pietrobon Tarrán, 2002) resumen en los siguientes factores que afectan una desinfección eficaz con luz UV en el agua y que también algunos pueden ser extrapolados a otros ambientes, calidad del agua, transmisión de la luz UV, sólidos suspendidos, nivel de orgánicos disueltos, dureza total, condición de la lámpara, limpieza del tubo cuarzo, tiempo de uso de la lámpara, tratamiento del agua antes de aplicar luz UV, flujo y diseño del reactor. Las superficies sin importar su tipo son fuente de infección por lo cual es importante aplicar a estos procesos de desinfección, los parámetros principales a considerar en la desinfección de las superficies son la distancia de exposición de la superficie y el tiempo de exposición (Correa et al., 2020).

Efecto de UV-C sobre microorganismos

La luz ultravioleta inactiva los microorganismos, debido a que daña el ácido nucleico de bacterias y virus, lo que limita su capacidad de crecer y multiplicarse cuando se inhala o se recoge en superficies. La función germicida de la luz UV-C es en gran parte el resultado de la formación de dímeros de timina, que inactivan el ADN y el ARN del organismo (Memarzadeh, Olmsted y Bartley, 2010). Se ha demostrado que la irradiación germicida ultravioleta para la desinfección de la superficie es altamente efectiva en la eliminación de patógenos vegetativos, enterobacterias resistentes, bacterias del género *acinetobacter* *baumannii* resistente a múltiples medicamentos y esporas como *C. difficile*.

Múltiples estudios han demostrado una reducción mayor a $3 \log_{10}$ (UFC/cm²) unidades formadoras de colonias (UFC) por centímetro cuadrado en patógenos clínicamente significativos cuando se probaron sistemas UV-C dentro de una habitación de hospital y estudios in vitro. Otros estudios realizados en un hospital de California (Napolitano, Mahapatra y Tang, 2015), han demostrado una reducción del 34% en el riesgo

en el cuidado médico asociado a infecciones (health care-associated infections -HAI) cuando los sistemas UV-C se integraron en su protocolo de intervenciones ambientales. Los estudios han demostrado repetidamente que la eficacia de los sistemas UV-C disminuye con el aumento de las concentraciones de materia orgánica o proteica (p. Ej., Fluidos corporales, suciedad), lo que subraya la importancia de utilizar la tecnología UV-C como complemento de la limpieza manual (Nerandzic, Fisher y Donskey, 2014; Nerandzic et al., 2015a; Wong et al., 2016).

Todos los virus y casi todas las bacterias (excluidas las esporas) son vulnerables a niveles moderados de exposición a UVGI, pero la magnitud del efecto depende en gran medida de la especie. Los microbios más pequeños que son difíciles de filtrar tienden a ser más susceptibles a los UVGI, mientras que los microbios más grandes, como las esporas, que son más resistentes a los UVGI, tienden a ser más fáciles de filtrar. En consecuencia, algunos sistemas UVGI se instalan junto con una etapa de filtración de alta eficiencia. Este diseño combinado entre filtrado y radiación UV-C puede ser muy efectivo contra agentes biológicos.

En una investigación realizada por Howard et. al., (2002), se evidenció que la actividad germicida depende de la mezcla de aire por convección entre la zona superior irradiada de la habitación y las zonas inferiores de atención al paciente. El estudio involucró la instalación de unidades UVGI de la habitación superior y la evaluación del impacto de estas unidades en bacterias cultivables en el aire. Más del 90% de las bacterias detectados fueron desactivadas. La investigación también demostró claramente que el aire de la habitación debe mezclarse para que la UVGI inactive eficazmente los microorganismos. Sin embargo, si ingresa aire caliente, este aire reposará en la parte superior de la habitación mientras que el aire mucho más frío reposará debajo, y la eficacia del sistema UVGI se reduce drásticamente porque los microbios no se mueven hacia arriba para la exposición a la irradiación UV-C de lámparas superiores.

También se debe tener en cuenta que, si la velocidad de ventilación es demasiado alta, las partículas pueden no estar suficientemente expuestas a la radiación UV-C para garantizar

una inactivación completa, o si el sistema de ventilación no proporciona una buena mezcla dentro de la habitación, las partículas en el aire que contienen microbios podrían ni siquiera exponerse a la irradiación UV-C.

Aun cuando la radiación UV-C es eficiente como germicida en microorganismos, en el caso de los virus, un estudio taiwanés encontró que su efectividad depende en gran medida del tipo de ácido nucleico del virus. Los virus con dsRNA o dsDNA son significativamente menos susceptibles a la inactivación con UV en comparación con los virus ssRNA y ssDNA. Para la inactivación del virus en el aire al 90%, la dosis de UVGI fue aproximadamente dos veces mayor para los virus dsRNA y dsDNA que para los virus ssRNA y ssDNA (Tseng y Li, 2005).

Respecto a la susceptibilidad de los microorganismos ante la radiación UV, el factor de susceptibilidad fue más alto para los virus y similar al de las bacterias frágiles, pero trece a veinte veces mayor que el de las bacterias endosporas o esporas de hongos. El factor de susceptibilidad para los virus fue mayor a una humedad relativa (HR) de 55% que a una humedad relativa de 85%, indicando mejor eficiencia a baja humedad, este resultado se podría deber a la adsorción de agua sobre la superficie del virus a mayor humedad, lo que podría proporcionar protección extra contra el daño del ADN o ARN inducido por los rayos UV (Tseng y Li, 2005).

Los factores críticos que afectan la eficacia de UVGI incluyen temperatura, HR y salida de la lámpara. Varios estudios han indicado que la efectividad de los sistemas UVGI de la habitación superior disminuye a medida que aumenta la humedad. Para una eficiencia óptima, la HR debe

controlarse al 60% o menos cuando se instalan los sistemas UVGI de la habitación superior. La temperatura debe mantenerse entre 68°F y 75°F (20°C-24°C).

Para otros agentes infecciosos, como el SARS-CoV y la influenza, el modo de transmisión es por gotas, que no permanecen suspendidas en el aire por largos períodos de tiempo, sino que se caen dentro de un radio promedio de 2 m por una persona que tose o estornuda. Esto hace improbable que se logre una mezcla de aire suficiente para eliminar eficazmente los microbios transmitidos por dichas gotas. Estas partículas nunca alcanzan la zona de desinfección UV si las lámparas están en el techo de la habitación, por lo tanto, se necesita una ubicación alternativa de las lámparas de desinfección (Howard, C, 2002).

Comparativa entre técnica HP y UV

Tanto los dispositivos UV-C y los sistemas que usan HP tienen sus propias ventajas y desventajas, aunque existe una amplia evidencia de que estos sistemas “sin contacto” pueden reducir la contaminación ambiental con agentes patógenos asociados a la atención médica. Sin embargo, hay varias diferencias importantes entre los dos sistemas. El sistema UV-C ofrece una descontaminación más rápida que reduce el tiempo de inactividad de la habitación antes de que otro paciente pueda ser admitido. Se ha demostrado que los sistemas HP son más efectivos para eliminar los organismos formadores de esporas.

En la Tabla 1 se enumeran las principales ventajas y desventajas de cada técnica (Rutala y Weber, 2013)

Tabla 1

Técnica	Ventajas	Desventajas
Peróxido de hidrógeno	• Actividad biocida (germicida) confirmada contra una amplia gama de agentes patógenos asociados al cuidado de la salud. (funciona mejor en esporas) • Descontamina superficies y equipos. • Es efectivo contra <i>Clostridium difficile</i>. • Es útil para desinfectar equipos y muebles complejos. • No requiere que los muebles y equipos se alejen de las paredes. • HP no tiene residuos y no genera problemas de salud o seguridad (la unidad de aireación convierte HP en oxígeno y agua)	• Todos los pacientes y el personal deben ser retirados de la sala antes de la descontaminación. • El sistema de calefacción, ventilación y de aire acondicionado debe estar desactivado para evitar la dilución no deseada de HP durante el uso y las puertas deben cerrarse con espacios sellados con cinta adhesiva. • La descontaminación solo se puede lograr como desinfección terminal (es decir, no se puede usar para la desinfección diaria) ya que se debe vaciar el espacio de las personas. • Los costos de equipo son sustanciales.

	• Se distribuye de manera uniforme en la sala mediante un sistema de dispersión automatizado.	• La descontaminación requiere de 2.5 a 5 horas. • No elimina el polvo y las manchas que son importantes para los pacientes y visitantes. • Se requiere de personal especializado para el manejo del Peróxido de hidrógeno.
Radiación UV	• Actividad biocida (germicida) confirmada contra una amplia gama de agentes patógenos asociados al cuidado de la salud. (funciona mejor en virus y bacterias de pequeño tamaño) • La descontaminación de la habitación es rápida (15 minutos) para las bacterias vegetativas. • Es eficaz contra Clostridium difficile, aunque requiere una exposición más prolongada (50 minutos). • El sistema HVAC (calefacción, ventilación y aire acondicionado) no necesita ser desactivado y la habitación no necesita ser sellada. • Los rayos UV no contienen residuos y no generan problemas de salud o seguridad. • No hay productos consumibles, por lo que los costos incluyen solo el costo del equipo y tiempo del personal. • Buena distribución en la sala de energía UV a través de un sistema de monitoreo automatizado.	• Todos los pacientes y el personal deben ser retirados de la sala antes de la descontaminación. • La descontaminación solo se puede lograr en la desinfección terminal (es decir, no se puede usar para la desinfección diaria) ya que se debe vaciar el espacio de las personas. • Los costos de equipo son sustanciales. • No elimina el polvo y las manchas, lo cual es importante para los pacientes y visitantes. • Parámetros sensibles al uso (p. Ej., Longitud de onda, dosis de UV administrada). • Requiere que el equipo y los muebles se alejen de las paredes.

Ventajas y desventajas de las técnicas con peróxido de hidrógeno y radiación UV.

Nota: Esta tabla muestra las principales ventajas y desventajas de las técnicas utilizadas para desinfección

Con base en la comparación hecha en la Tabla 1, se recomienda diseñar e implementar un sistema de descontaminación y desinfección UV, debido a su menor tiempo biocida efectivo, a que no requiere de consumibles y que tampoco requiere sellar las habitaciones en que se quiera utilizar.

Consideraciones de la exposición UVGI a la salud humana

De acuerdo con la Asociación Americana de Seguridad Biológica (Burgener, 2006), los efectos biológicos en humanos de la sobreexposición a la radiación UV-C varían con la longitud de onda, la energía de los fotones y la duración de la exposición. En general, los efectos adversos se limitan a la piel y los ojos. El eritema (enrojecimiento de la piel, como en las quemaduras solares) es el efecto cutáneo más comúnmente observado. La exposición crónica a la radiación UV puede acelerar el proceso de envejecimiento de la piel y aumentar el riesgo de cáncer de piel. El Programa Nacional de Toxicología (NTP) clasifica UV-C como un probable carcinógeno humano. La exposición excesiva a la radiación UV-C puede afectar negativamente a los ojos, causando fotoqueratitis y/o conjuntivitis. De

acuerdo con las pautas actuales, no se esperaría que la exposición repetida en o debajo de la pauta actual cause efectos adversos para la salud; Sin embargo, debe enfatizarse que la radiación UV ha sido implicada tanto en el cáncer de piel como en las cataratas en humanos (Memarzadeh, Olmsted y Bartley, 2010).

De acuerdo con lo anterior, es conveniente que los equipos de desinfección UV-C sean controlados a distancia para así evitar la exposición del usuario a la radiación UV, adicional como es expuesto en (Menéndez López, 2021) debería generarse una regulación como la existente a otras radiaciones ionizantes como lo son los rayos X, teniendo en cuenta que, igualmente, es un proceso ionizante de menor energía.

Tecnología UV

Una forma de clasificar los sistemas emisores de UV-C disponibles comercialmente es por el tipo de lámpara o bombilla:

- Bombillos de mercurio de baja presión en estado estacionario que emiten luz a ~254 nm

Los sistemas de bombillos de mercurio de baja presión suministran radiación en una corriente continua con un sistema que tiene dos configuraciones, vegetativa (12,000 uWs/cm²) y esporicida (22,000 uWs/cm²), y un sistema que tiene una sola configuración vegetativa o esporicida (46,000 uWs/cm²).

- Bombillos de xenón que emiten un espectro de luz (100-280 nm) y espectros visibles (380-700 nm).

Actualmente, hay sistemas con bombillas de xenón que proporcionan pulsos cortos de alta intensidad (2 Hz), en dos ciclos de 5 a 7 minutos, tomando aproximadamente 15-20 minutos para el proceso de desinfección.

Los fabricantes del sistema de xenón pulsado sugieren usar tiempos de desinfección más cortos que la mayoría de los sistemas de mercurio en estado estacionario; sin embargo, un estudio publicado que compara la eficacia de las 2 clases diferentes de lámparas determinó que "PX-UV (UV pulsado) fue menos efectivo que los dispositivos de UV-C continuos. El mismo estudio in vitro concluyó que el vapor de mercurio en estado estacionario de 254 nm redujo aproximadamente el doble que el xenón pulsado las unidades formadoras de colonias de *C. difficile* y MRSA (Nerandzic et al., 2015b).

Ambos tipos de sistemas se pueden operar de forma remota usando dispositivos móviles, pero se deben llevar manualmente a la sala para su operación. Además, casi todos los sistemas tienen software que les permite capturar datos de utilización, incluido el tiempo de tratamiento, el uso de la ubicación y las estadísticas del operador.

El estudio hecho por, Rutala et al se presentan resultados de desinfección de una sala completa mediante un dispositivo UV-C automático y portátil que usa espejos para "rebotar" UVGI alrededor de una habitación para alcanzar todas las superficies, incluyendo aquellos que no están expuestos directamente a la fluencia. Informaron reducciones logarítmicas sustanciales en bacterias vegetativas dentro de los 15 minutos de exposición y en bacterias formadoras de esporas, como *C. difficile*, después de 50 minutos de exposición (Rutala et al., 2010).

También existen sistemas con sensores remotos inalámbricos de medición UV-C, mediante los cuales, el software interpreta los datos de dosis y utilización en tiempo real. La forma en que se determina la dosis final para cada dispositivo varía. Algunos sistemas calculan la dosis que se administra:

$$dosis = Intensidad_{UV-C} \times Tiempo_{Exposición}$$

en función de las dimensiones de la habitación y se establecen en un intervalo cronometrado.

Un estudio comparativo entre equipos con bombillos de mercurio y bombillos de xenón desarrollado en el hospital general de Vancouver durante 2013 y publicado en 2016 en American Journal of Infection Control, se evidenció que la desinfección con UV-C redujo el porcentaje de MRSA de 34.4% a 3.3%, VRE de 29.5% a 4.9%, y *C. difficile* de 31.8% a 0%. La eliminación de patógenos disminuyó en presencia de una carga proteica. Los investigadores concluyeron que "ambos [sistemas de mercurio y de xenón] fueron igualmente exitosos para mejorar la limpieza general de la habitación del paciente como complemento de la limpieza manual en un entorno real" (Wong et al., 2016).

La limpieza de las bombillas UV, tanto de mercurio como de xenón, y su antigüedad deben verificarse periódicamente (aproximadamente cada 6 meses) para garantizar una intensidad de luz UV suficiente para la actividad germicida (UVGI). La intensidad de la luz de longitud de onda germicida disminuye con la edad, y las clasificaciones de bulbo (horas de uso) pueden variar según el fabricante. Esto genera ciertos inconvenientes en la implementación con bombillas tradicionales que pueden ser mitigadas mediante el uso de luz LED.

La eficiencia de los equipos de desinfección UV también está en relación a la intensidad efectiva de la radiación sobre la superficie, particularmente para las áreas sombreadas o áreas que no están en la línea directa de luz. Dada la relación entre la distancia desde el dispositivo y la muerte efectiva, muchos investigadores han aconsejado que los objetos de alto uso, se acerquen al dispositivo antes de la utilización para optimizar la exposición. Existe un sistema patentado de pausa y reposicionamiento que permite reposicionar

la unidad para abordar las partes de la sala más difíciles de alcanzar de una manera efectiva en el tiempo. Otra manera, más simple, de acceder a áreas con sombras o de formas irregulares, puede ser mediante distintas geometrías de aplicadores (Wong et al., 2016).

Adicionalmente, Miller *et al.* informaron una disminución de la efectividad del sistema UVGI cuando las lámparas UV se colocaron en un solo lado de la habitación (Howard, C., 2002). Esto es consistente con los hallazgos de Riley y Permutt, quienes informaron que una distribución más amplia de lámparas UV de baja irradiación fue más eficiente en comparación con el uso de una lámpara UV de alta irradiancia ubicada en el centro (Riley y Permutt, 1971). Esto sugiere que los sistemas UVGI deben instalarse para proporcionar la distribución UVGI más uniforme posible. Cuando los espacios son reducidos, las lámparas UV también se pueden colocar dentro de los conductos de suministro o retorno de aire para desinfectar el aire antes de suministrarlo.

La luz que irradia es absorbida por el ADN/ARN de los organismos vivos. Al pasar a través de las paredes celulares de los diferentes patógenos genera diversos daños en sus estructuras moleculares impidiendo su multiplicación. En condiciones normales, la capa de ozono terrestre filtra la luz UVC de origen natural y protege a los seres vivos, entre ellos a los patógenos o microorganismos infecciosos

Se han realizado varios estudios para la utilización de las lámparas con rayos UV, para aprovechar la acción germicida en procesos de esterilización en los sistemas HVAC, los cuales se utilizan para mejorar la calidad del aire en el interior de los ambientes de los edificios, elimina la carga bacteriana del aire en los procesos de industria alimenticia, hasta controlar la contaminación aerotransportada y virológica en centros de salud.

La generación artificial de la luz UV se lograba antiguamente mediante la utilización de una lámpara de cuarzo que contiene gas de mercurio en su interior. Cuando se genera una corriente eléctrica entre los polos de la lámpara, se produce una ionización provocando que los átomos del gas incrementen sustancialmente su energía; así

mismo el calor producido incrementa la presión del gas y la mayor excitación de electrones haciendo que estos salten y se desplacen en diferentes líneas de longitud de onda, hasta el punto de convertirlos en fotones de luz. Esta energía de fotones que se irradia en forma de luz, es la que actúa como germicida, eliminando microorganismos aerotransportados cuando estos son atravesados por la onda de luz al penetrar en la pared que protege la información genética del microorganismo, dañando así su estructura. (La función de las lámparas UV-C como germicida en instalaciones de HVAC, 2016). En resumen, la Figura 1 muestra la intensidad espectral de diferentes lámparas sobrepuestas a la banda de absorción de DNA.

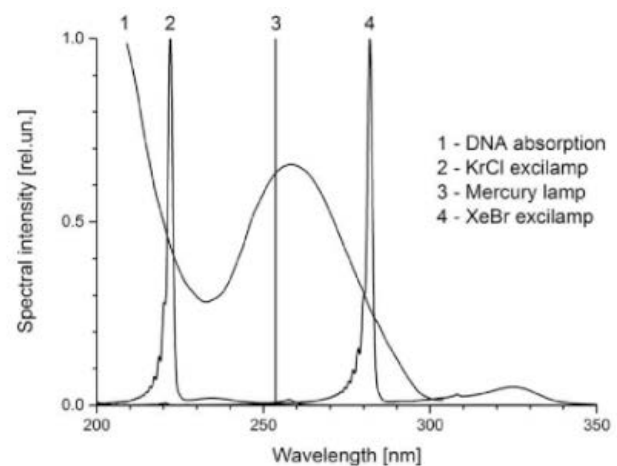


Figura 1. Banda de absorción de DNA y emisiones de distintas lámparas
Nota: Tomado de Prieto de Castro y Usera, 2020

Tecnología UV

Tradicionalmente, las lámparas UV de vapor de mercurio de baja presión (LP) se han utilizado para inactivar microorganismos dañinos en entornos industriales. Sin embargo, debido a que las lámparas de LP contienen mercurio, su uso conlleva riesgos considerables para la salud humana y el medio ambiente (Bohrerova *et al.*, 2008; Aoyagi et al., 2011; Kim y Kang, 2017)

Recientemente, se han desarrollado sistemas de desinfección basados en diodos emisores de luz UVC (LED-UVC), que ofrecen potencial como tecnología alternativa al mercurio y al xenón. Los LED UVC no contienen mercurio, lo

que alivia este riesgo, y es posible una radiación máxima rápida con una intensidad constante en un amplio rango de temperatura. La tecnología LED-UVC es económica en relación a las lámparas tradicionales y tiene una vida útil más larga. Además, los módulos UVC-LED se pueden diseñar de tamaños reducidos a diferencia de las tecnologías basadas en mercurio y xenón; esto permite que se puedan incorporar fácilmente en varias formas tanto para ambientes sanitarios como para la industria alimentaria. Aun así, los LED UVC tienen la desventaja de una baja intensidad de irradiación en comparación con las lámparas LP convencionales y a que es tecnología que está actualmente en desarrollo (Andrés, Prieto de Castro y Usera, 2020).

En un estudio realizado por Kim et al., Shin et al., se usaron LED UVC (LG Innotek Co., Seúl, Corea), de 10mW de potencia y que emitían longitudes de onda máximas de 266 o 279 nm y se conectaron a placas de circuitos impresos electrónicos (PCB) para validar el efecto biocida en agua contaminada recirculante. La disposición de los LED fue en las “4 esquinas” del PCB con una distancia de 6 cm entre cada LED y una distancia de 4 cm entre el PCB LED y las superficies de alimentos irradiados. Cada PCB tenía 5 LED y era capaz de generar 50 mW. Finalmente, cada PCB fue ensamblado en forma de caja para generar una radiación total de 200mW. El sistema de LED diseñado requirió de 23 mA para cada PCB de 266 nm de longitud de onda y 20 mA para cada PCB de 279 nm de longitud de onda. Los resultados del estudio mostraron una mayor eficiencia biocida mediante la tecnología LED-UVC que mediante la técnica convencional basada en lámparas de mercurio (Kim y Kang, 2016; Shin et al., 2016).

Dentro de las ventajas de esta tecnología, están su menor precio, la posibilidad de selección de longitudes de onda de emisión, mayor durabilidad, incorporación conveniente en dispositivos de proceso de descontaminación tradicionales y que es una tecnología ambientalmente amigable.

Tecnología UV pulsada

Lámparas de xenón pulsadas

El sistema de desinfección con luz ultravioleta (UV) de xenón pulsado utiliza pulsos de alta intensidad para emitir luz UV a frecuencias que cruzan el rango germicida UV (200– 280nm), el rango en el que los microorganismos son susceptibles al daño UV. Las altas frecuencias UV ofrecen diferentes vías de daño a los microorganismos al dañar las paredes celulares y las estructuras celulares e impidiendo la capacidad de replicación de los microorganismos (Green et al., 2017). De acuerdo con Mark Stibich, PhD, MHS, BA, director científico de Xenex (fabricante): “La intensidad del pulso le otorga un par de otras propiedades, por lo que se refleja de manera muy diferente en la habitación que el mercurio UV convencional y causa diferentes tipos de daños a los organismos”. “Penetra en la pared celular de esporas, virus y bacterias, por lo que cualquier cosa con ADN o ARN es susceptible” (Knudson, 2013).

La empresa Xenex Disinfection Services desarrolló un sistema automatizado de desinfección por UV pulsado (Gerz-Zapping Robot) que puede ser considerado una tecnología “verde” debido a que el dispositivo utiliza xenón, un gas noble natural que se considera ecológico.

El Gerz-Zapping Robot es una tecnología con luz de radiación ultravioleta tipo C (UVC) de espectro completo (200-280 nm). Su actuación permite eliminar los organismos infecciosos que quedan en la sala en menos de cinco minutos. “Es muy rápido, eficaz y fácil de usar, siempre y cuando se realice previamente una limpieza manual de las superficies a tratar, para reducir la presencia de polvo y materia orgánica que pueda dificultar la llegada de la luz ultravioleta a todos los puntos de la superficie” explica Usera.

El Gerz-Zapping Robot de Xenex es comparable en tamaño y movilidad a una silla de ruedas. Para poder ser usado, el dispositivo es llevado a una habitación y un usuario lo desbloquea usando una identificación y contraseña en un teclado. Una vez que se presiona el botón de activación, el dispositivo espera 15 segundos para que el usuario salga de la habitación, luego los sensores

de movimiento escanean la habitación durante 15 segundos más, antes de comenzar a pulsar la luz UV. En promedio, cada habitación requiere que el dispositivo haga dos pasadas durante 5-10 minutos en cada pasada. Durante este tiempo, el dispositivo registra los datos de la habitación en uso, cuándo se usa el dispositivo y la dosis UV.



Figura 2. El sistema de desinfección con luz ultravioleta (UV) pulsada de xenón utiliza luz UV de alta energía para dañar las paredes celulares de bacterias, virus y esporas bacterianas. *Nota:* Fuente: (Knudson, 2013)

El equipo de Xenex puede ser usado en múltiples áreas en un centro de atención médica, incluidas habitaciones de pacientes, quirófanos, salas de equipos, salas de emergencia (ER), unidades de cuidados intensivos, áreas compartidas para miembros del personal y áreas públicas.

Lámparas LED-UV pulsadas

La tecnología LED-UV también tiene la capacidad de activarse y desactivarse con alta frecuencia. Esta característica permite generar irradiación pulsada que no es viable con lámparas de mercurio UV. Aunque las lámparas de xenón convencionales también son capaces de emitir irradiación pulsada, el patrón de pulso es menos controlable y el requerimiento de energía es mucho mayor en comparación con el de los LED UV. Los LED UV ofrecen una gran flexibilidad para el patrón de pulso con varias frecuencias y tasas de trabajo, y tienen un bajo requerimiento de potencia para la operación, lo que brinda un amplio potencial en la aplicación de irradiación pulsada de LED UV.

Los nuevos LED UV de radiación pulsada poseen más opciones en el patrón de pulso, por lo que es razonable suponer que puede producirse un efecto germicida mejorado que puede tener un potencial de ahorro de energía significativo.

Respecto a la eficiencia de la tecnología LED-UV pulsada, algunos estudios iniciales informaron que la eficiencia germicida de la radiación pulsada fue 3.8 y 2.5 veces mayor que la de la radiación continua para la inactivación de *E. coli* por 272 nm y 365 nm, respectivamente (Li et al., 2010; Wengraitis et al., 2013).

Otro estudio mostró que la irradiación pulsada con LED UV de 269 nm es 1,8 veces más eficiente que la irradiación continua para la inactivación de las esporas de *Bacillus globigii* (Tran et al., 2014). Sin embargo, un estudio reciente indicó un rendimiento comparable entre la irradiación pulsada y continua por LED de 405 nm en la inactivación de *Staphylococcus aureus* (Gillespie et al., 2017).

Estas inconsistencias probablemente resultaron de los diferentes métodos de determinación de fluencia UV para irradiación continua y pulsada. La irradiación intermitente por pulsación trae dificultades para la determinación precisa de la fluencia UV y los métodos existentes para la irradiación continua regular pueden no ser directamente aplicables a la irradiación pulsada (Song, Taghipour y Mohseni, 2018).

En el estudio realizado por Kai Song, se realizó una comparativa entre la técnica LED-UV continua y pulsada mediante el diseño y construcción de un sistema electrónica de emisión de luz UV con UV-LED de 265 nm de longitud de onda (Nikkiso Co. Ltd, 10 mW). De acuerdo con los autores, se usaron los de 265 nm debido a que esta longitud de onda está muy cerca del pico de absorción de ADN y, por lo tanto, es más eficiente para la inactivación de la mayoría de los microorganismos (Song, Taghipour y Mohseni, 2018).

En la Figura 3 se muestra un esquemático del dispositivo construido y de la señal de control empleada para el encendido y apagado de la luz UV.

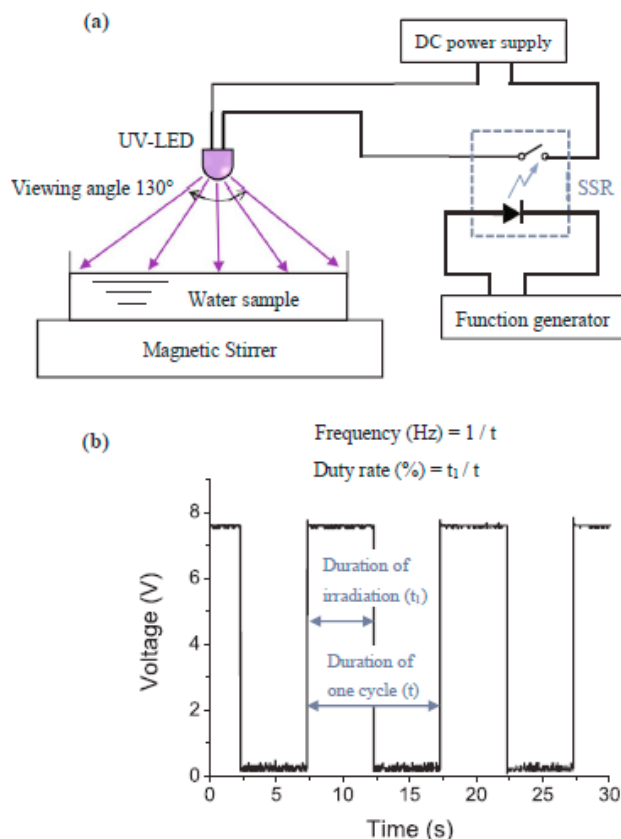


Figura 3. Diagrama esquemático del circuito pulsado de UV-LED y aparato experimental (a); Ilustración de la forma de onda de voltaje para la irradiación pulsada de UV-LED a una frecuencia de 0.1 Hz y una tasa de trabajo del 50% (b). Fuente: (Song, Taghipour y Mohseni, 2018)

De acuerdo con la Figura 3, Los autores colocaron el generador de luz LED-UV en contacto a un disipador de calor con un ventilador para la disipación de calor y se conectó a un termopar para controlar la temperatura (Song, Taghipour y Mohseni, 2018). Esto se debe a que el rendimiento del LED UV es sensible a su temperatura durante el funcionamiento. El LED UV fue ubicado sobre una placa de Petri de vidrio de 9 cm de diámetro con una muestra de agua contaminada de 50 ml para irradiación UV. De acuerdo con los autores, la distancia entre el LED-UV y la superficie del agua era de 2 cm, de modo que la radiación del LED-UV cubría toda la superficie de la placa de Petri. Usaron un agitador magnético para homogeneizar la muestra de agua durante la irradiación UV (Kheyrandish, Mohseni y Taghipour, 2017; Song, Taghipour y Mohseni, 2018).

Adicionalmente, se utilizó una fuente de alimentación de corriente continua (CC) para

controlar el LED UV, ajustada a una corriente de salida constante de 350 mA, tanto para la irradiación continua como pulsada. Para generar irradiación pulsada, se empleó un relé de estado sólido rápido (SSR, Crydom M-ODC5F) para encender y apagar instantáneamente el LED-UV. La frecuencia y la tasa de trabajo fueron ajustadas mediante un generador de funciones, y se utilizó un osciloscopio para medir la forma de onda del voltaje del UVLED.

En este estudio, se evaluaron distintos niveles de frecuencia (0.1, 1, 10, 100, 1 kHz) y ciclo de trabajo (10%, 25%, 50%, 75%, 90%) para determinar la irradiación pulsada, comparándolos con la irradiación continua. La frecuencia representa el número de ciclos de encendido y apagado por segundo, mientras que la tasa de trabajo indica el porcentaje de tiempo de irradiación en un ciclo de encendido y apagado.

De acuerdo con los resultados publicados por los autores del estudio, para inactivación de *E. coli*, se observó que la irradiación continua y pulsada UV-LED de 265 nm indujo una inactivación comparable a varias frecuencias y tasas de trabajo, con la excepción de una tasa de trabajo del 90% y 75% en donde se observó una inactivación ligeramente menor (Song, Taghipour y Mohseni, 2018).

En una segunda prueba, los autores utilizaron colonias coliformes totales en conjunto con *E. coli* en aguas residuales reales para examinar la eficiencia de desinfección de la irradiación pulsada y los efectos de diferentes patrones de pulso con una fluencia UV equivalente. Los resultados revelaron una inactivación comparable tanto para las colonias coliformes totales como para *E. coli* bajo irradiación pulsada con varias frecuencias y tasas de trabajo. El análisis estadístico no mostró diferencias significativas en términos de inactivación entre irradiación continua y pulsada con cada patrón de pulso (Song, Taghipour y Mohseni, 2018).

Finalmente, los autores concluyen que ambos tipos de irradiación, continua y pulsada tienen los mismos efectos biocidas, sin embargo, respecto a la eficiencia térmica, se puede decir que operar UV-LED en irradiación pulsada permite eliminar el disipador de calor de los

dispositivos UV-LED permitiendo diseñarlos más compactos, manteniendo la intensidad de radiación comparable junto con los efectos de inactivación de virus y bacterias. Esto se debe, a que el funcionamiento de LED-UV en modo pulsado proporciona una mejor gestión térmica, lo que lleva a un diseño de reactor más simple y menos complicado y a un mayor tiempo operativo del sistema UV-LED (Song, Taghipour y Mohseni, 2018).

Referencias:

- Andrés, A. de, Prieto de Castro, C. y Usera, F. (2020) 'Informe sobre utilización de la radiación ultravioleta (UVC) para desinfección'. Disponible en: <https://digital.csic.es/handle/10261/216311> (Accessed: 28 December 2021).
- Aoyagi, Y. et al. (2011) 'Inactivation of Bacterial Viruses in Water Using Deep Ultraviolet Semiconductor Light-Emitting Diode', *Journal of Environmental Engineering*, 137(12), pp. 1215–1218. doi:10.1061/(ASCE)EE.1943-7870.0000442.
- Bentancor, M. y Vidal, S. (2018) 'Programmable y low-cost ultraviolet room disinfection device', *HardwareX*, 4, p. e00046. doi:10.1016/j.ohx.2018.e00046.
- Bohrerova, Z. et al. (2008) 'Comparative disinfection efficiency of pulsed y continuous-wave UV irradiation technologies', *Water Research*, 42(12), pp. 2975–2982. doi:10.1016/j.watres.2008.04.001.
- Burgener, J. (2006) 'Position Paper on the Use of Ultraviolet Lights in Biological Safety Cabinets', *Applied Biosafety*, 11(4), pp. 228–230. doi:10.1177/153567600601100413.
- Correa, M. et al. (2020) 'Desinfección mediante el uso de luz UV-C germicida en diferentes medios como estrategia preventiva ante la COVID-19', *Minerva*, 1(2), pp. 46–53. doi:10.47460/minerva.v1i2.11.
- Luis Rossel. (2020) 'Radiation ultraviolet-c for bacterial disinfection (total y thermotolerant coliforms) in the water treatment', http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2313-295720200001000068.
- Elio Pietrobon Tarrán (2002) 'Desinfección por luz ultravioleta', *Revista Agua Latinoamerica*. Disponible en: <https://acortar.link/AnCmLe>
- Gillespie, J.B. et al. (2017) 'Efficacy of Pulsed 405-nm Light-Emitting Diodes for Antimicrobial Photodynamic Inactivation: Effects of Intensity, Frequency, y Duty Cycle', *Photomedicine y Laser Surgery*, 35(3), pp. 150–156. doi:10.1089/pho.2016.4179.
- Green, C. et al. (2017) 'Pulsed-xenon ultraviolet light disinfection in a burn unit: Impact on environmental bioburden, multidrug-resistant organism acquisition y healthcare associated infections', *Burns*, 43(2), pp. 388–396. doi:10.1016/j.burns.2016.08.027.
- Shelly Miller, Mark Hernandez, Kevin Fernelly, John Martyny, Janet Macher, Elmira Kujundzic, Peng Xu, Patricia Fabian, Jordan Peccia, Cody Howard (2002) EFFICACY OF ULTRAVIOLET IRRADIATION IN CONTROLLING THE SPREAD OF TUBERCULOSIS, NIOSHTIC-2. Available at: <https://www.cdc.gov/niosh/nioshtic-2/20022472.html>.
- Kheyrandish, A., Mohseni, M. y Taghipour, F. (2017) 'Development of a method for the characterization y operation of UV-LED for water treatment', *Water Research*, 122, pp. 570–579. doi:10.1016/j.watres.2017.06.015.
- Kim, D.K., Kim, S.J. y Kang, D.H. (2017) 'Inactivation modeling of human enteric virus surrogates, MS2, Q β , y ϕ X174, in water using UVC-LEDs, a novel disinfecting system', *Food Research International*, 91, pp. 115–123. doi:10.1016/j.foodres.2016.11.042.
- Kim, S.-J., Kim, D.-K. y Kang, D.-H. (2016) 'Using UVC Light-Emitting Diodes at Wavelengths of 266 to 279 Nanometers To Inactivate Foodborne Pathogens y Pasteurize Sliced Cheese', *Applied y Environmental Microbiology*. Edited by J.L. Schottel, 82(1), pp. 11–17. doi:10.1128/AEM.02092-15.
- Knudson, L. (2013) 'Pulsed UV light disinfection system shows promise for OR decontamination', *AORN Journal*, 98(5), pp. C1–C10. doi:10.1016/s0001-2092(13)01039-9.
- Li, J. et al. (2010) 'Enhanced germicidal effects of pulsed UV-LED irradiation on biofilms', *Journal of Applied Microbiology*, 109(6), pp. 2183–2190. doi:10.1111/j.1365-2672.2010.04850.x.

- Memarzadeh, F., Olmsted, R.N. y Bartley, J.M. (2010) 'Applications of ultraviolet germicidal irradiation disinfection in health care facilities: Effective adjunct, but not stand-alone technology', *American Journal of Infection Control*, 38(5 SUPPL.), pp. S13–S24. doi:10.1016/j.ajic.2010.04.208.
- Menéndez López, B. (2021) 'Sobre la desinfección de superficies por radiación UVC: un análisis numérico y experimental'. Disponible en: <https://repositorio.unican.es/xmlui/handle/10902/22712> (Accessed: 28 December 2021).
- Napolitano, N.A., Mahapatra, T. y Tang, W. (2015) 'The effectiveness of UV-C radiation for facility-wide environmental disinfection to reduce health care-acquired infections', *American Journal of Infection Control*, 43(12), pp. 1342–1346. doi:10.1016/j.ajic.2015.07.006.
- Nerandzic, M.M. et al. (2015a) 'Evaluation of a Pulsed Xenon Ultraviolet Disinfection System for Reduction of Healthcare-Associated Pathogens in Hospital Rooms', *Infection Control & Hospital Epidemiology*, 36(2), pp. 192–197. doi:10.1017/ice.2014.36.
- Nerandzic, M.M. et al. (2015b) 'Evaluation of a Pulsed Xenon Ultraviolet Disinfection System for Reduction of Healthcare-Associated Pathogens in Hospital Rooms', *Infection Control & Hospital Epidemiology*, 36(2), pp. 192–197. doi:10.1017/ice.2014.36.
- Nerandzic, M.M., Fisher, C.W. y Donskey, C.J. (2014) 'Sorting through the Wealth of Options: Comparative Evaluation of Two Ultraviolet Disinfection Systems', *PLoS ONE*. Edited by P. Setlow, 9(9), p. e107444. doi:10.1371/journal.pone.0107444.
- Riley, R.L. y Permutt, S. (1971) 'Room Air Disinfection by Ultraviolet Irradiation of Upper Air', *Archives of Environmental Health: An International Journal*, 22(2), pp. 208–219. doi:10.1080/00039896.1971.10665834.
- Rutala, W.A., Gergen, M.F. y Weber, D.J. (2010) 'Room Decontamination with UV Radiation', *Infection Control & Hospital Epidemiology*, 31(10), pp. 1025–1029. doi:10.1086/656244.
- Rutala, W.A. y Weber, D.J. (2013) 'Disinfectants used for environmental disinfection y new room decontamination technology', *American Journal of Infection Control*, 41(5 SUPPL.), pp. S36–S41. doi:10.1016/j.ajic.2012.11.006.
- Rutala, W.A. y Weber, D.J. (2019) 'Best practices for disinfection of noncritical environmental surfaces y equipment in health care facilities: A bundle approach', *American Journal of Infection Control*, 47, pp. A96–A105. doi:10.1016/j.ajic.2019.01.014.
- Shin, J.-Y. et al. (2016) 'Fundamental Characteristics of Deep-UV Light-Emitting Diodes y Their Application To Control Foodborne Pathogens', *Applied y Environmental Microbiology*. Edited by C.A. Elkins, 82(1), pp. 2–10. doi:10.1128/AEM.01186-15.
- Song, K., Taghipour, F. y Mohseni, M. (2018) 'Microorganisms inactivation by continuous y pulsed irradiation of ultraviolet light-emitting diodes (UV-LEDs)', *Chemical Engineering Journal*, 343(March), pp. 362–370. doi:10.1016/j.cej.2018.03.020.
- Spencer, M. et al. (2017) 'A model for choosing an automated ultraviolet-C disinfection system y building a case for the C-suite: Two case reports', *American Journal of Infection Control*, 45(3), pp. 288–292. doi:10.1016/j.ajic.2016.11.016.
- Tran, T. et al. (2014) 'Comparison of continuous versus pulsed ultraviolet light emitting diode use for the inactivation of *Bacillus globigii* spores', *Water Science y Technology*, 70(9), pp. 1473–1480. doi:10.2166/wst.2014.395.
- Tseng, C.C. y Li, C.S. (2005) 'Inactivation of virus-containing aerosols by ultraviolet germicidal irradiation', *Aerosol Science y Technology*, 39(12), pp. 1136–1142. doi:10.1080/02786820500428575.
- Wengraitis, S. et al. (2013) 'Pulsed UV-C Disinfection of *Escherichia coli* With Light-Emitting Diodes, Emitted at Various Repetition Rates y Duty Cycles', *Photochemistry y Photobiology*, 89(1), pp. 127–131. doi:10.1111/j.1751-1097.2012.01203.x.
- Wong, T. et al. (2016) 'Postdischarge decontamination of MRSA, VRE, y *Clostridium difficile* isolation rooms using 2 commercially available automated ultraviolet-C-emitting devices', *American Journal of Infection Control*, 44(4), pp. 416–420. doi:10.1016/j.ajic.2015.10.016.

Revisión bibliométrica del aprovechamiento de la visión artificial en Suramérica al 2022

Bibliometric Review of the Utilization of Artificial Vision in South America up to 2022

Henry Alfonso GARZÓN-SÁNCHEZ ¹

¹ Centro de Gestión de Mercados, Logística y Tecnologías de la Información CGMLTI. Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. Calle 52 #13-65. Bogotá, Colombia. henry.garzon@misena.edu.co

Resumen

El propósito de este artículo es revisar las tendencias y aplicaciones presentes en el campo de la visión artificial en diferentes sectores de países suramericanos, con el fin de proporcionar un referente que contribuya y auxilie al lector en el análisis de la evolución o línea de tiempo necesaria para aprovechar la visión artificial. Se lleva a cabo una revisión de publicaciones disponibles y recientes que incluyen la recopilación de datos del mercado de la inteligencia artificial, tanto en el entorno industrial como científico, con el objetivo de identificar el nivel de explotación que tiene la visión artificial en países suramericanos y, por ende, los retos a enfrentar.

Palabras clave: Inteligencia Artificial; Visión Artificial; Visión Computarizada; Procesamiento de imágenes, Patentes en Suramérica.

Abstract

The purpose of this article is to review the trends and applications in the field of artificial vision in different sectors of South American countries, aiming to provide a reference that contributes to and assists the reader in analyzing the evolution or timeline necessary for leveraging artificial vision. A review of available and recent publications is carried out, including the collection of data from the artificial intelligence market in both industrial and scientific environments, with the goal of identifying the level of exploitation that artificial vision has in South American countries and, consequently, the challenges to be faced.

Keywords: Artificial Intelligence, Artificial Vision, Computer Vision, Image Processing, Patents in South America.

Recepción:

24 / nov / 2022

Aceptado:

05 / oct / 2023

Citar como (APA):

Garzón-Sánchez, H.A. (2022). Revisión bibliométrica del aprovechamiento de la visión artificial en Suramérica al 2022. Revista RETO, 10(1), p. 22-32. <https://doi.org/10.23850/reto.v10i1.5742>

Licenciamiento:



Introduction

Dentro de las áreas tecnológicas de la inteligencia artificial, la visión por computadora (conocida como “computer vision”) o visión artificial es una de las más desarrolladas. Por esta razón, tiene un enorme potencial para su explotación y utilización, no solo en los ámbitos comerciales e industriales, impulsándolos hacia la innovación y desarrollo, sino también en el ámbito científico. Puede ser empleada tanto como objeto de investigación central como para brindar apoyo y asistencia en la obtención de imágenes, las cuales, como datos, permiten confirmar o refutar hipótesis planteadas en diversas disciplinas.

Este artículo descriptivo-exploratorio y los resultados que conducen a su discusión consideran, en primer lugar, el uso o la aplicación global de tecnologías en el ámbito de la inteligencia artificial. Además, se centran específicamente en el uso o aplicación del campo de la visión artificial en países suramericanos.

En cuanto a su potencial como ejemplo en Norteamérica, los pronósticos para los años 2022 a 2027 del mercado de sistemas de visión artificial, según el sitio “mordorintelligence”, indican una tasa de crecimiento anual compuesta (CAGR) del 6.5%, con todas las implicaciones que esto conlleva para el desarrollo de esa región. Esto resalta la relevancia y necesidad de obtener información de este tipo para la toma de decisiones en la economía o investigación en Suramérica, especialmente en el caso de la visión artificial (Mercado de Sistemas de Visión Artificial de América Del Norte | Industria: Análisis, Tendencias, Pronóstico, Descripción General, Investigación, Oportunidad, Crecimiento y Potencial, s. f.).

Comprender el contraste en la utilización de la visión artificial entre regiones, utilizando indicadores como la producción de documentos académicos y científicos, permite identificar los retos y desafíos que deben abordarse para mejorar el uso de este campo, generando un impacto positivo en todos los ámbitos del desarrollo económico y social.

Antecedentes Generales

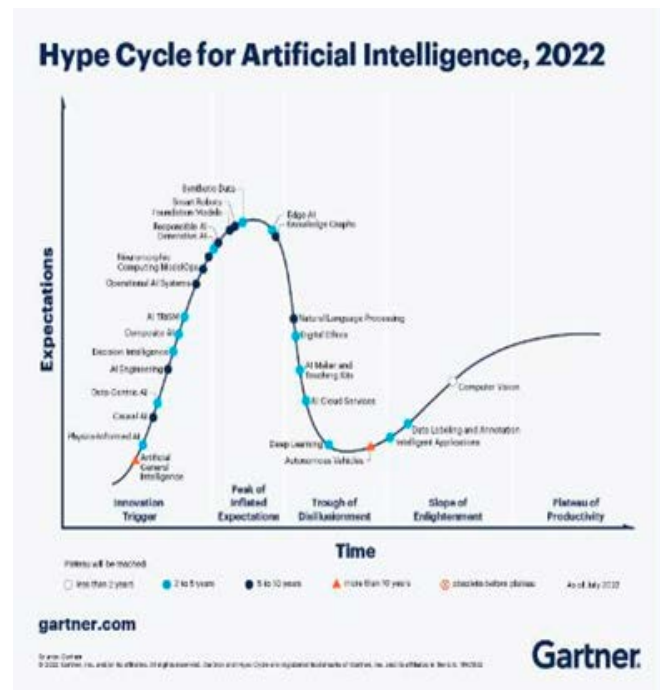


Figura 1. Ciclo de expectativas de la Inteligencia Artificial. *Nota:* Fuente: <https://www.gartner.com/en/articles/what-s-new-in-artificialintelligence-from-the-2022-gartner-hype-cycle>

La Figura 1 ilustra las oportunidades de beneficios productivos que se irán presentando en diversos campos de la inteligencia artificial en ciertos márgenes de tiempo. Algunos de estos campos requerirán un periodo de espera, ya que su desarrollo avanza a diferentes velocidades. Hay áreas que tomarán más de diez años para alcanzar su nivel estable de productividad, como es el caso de la Inteligencia Artificial General, que se encuentra en plena fase de innovación. Por otro lado, los vehículos autónomos generan cierto desencanto en su trayectoria hacia la madurez productiva en el momento actual.

Además, se observa una expectativa de tiempo menor, entre cinco a diez años, para alcanzar su estabilidad productiva en los campos del Procesamiento del Lenguaje Natural y los Robots Inteligentes. Por otra parte, con un margen más corto, entre dos a cinco años para llegar a su momento estable de productividad, se encuentran áreas como la Inteligencia de Decisiones y los Sistemas Operativos de IA, entre otros.

El gráfico que se está considerando también refleja el campo denominado “Computer Vision” o visión artificial, que como se puede ver es un campo que ya ha alcanzado la suficiente madurez y, por tanto, está logrando un nivel de productividad con gran potencial.

Antes de avanzar en el artículo es necesario dejar algunos conceptos claros:

Inteligencia Artificial

La inteligencia Artificial se identifica como la industria 4.0, una revolución sin precedentes que ha venido para quedarse y a cambiar la visión del mundo; algunos expertos la definen como la capacidad que tiene una máquina o sistema, de imitar el comportamiento humano, identificando de forma rápida y exacta sus necesidades; para posteriormente resolverlas y entregar soluciones efectivas, sistemáticas y en menos tiempo. Con el paso del tiempo ha cobrado gran importancia en temas como la automatización, almacenamiento de datos, la Robótica, Realidad aumentada, Machine learning, entre otros. (Daza Cantor et al., 2021)

Visión Artificial

“La visión artificial es una disciplina cuyo principal objetivo es procesar y analizar imágenes del mundo real, con la finalidad de que estas puedan ser entendidas y tratadas por un ordenador.” (Borrella, 2022)

Como ejemplo del potencial comercial de la visión artificial tanto la literatura científica como la información en la red han dejado registros como el siguiente:

Visión artificial, la tecnología que promete una ola de startups multimillonarias. La visión artificial o por computadora es el campo tecnológicamente más maduro de la inteligencia artificial moderna. Esto está a punto de traducirse en una enorme creación de valor comercial. (Forbes Staff, 2021)

Entre 2021 y 2026, se espera un crecimiento significativo, brindando una considerable posibilidad de futuro en diversas industrias como las aplicaciones automotrices, la vigilancia y el seguimiento del comportamiento de personas, así como en los sectores de defensa y seguridad, entre otros. (Computer Vision Market Size y Share Report, 2021-2028, 2021)

Tanta es la importancia de esta tecnología que, según “IndonesIA”, la aplicación de datos y la Inteligencia Artificial en los distintos sectores industriales tendrá un impacto en el PIB español de 16,5 millones de euros en el año 2025. (Nombela, C., 2018). De lo anterior el interés de dar una mirada a países suramericanos en su conjunto sobre cómo se encuentran frente al aprovechamiento de la visión artificial.

Métodos

La metodología utilizada en el presente artículo consiste en las fases de:

- **Planeación:** En esta fase, se identifican los términos clave o puntos de acceso a la información suministrada por la herramienta Scopus (Zhang Jifenga, 2022). Estos términos se asocian tanto a países suramericanos en conjunto como, por otra parte, al resto de las regiones consideradas como una entidad única.
- **Definición de Ecuaciones:** En esta fase, se elaboran y establecen formulaciones estructuradas o ecuaciones de búsqueda, limitadas al período comprendido entre los años 2019 y 2022. Luego, estas ecuaciones se introducen en la herramienta seleccionada, Scopus.
- **Análisis de Resultados:** En esta fase, se lleva a cabo la recopilación y organización de los resultados bibliométricos de manera que posibiliten la realización de contrastes.
- **Reporte de análisis:** En esta fase se genera el reporte de análisis como insumo para la discusión.

Para la recopilación de información mediante ecuaciones estructuradas de búsqueda, se utiliza principalmente la herramienta de base de referencias bibliográficas “Scopus” del grupo editorial Elsevier. Esta plataforma abarca diversos tipos de documentos, como revistas (journals), libros, conferencias y patentes, provenientes de diversas áreas del conocimiento y sometidos a revisión por pares. Scopus es una plataforma robusta que abarca aproximadamente el 80% de la producción científica a nivel global y ofrece funcionalidades de apoyo bibliométrico.

Las ecuaciones se diseñaron y ejecutaron excluyendo o incluyendo, según fuera el caso, los siguientes países suramericanos: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, Guayana, Paraguay, Perú, Surinam, Uruguay, Venezuela. La información relacionada con estos países se obtuvo mediante ecuación de búsqueda diseñada fijando un rango entre los años 2019 al 2022 quedando con la siguiente estructura:

```
TITLE-ABS-KEY-AUTH("computervision") AND (
AFFILCOUNTRY(argentina) OR AFFILCOUNTRY
( bolivia ) OR AFFILCOUNTRY ( brasil ) OR
FFILCOUNTRY ( chile ) OR AFFILCOUNTRY (
colombia ) OR AFFILCOUNTRY(ecuador ) OR
AFFILCOUNTRY ( guayana ) OR AFFILCOUNTRY
( paraguay ) OR AFFILCOUNTRY ( Perú ) OR
AFFILCOUNTRY(surinam) OR AFFILCOUNTRY
( uruguay ) OR AFFILCOUNTRY ( venezuela ) )
AND ((PUBYEAR = 2022 OR PUBYEAR = 2021
OR PUBYEAR = 2020 OR PUBYEAR = 2019))
```

Para poder obtener la información del resto de regiones, y realizar el posterior contraste, la ecuación diseñada excluye los países suramericanos mencionados y fija un rango entre los años 2019 al 2022 quedando con la siguiente estructura:

```
TITLE-ABS-KEY-AUTH ( "computer vision"
) AND NOT AFFILCOUNTRY ( argentina
) AND NOT AFFILCOUNTRY ( bolivia )
AND NOT AFFILCOUNTRY ( brasil ) AND
NOT AFFILCOUNTRY( chile ) AND NOT
AFFILCOUNTRY ( colombia ) AND NOT
AFFILCOUNTRY ( ecuador ) AND NOT
AFFILCOUNTRY ( guayana ) AND NOT
```

```
AFFILCOUNTRY ( paraguay ) AND NOT
AFFILCOUNTRY(perú)ANDNOTAFFILCOUNTRY
( surinam ) AND NOT AFFILCOUNTRY ( uruguay
) AND NOT AFFILCOUNTRY ( venezuela ) AND
( LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2022 ) OR LIMIT-TO (
PUBYEAR , 2021 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR ,
2020 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2019 ))
```

La ecuación diseñada y que cambia según el país o región para extraer información puntual de cada uno es la siguiente tomando como ejemplo Colombia:

```
TITLE-ABS-KEY-AUTH ("computer vision") AND
AFFILCOUNTRY (colombia) AND (LIMIT-TO
(PUBYEAR, 2022) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2021)
OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2020) OR LIMIT-
TO (PUBYEAR, 2019))
```

El propósito de la ecuación es recuperar, entre los años 2019 y 2022, todos los recursos cuyos títulos, resúmenes, palabras clave, autores o instituciones estén vinculados con la visión artificial (computer vision) y que las publicaciones pertenezcan al país especificado en la ecuación en ese momento.

Resultados

Análisis descriptivo de datos bibliométricos obtenidos para regiones diferentes a Suramérica

Utilizando la herramienta de bases bibliográficas de SCOPUS se obtuvieron los resultados que se desarrollan a continuación.

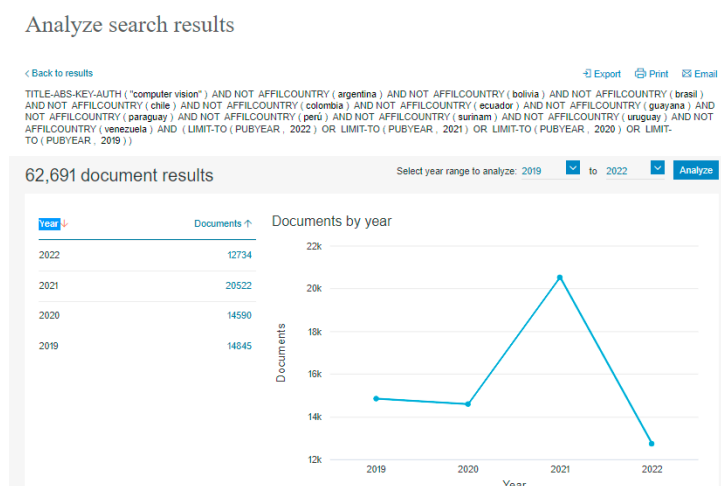


Figura 2. Curva de tendencia del uso del campo “Visión Artificial” en regiones diferentes a Suramérica

La búsqueda al aplicar la ecuación correspondiente a otras regiones arrojó un total de 62.691 resultados relacionados con “Visión Artificial” (Computer Vision) mostrando una drástica caída postpandemia según los datos bibliométricos.

Affiliation		Funding sponsor		Country/territory	
☐ Chinese Academy of Sciences	(1,676) >	☐ National Natural Science Foundation of China	(9,460) >	☐ China	(20,529) >
☐ University of Chinese Academy of Sciences	(1,017) >	☐ National Key Research and Development Program of China	(2,325) >	☐ United States	(10,228) >
☐ Ministry of Education China	(964) >	☐ National Science Foundation	(2,251) >	☐ India	(6,611) >
☐ Tsinghua University	(872) >	☐ Fundamental Research Funds for the Central Universities	(1,327) >	☐ United Kingdom	(2,881) >
☐ Shanghai Jiao Tong University	(758) >	☐ Horizon 2020 Framework Programme	(809) >	☐ Germany	(2,735) >

Figura 3. Top 5 relacionado con “Visión Artificial” en regiones diferentes a Suramérica

En la Figura 3, se observa que China lidera en ambas categorías del top 5: instituciones donde trabajan investigadores generando conocimiento sobre visión artificial y agencias que los financian. Este dato resulta relevante para futuras discusiones, especialmente al considerar que “Suiza, los Estados Unidos, Suecia, el Reino Unido y los Países Bajos son las economías más innovadoras del mundo, según la edición de 2022 del Índice Mundial de Innovación de la OMPI, y China se acerca al décimo puesto” (Índice Mundial de Innovación, 2022).

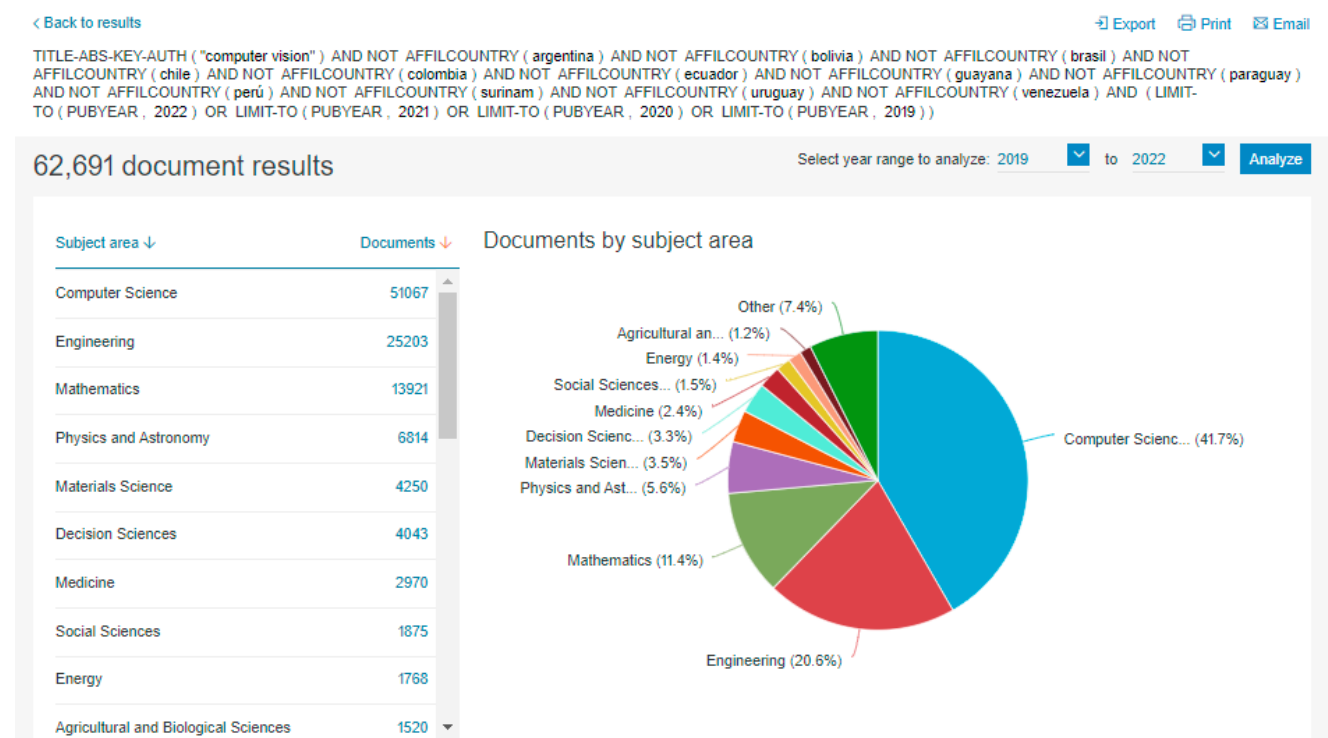
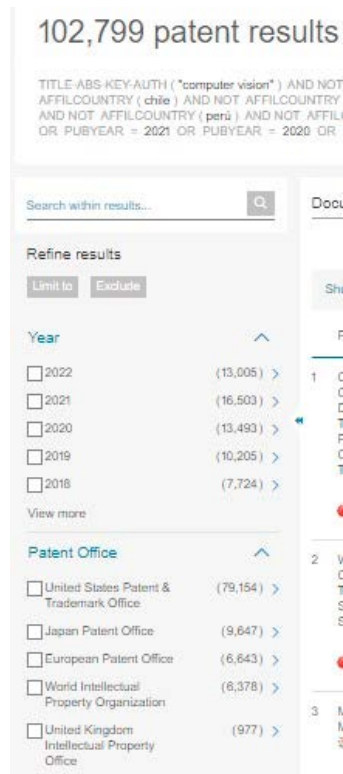


Figura 4. Top 5 áreas de aplicación de la “Visión Artificial” en regiones diferentes a Suramérica



Las áreas que tienen mayor aplicación de visión artificial en regiones diferentes a Suramérica corresponden a Ciencias de la Computación, Ingeniería en General, Matemáticas, Ciencia de materiales y Ciencia de Decisiones.

En la exploración dentro de los años 2019 a 2022 se encuentran 102,799 patentes de aplicaciones relacionadas con visión artificial en regiones diferentes a Suramérica gestionadas en las oficinas de Estados Unidos.

Figura 5. Patentes de resultados relacionados con “Visión Artificial” en regiones diferentes a Suramérica

Análisis descriptivo de datos bibliométricos obtenidos para regiones diferentes a Suramérica

Analyze search results

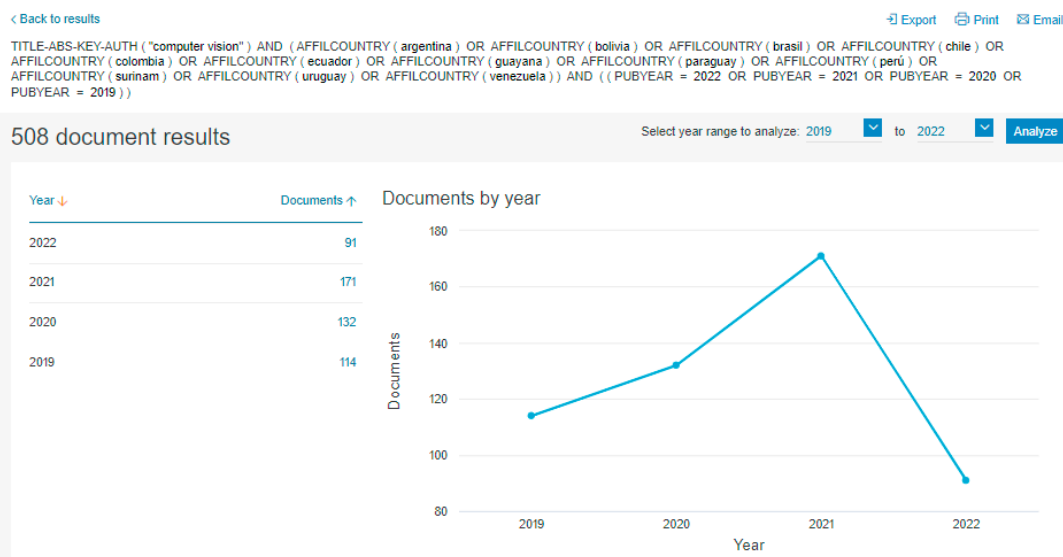


Figura 6. Curva de tendencia del uso del campo “Visión Artificial” en Suramérica.

La búsqueda al aplicar la ecuación correspondiente a Suramérica arrojó un total de 508 resultados relacionados con “Visión Artificial” (Computer Vision) en contraste con los 62.691 resultados del resto del globo e igualmente muestra una drástica caída postpandemia según los datos bibliométricos.

Affiliation		Funding sponsor		Country/territory	
☐ Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas	(31) >	☐ Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico	(22) >	☐ Colombia	(158) >
☐ Escuela Superior Politécnica del Litoral Ecuador	(25) >	☐ Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica	(17) >	☐ Ecuador	(118) >
☐ Universidad Industrial de Santander	(20) >	☐ Nvidia	(17) >	☐ Chile	(90) >
☐ Pontificia Universidad Católica del Perú	(19) >	☐ Generalitat de Catalunya	(10) >	☐ Peru	(87) >
☐ University of the Armed Forces ESPE	(19) >	☐ Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas	(8) >	☐ Spain	(66) >

Figura 7. Top 5 relacionado con “Visión Artificial” en Suramérica.

Para Suramérica se refleja en el top 5 como Argentina es el país que lidera en instituciones donde trabaja el mayor número de investigadores con generación de conocimientos en visión artificial seguido de Ecuador y Colombia. Con relación a las agencias financiadoras se encuentra Chile y en número de publicaciones lidera Colombia.

Analyze search results

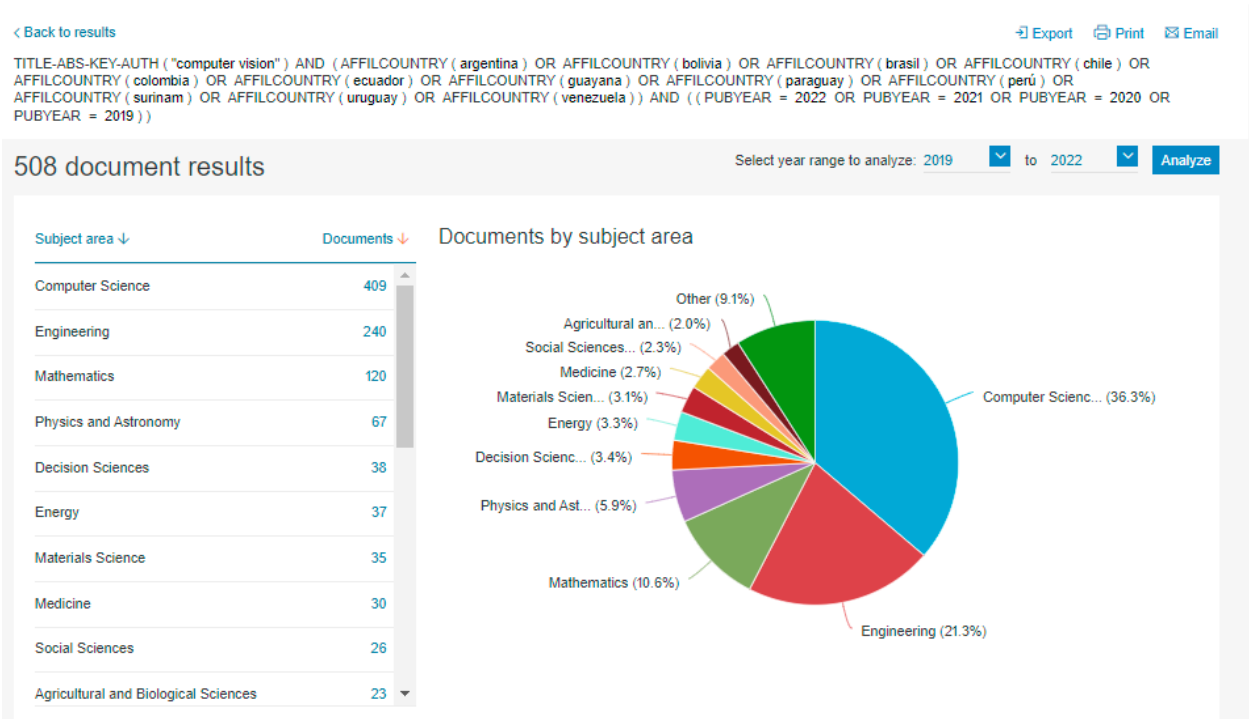


Figura 8. Top 5 áreas de aplicación de la “Visión Artificial” en Suramérica.

Las áreas que tienen mayor aplicación de la visión artificial en Suramérica son muy similares frente al resto de las regiones y corresponden a Ciencias de la Computación con un 36.3% frente a un 41.7%, Ingeniería en General con un 21.3% frente a un 20.6%, Matemáticas con 10.6% frente a un 11.4%, Física y Astronomía 5.9% frente a un 5.6%, Ciencia de Decisiones con un 3.4% frente a 3.3%, Energía con un 3.3% frente a un 3.3%.

5 patent results

TITLE-ABS-KEY-AUTH ("computer vision") A
AFFILCOUNTRY (colombia) OR AFFILCOUN
AFFILCOUNTRY (surinam) OR AFFILCOUN
PUBYEAR = 2019))

Search within results...

Refine results

Limit to Exclude

Year

☐ 2022 (2) >

☐ 2021 (2) >

☐ 2020 (1) >

Patent Office

☐ United States Patent & Trademark Office (5) >

Limit to Exclude

En la exploración dentro de los años 2019 a 2022 se encuentran 5 patentes de aplicaciones relacionadas con visión artificial en Suramérica gestionadas en las oficinas de Estados Unidos frente a 102.799 en el resto de las regiones.

Figura 9. Patentes asociadas a publicaciones de “Visión Artificial” en Suramérica.

Contraste de la Revisión bibliométrica del aprovechamiento de la visión artificial en Suramérica al 2022 (2019-2022)														
DOCUMENTOS	SURAMÉRICA													OTRAS REGIONES
	52	3	0	90	158	118	0	0	87	0	0	0	508	62.691
PATENTES	SURAMÉRICA													OTRAS REGIONES
	0	0	0	0	3	0	0	0	2	0	0	0	5	102.799

Figura 10. Documentación y patentes sobre “Visión Artificial” en Suramérica entre 2019 y 2022, extraído de Scopus.

Sumado a la obtención de la anterior información también es de valor para la discusión incluir los resultados que ha presentado el “índice Mundial de Innovación 2022” con relación a la clasificación de los países en ese aspecto.

Clasificación del Índice Mundial de Innovación 2022		
Clasificación Índice Mundial	Economía	Puntuación
1	Suiza	64,6
2	Estados Unidos de América	61,8
3	Suecia	61,6
4	Reino Unido	59,7
5	Países Bajos	58,0
6	República de Corea	57,8
7	Singapur	57,3
8	Alemania	57,2
9	Finlandia	56,9
10	Dinamarca	55,9
11	China	55,3
12	France	55,0

Clasificación del Índice Mundial de Innovación 2022 (Suramérica)		
Clasificación Índice Mundial	Economía	Puntuación
50	Chile	34,0
54	Brasil	32,5
63	Colombia	29,2
64	Uruguay	29,2
65	Perú	29,1
69	Argentina	28,6
91	Paraguay	22,7
98	Ecuador	20,3
-	Bolivia	-
-	Guayana	-
-	Surinam	-
-	Venezuela	-

Figura 11. Patentes asociadas a publicaciones de “Visión Artificial” en Suramérica. *Nota:* Fuente: Extraído de la Base de datos del Índice Mundial de Innovación, OMPI, 2022.

Es destacable observar que la posición de Chile en Suramérica en términos de innovación se refleja en los resultados de la exploración realizada para este artículo, ubicándose en el primer lugar en cuanto a agencias financiadoras de proyectos de Inteligencia Artificial. Esto sugiere que es uno de los factores que contribuye al aprovechamiento de estas tecnologías en el país.

Discusión

Para comenzar las discusiones, es esencial comprender el concepto de patente: “La patente es un título de propiedad otorgado por el estado, que da a su titular el derecho de explotar e impedir temporalmente a otros la fabricación, venta o utilización comercial de la invención protegida” (SIC., 2019).

Al analizar la información recopilada mediante las ecuaciones estructuradas de búsqueda en la herramienta Scopus, se observa una baja participación de la región suramericana en investigación, y por ende, en la industria y el mercado de patentes relacionadas con la visión artificial.

De los 63,199 resultados de documentos revisados por pares, la región es responsable de tan solo el 0.8%, y de las 102,804 patentes otorgadas en este campo, la región contribuye con apenas el 0.00005%. Estos resultados destacan una clara debilidad y plantean la necesidad de identificar los factores que impiden alcanzar o superar los logros de otras regiones, así como ajustarlos para aumentar los beneficios futuros en el desarrollo económico y social de la región mediante esta tecnología.

Es crucial abordar esta situación con prontitud, considerando que los campos de la inteligencia artificial se han convertido en el motor más importante de desarrollo en los planes de gobierno a nivel mundial. Se estima que la IA contribuirá con 15.7 billones de dólares a la economía global para 2030, y actualmente existen 40 planes nacionales de IA en ejecución en todo el mundo.

A partir de los datos obtenidos, surgen algunas reflexiones e hipótesis sobre las posibles razones detrás de la débil participación de la región

suramericana en la explotación de la visión artificial. ¿Qué obstáculos específicos enfrentan los países suramericanos? ¿No se generan resultados o productos lo suficientemente buenos para ser reconocidos o patentados? ¿Los mecanismos para gestionar patentes carecen de la eficiencia y eficacia necesarias para estimular a los creadores en la región? ¿Existe falta de estímulo para invertir, tanto en el sector estatal como privado, debido a la percepción de esta tecnología como de alto riesgo?

En cuanto a los mecanismos para gestionar patentes, podría ser que los vacíos legales, administrativos u operativos en los procesos de registro de patentes lleven a buscar oportunidades más allá de la región para explotar adecuadamente los resultados en áreas de la inteligencia artificial, especialmente en el caso de la visión artificial.

Un factor a considerar como posible causa es la velocidad con la que se desarrolla la tecnología y sus diversas aplicaciones en constante cambio, lo que puede obstaculizar la estabilidad en la normativa y generar desconcierto o descontento en las partes interesadas. Esto podría alejar la inversión en los resultados o impulsar la búsqueda de nuevos escenarios. Por tanto, para fomentar una sana competencia, se deben asegurar mecanismos de propiedad intelectual claros y ágiles que brinden garantías e incentiven la innovación. Esto puede requerir la creación de nuevas políticas y derechos que surgen frente a la disrupción presentada por las nuevas tecnologías.

Además, considerando que “por el derecho de la integración se constituyen procesos que requieren la armonización de los distintos ordenamientos, con la incorporación de nuevas normas, y repercuten en la legislación interna y manejo de temas tan relevantes en la actualidad como es la propiedad intelectual” (Ceballos Molano, 2016), se sugiere revisar los procesos de integración en la región.

Dado que la visión artificial es un campo maduro, su incorporación en soluciones o proyectos tecnológicos puede mitigar riesgos en comparación con otros campos menos desarrollados. Esto debería servir como un estímulo para la inversión en investigación, innovación y desarrollo en la región.

Las tres principales economías innovadoras por región

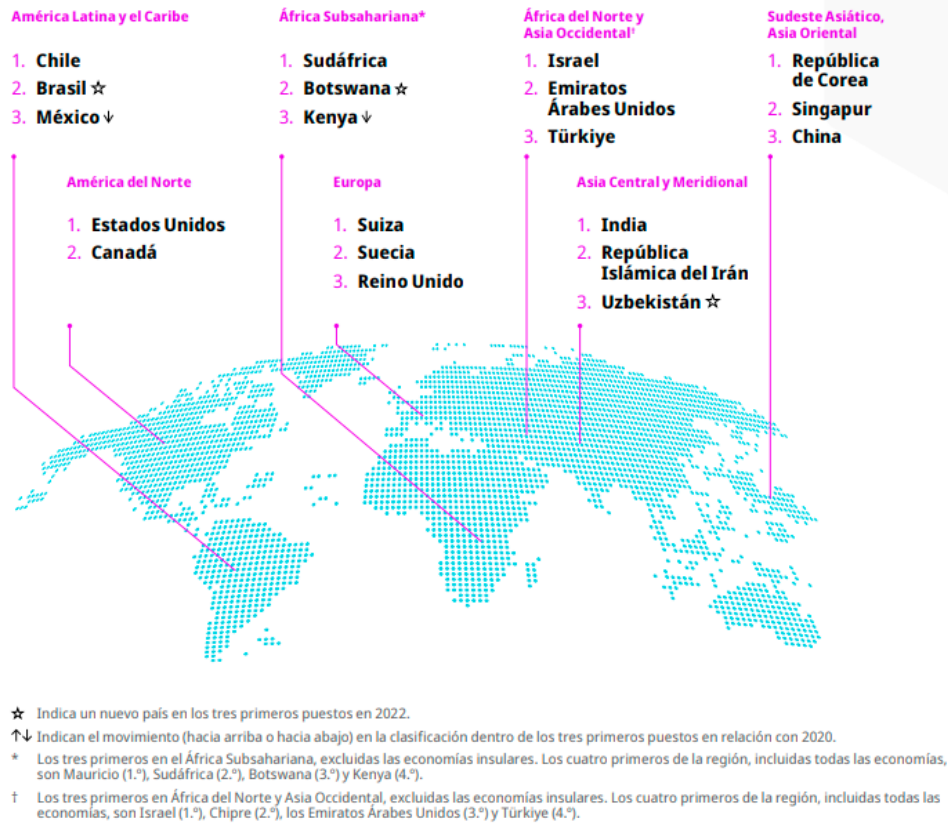


Figura 12. Las tres principales economías innovadoras por región.
 Nota: Fuente: Base de datos del Índice Mundial de Innovación, OMPI, 2022.

Como señala el Índice Mundial de Innovación 2022 pese a que existe pesimismo frente a la ralentización o lentitud que se ha reflejado en el periodo postpandemia se espera con relación a la inteligencia artificial (IA) utilizada para la innovación y el incremento de la productividad lo siguiente:

[...] una incipiente oleada de innovación de la era digital basada en la supercomputación, la inteligencia artificial y la automatización que está a punto de generar importantes repercusiones en la productividad de todos los sectores —incluidos los servicios— y de ayudar a lograr avances en las ciencias básicas de todos los ámbitos” (Índice Mundial de Innovación, 2022)

Razón de más para impulsar el incremento de resultados tanto relacionados en general con la Inteligencia Artificial y en particular con la Visión Artificial por su madurez.

Discusión

Considerando que de los 63,199 resultados de documentos revisados por pares, la región suramericana es responsable de tan solo el 0.8%, y de las 102,804 patentes otorgadas en este campo, la región contribuye con apenas el 0.00005%, frente a una tecnología que se estima “va a contribuir con 15.7 billones de dólares a la economía global para 2030” (Recalde, 2022), el presente artículo explora posibles causas que orientan la búsqueda de soluciones. Estas causas explican por qué Suramérica no juega un papel importante tanto en el ámbito productivo industrial como en el académico en los desarrollos que involucran la visión artificial.

Algunas de estas causas incluyen: los procesos para gestionar patentes no tienen los suficientes niveles de eficiencia y eficacia para estimular a industriales, investigadores y creadores en general

a realizarlos en sus propios países; la inversión en esta área no es suficiente a nivel regional, tanto en el sector estatal como en el privado, a pesar de que la visión artificial es un campo maduro con un gran potencial productivo; los mecanismos mediante los cuales se van adaptando los marcos legales y normativos para registrar desarrollos de inteligencia artificial parecen carecer del dinamismo necesario para reconfigurarse o adaptarse a los veloces avances tecnológicos en las disciplinas de la inteligencia artificial, lo que deja vacíos legales, administrativos u operativos.

En consecuencia, algunos de los desafíos en los países suramericanos para mostrar competitividad frente al gran potencial de la visión artificial incluyen la optimización de los procesos locales de patentes, el aumento de la inversión en proyectos relacionados y la agilización de cambios en el marco legal y normativo para adaptarse a los avances de la Inteligencia Artificial de manera más dinámica.

Referencias:

- Borrella, B. (2022). *Introducción a la visión artificial. Procesos y aplicaciones*. https://eprints.ucm.es/id/eprint/74914/1/beatriz_borrella_introduction.pdf
- Daza Cantor, M. J., Orjuela Mahecha, C. A., Paredes Castañeda, D., Salamanca Cubillos, D., San Martín Rincón, Y. P., 1016013233, E. en G. de P.-V., 1013577284, E. en G. de P.-V., 1015447112, E. en G. de P.-V., 1033711680, E. en G. de P.-V., & 80221719, E. en G. de P.-V. (2021). *Impacto de la inteligencia artificial en las empresas manufactureras en Colombia*. <https://repository.uni-versidadean.edu.co/handle/10882/11331>
- Ceballos Molano, R. (2016). *Los tratados de libre comercio y los derechos de propiedad intelectual: una política de integración comercial en Colombia**. REVISTA IUS, 8(33), 223–256. <https://doi.org/10.35487/rius.v8i33.2014.139>
- Computer Vision Market Size & Share Report, 2021-2028. (2021). <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/computer-vision-market>
- Forbes Staff. (2021). *Visión artificial, la tecnología que promete una ola de startups multimillonarias*. <https://forbes.co/2021/03/09/editors-picks/vision-artificial-latecnologia-que-promete-una-ola-de-startups-multimillonarias/>
- Índice Mundial de Innovación 2022: Suiza, los Estados Unidos y Suecia lideran la clasificación del Índice Mundial de Innovación; China se acerca al puesto 10; ascenso rápido de la India y Türkiye; la innovación centrada en la incidencia, necesaria en tiem. (n.d.). Retrieved October 6, 2022, from https://www.wipo.int/press-room/es/articles/2022/article_0011.html
- Mercado de sistemas de visión artificial de América del Norte | Industria: análisis, tendencias, pronóstico, descripción general, investigación, oportunidad, crecimiento y potencial. (n.d.). Retrieved October 1, 2022, from <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/north-american-machine-vision-systems-market-industry>
- Nombela, C. (2018). *Inteligencia Artificial: ¿en qué sectores tiene más importancia?* <https://forbes.es/empresas/42128/inteligencia-artificial-en-quesectores-tiene-mas-importancia/>
- Recalde, O., & G., I. (2022). *Análisis comparativo de planes nacionales de inteligencia artificial*. <http://repositorio.udes.edu.ar/jspui/handle/10908/19672>
- SIC. (2019). *Pasos para solicitar una patente | Superintendencia de Industria y Comercio*. Sic. <https://www.sic.gov.co/pasos-para-solicitar-una-patente>
- Zhang Jifenga, Zilundu Prince Last Mudenda, Zhang Wenbin, Yu Guangyin, Li Sumeia, Zhou Lihua, & Guo Guoqing. (2022). *Scopus preview - Scopus - Welcome to Scopus*. <https://www.scopus.com/home.uri>

El acceso a la información como primer escalón en las etapas de inversión para la reducción efectiva de consumo de energía

Access to information as the first step in the investment stages for the effective reduction of energy consumption

Vladimir Camilo DUCÓN-SOSA ¹
Juan Carlos AMÉZQUITA-TOVAR ²

¹ Representante Legal Wavelet SAS. Bogotá, Colombia. vladimirduconsosa@gmail.com

² Tecnoparque Nodo Bogotá. Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. Calle 54 #10-39. Bogotá, Colombia. t.amezquita.juancarlos@gmail.com

Recepción:

24 / nov / 2022

Aceptado:

14 / nov / 2023

Citar como (APA):

Ducón-Sosa, V.C. y Amézquita-Tovar, J.C. (2022). El acceso a la información como primer escalón en las etapas de inversión para la reducción efectiva de consumo de energía. Revista RETO, 10(1), p. 33-43. <https://doi.org/10.23850/reto.v10i1.6159>

Licenciamiento:



Resumen

Hoy en día, el mundo y Colombia se enfrentan a una de las crisis más visibles e impactantes debido al aumento de la temperatura. Esta crisis nos hace cuestionarnos sobre cómo vamos a enfrentar los próximos 50 años. Bueno, algunos síntomas son realmente notorios desde la perspectiva ambiental. El cambio climático es un hecho con el que vamos a vivir, y no va a desaparecer en el corto plazo. El aumento de la temperatura de la tierra traerá consigo numerosos inconvenientes. Algunas de ellas se han manifestado desde hace algunos años. El rápido cambio de la temperatura está provocando sequías severas, inundaciones, tormentas eléctricas, tornados, erosión del suelo, huracanes, calor extremo, incendios forestales y otro tipo de desastres naturales. Estas situaciones son producidas por un desequilibrio en el equilibrio energético de la tierra. Este desequilibrio es, sin duda, causado por la acción humana como resultado de las actividades económicas aceleradas.

Por lo tanto, estamos tratando de entender el marco general de las causas y posibles soluciones para la vida humana en la tierra durante los próximos 100, 50 o 20 años. ¿Cómo podemos, como principal causa del daño al hábitat, mitigar algunos de estos problemas importantes y relevantes que creamos y que ponen en peligro nuestra supervivencia en el planeta tierra?

Este documento proporciona información específicamente sobre la cadena de suministro de energía eléctrica y agua. Trata de describirlo desde una perspectiva general o global hasta una perspectiva local o regional. Vamos a fomentar el reconocimiento de

cómo se proporcionan estos recursos relevantes y cómo todo el proceso puede contribuir a la emisión de gases de efecto invernadero o afectar la sostenibilidad de las comunidades.

Este documento también enfatizará lo importante que es reconocer y entender el problema desde diferentes perspectivas para comenzar a sugerir soluciones utilizando tecnologías 4.0 como herramientas eficientes para comenzar a tomar medidas para mitigar algunas de las causas a nivel local. El potencial de optimizar el uso de recursos y reducir.

Palabras clave: Acceso a la información, transformación energética, descentralización, digitalización, democratización, descarbonización, modelos de negocio, sectorización, Internet de las cosas, Big data y analítica de datos, inteligencia artificial, sectores de la economía, desperdicio, consumo energía, consumo de agua.

Palabras clave: Acceso a la información, transformación energética, descentralización, digitalización, democratización, descarbonización, modelos de negocio, sectorización, Internet de las cosas, Big data y analítica de datos, inteligencia artificial, sectores de la economía, desperdicio, consumo energía, consumo de agua.

So, we are trying to understand the general framework of the causes and possible solutions for human live in the earth for the next 100, 50 or 20 years. How can we, as main cause of the habitat damage, could mitigate some of these important and relevant problems that we create and jeopardize or survival in the planet earth.

This document provides information specifically about the supply chain of electric power and water. Trying to describe it from general or global perspective to a local or regional one. We are going to foster the recognition of how these relevant resources are been provided and how the whole process can contribute to the emission of greenhouse gases or impact the sustainability of the communities.

This document is also going to emphasize how important is to recognize and understand the problem from different perspectives to start to suggest solutions using 4.0 technologies as efficient tools to start to take action to mitigate some of the causes at local context. The potential of optimize the use resources and reduce.

Keywords: Access to Information, Energy Transformation, Decentralization, Digitalization, Democratization, Decarbonization, Business Models, Sectorization, Internet of Things, Big Data and Data Analytics, Artificial Intelligence, Economic Sectors, Waste, Energy Consumption, Water Consumption.

Abstract

Today, the world and Colombia are facing one of the most visible and impacting crisis due to the temperature rising. This crisis is making question us, how we are going to make it the next 50 years. Well, some symptoms are notorious, from the environment perspective. Climate change is a fact that we are going to live with and is not going to disappear any time soon. The rising temperature of the earth is going to bring a numerous inconvenient. Some of them have shown since some years ago. The rapidly change of the temperature is bringing severe droughts, floods, electric storms, tornados, erode soils, hurricanes, extreme heat, wildfires, and another sort of natural disasters. These situations are produced by unbalance in the earth energetic equilibrium. This unbalance is undoubtedly produced by human action because of the accelerated human economy activities.

Energía eléctrica

El consumo de energía eléctrica abarca la mayor parte de las actividades humanas. Para entender la problemática del desperdicio de este recurso, es necesario inicialmente, conocer el contexto de los principales factores de la cadena de abastecimiento de la energía a nivel macro (mundial) y concluir en un contexto local. Esto permitirá definir, dimensionar y validar los impactos y alcances de la solución propuesta.

El Acuerdo de París (2015) refleja la necesidad de abordar el cambio climático y de acelerar e intensificar las inversiones necesarias para lograr un futuro sostenible con bajas emisiones de carbono. El sector energético, y en particular el de la energía eléctrica, se encuentra entre los sectores con mayores emisiones de CO₂ y, además, requiere un uso intensivo de recursos naturales para su generación.

El vertiginoso crecimiento económico a demandado el uso, igualmente vertiginoso, de los recursos naturales, y ha impulsado los consecuentes impactos ambientales. Estos aspectos ahora se consideran una amenaza para la supervivencia de la raza humana. Eventos naturales innumerables, como tornados, inundaciones, sequías extremas y prolongadas, incendios forestales, entre otros, están empezando a volverse muy recurrentes, indicando la transición hacia una época de inestabilidad y variabilidad climatológica para la cual ni los seres humanos ni las demás especies que habitan el planeta tierra están preparados.

Considerando la necesidad de mitigar estos impactos, es crucial reconocer el proceso de transformación de los recursos en energía eléctrica para su disposición al consumidor. De esta manera, es posible validar la existencia y magnitud del problema para poder identificar localmente una posible solución.

Para proporcionar energía eléctrica al usuario final, la cadena de suministro de energía se compone primordialmente de tres actividades: 1. La generación, 2. La transmisión y 3. La distribución. Estos son los pasos para llegar finalmente al consumo de la energía. En todos los puntos de la cadena, hay ineficiencias

a nivel técnico y operativo, pero también a nivel administrativo. Cada unidad energética consumida tuvo que ser generada en una planta y transportada desde ese lugar hasta los hogares o empresas mediante líneas de transmisión y distribución, lo que implica pérdidas energéticas y, consecuentemente, pérdidas de los recursos naturales utilizados en la producción de esa energía.

Así, el consumo ineficiente de energía eléctrica se replicará en todos los puntos de la cadena de suministro de la energía y representará grandes pérdidas de recursos naturales, dependiendo del tipo de planta que esté produciendo la energía.

De acuerdo con la IEA (International Energy Agency), para 2017, el total de la producción de energía de acuerdo a su fuente de producción se describe tal como se aprecia en la Figura 1.

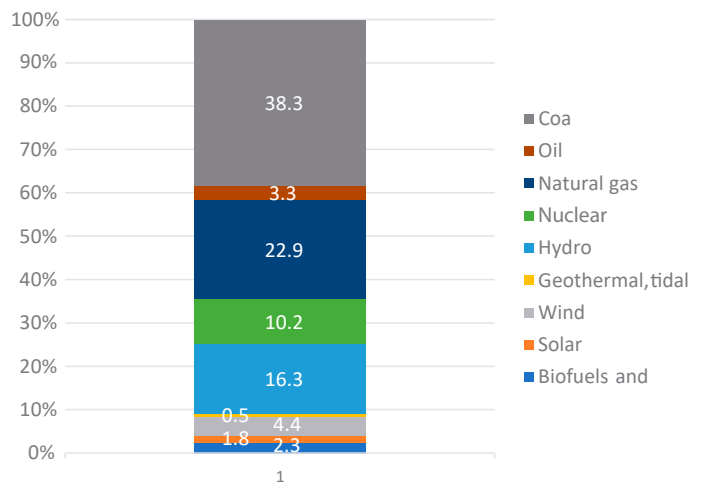


Figura 1. Producción mundial bruta de electricidad por fuente, 2017

Esto indica que, para el año 2017, la principal fuente para producir energía en el mundo era el carbón, representando el 38% del total de las fuentes, seguido por el gas natural con un 23%, las hidroeléctricas con un 16%, la energía nuclear con un 10%, la energía eólica con un 4% y la energía solar con un 2%. Además, en la Figura 2, se aprecia la evolución del uso de diferentes fuentes de energía desde 1974 hasta el año 2018 (International Energy Agency, 2020).

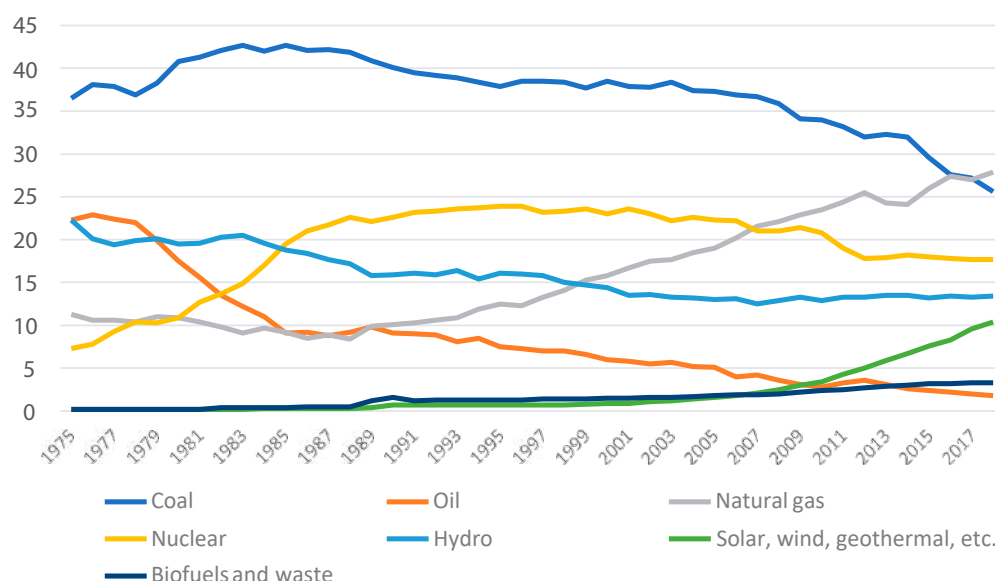


Figura 2. Evolución producción mundial de energía por fuente. *Nota:* Producción bruta de electricidad de la OCDE por fuente, 1974-2018 (%)

Esto muestra que a pesar de que el uso de fuentes como el carbón, el gas natural y la energía nuclear va en descenso, aún siguen siendo las principales fuentes energéticas a nivel mundial.

Según la Asociación Colombiana de Generadores de energía eléctrica (Acolgen, 2020), la matriz de generación de la energía eléctrica en Colombia se presenta según la Figura 3.

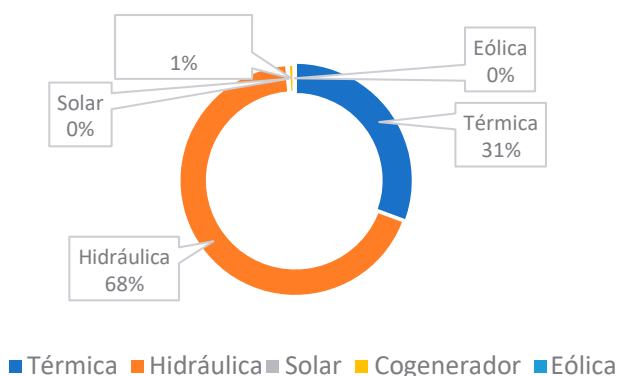


Figura 3. Matriz de generación de energía en Colombia, 2017

Según la Figura 3, en Colombia el 68.3% de la producción de energía proviene de hidroeléctricas, mientras un 30.7% proviene de centrales termoeléctricas. La implementación de las energías renovables como lo son la eólica y la

solar, aunque incipientes, son las que presentan un mayor crecimiento y se espera que tengan una mayor participación en la matriz. Esta distribución indica que Colombia tiene una dependencia del 99% del agua para la producción de la energía, en la generación por hidroeléctricas y por termoeléctricas.

Entonces, el agua y el carbón son los recursos naturales más utilizados en Colombia para el suministro de energía. Según Dahl y Martins (2019), la cantidad de recursos relacionados a la producción de la energía eléctrica de acuerdo con las diferentes formas de generación, se muestran en la Tabla 1.

Para la producción de energía por termoeléctrica (carbón), según las diferentes fuentes, hay un promedio de consumo de 116730 Litros de agua por cada MWh o 116 Litros de agua por cada kWh. En el caso de la producción por hidroeléctrica, se llegan a consumir hasta 10 millones de litros de agua por cada MWh ó 10.000 Litros de Agua por cada kWh.

De acuerdo con U.S Energy Information Administration (EIA) las emisiones de dióxido de carbono CO₂ de acuerdo con el tipo de generación es como se ve en la Tabla 2.

Tabla 1

Water withdrawal per literature source/energy source/technology (L/MWh)		Inhaber, 2004	Macknick et al., 2012 (1)	Macknick et al., 2012 (2)	Macknick et al., 2012 (3)	Davies et al. (2013) (1)	Davies et al. (2013) (2)	Davies et al. (2013) (3)	Davies et al. (2013) (4)	Davies et al. (2013) (5)	Davies et al. (2013) (6)	Davies et al. (2013) (7)
Coal	OT	78,000	137,600	102,539	85,512			180,000				
	OT + CCS											
	Tower		3804	2222	2400			4500				
	Tower + CCS		5031	4342								
	Pond low											
	Pond high		46,277	67,812	56,955							
	Hybrid											
	Dry											
	IGCC		1488	2430				1000			2200	
	IGCC Hybrid											
	IGCC with CCS											

Producción de energía eléctrica según la fuente.
Nota: Tomado de: Dahl y Martins (2019)

Tabla 2

U.S. electric utility and independent power electricity generation and resulting CO2 emissions by fuel in 2018

	Electricity generation	CO2 emissions		
	million kWh	million metric tons	million short tons	pounds per kWh
Coal	1,124,638	1,127	1,240	2.21
Natural gas	1,246,847	523	575	0.92
Petroleum	21,860	21	23	2.11

Electricity generation is **net electricity generation**.

Includes electricity-only power plants. **Combined heat and power plants** are excluded because some of their CO2 emissions are from heat-related fuel consumption.

Generación de electricidad y emisiones resultantes de CO2 por parte de las empresas de servicios públicos eléctricos y de energía independiente en los Estados Unidos en 2018. *Nota:* Tomado de EIA

Esto quiere decir que en la generación de cada kWh¹ a través de una termoeléctrica se emiten alrededor 2.21 libras 1.0024kg de CO2 al medio ambiente. Adicionalmente, se producen gases de efecto invernadero como ácido de sulfuro y gas metano.

Según Ronny Sandoval (2014), director de EDF Grid Modernization en Estados Unidos, la eficiencia de producción de energía eléctrica a través de hidroeléctricas y termoeléctricas es del 90% y 33%, respectivamente. Además, en la transmisión de la energía se registran pérdidas de alrededor del 10%, y otro 8% en la distribución

a baja tensión para llegar al consumidor final (Trader, 2004). Esto implica que un rendimiento de aproximadamente el 27% (en el caso de plantas termoeléctricas) es lo que realmente se puede consumir, mientras que el resto, el 73% de la energía, se pierde, y consecuentemente, el 73% de los recursos utilizados en la generación también se pierden.

Hasta este momento, se han examinado las principales fuentes de generación de energía en Colombia, el tipo de recursos y la cantidad necesaria para la producción. Además, se han considerado las ineficiencias en las diferentes etapas de la

1 El kilovatio hora (kWh) es la unidad que expresa la relación entre energía y tiempo. Esta es la que se utiliza para medir el consumo de energía en kilovatios por hora. Actualmente, el kWh es el que utiliza el sector energético para facturar a los consumidores su gasto tanto de luz. (SELECTRA, 2020)

cadena de suministro (generación, transmisión y distribución), llegando a la conclusión de que en este proceso se pierde aproximadamente una cuarta parte de los recursos. Ahora, en la fase de consumo, también se observan desperdicios o mal uso de la energía.

Según el Ministerio de Minas y Energía de Colombia en su plan de acción indicativo de eficiencia energética PAI PROURE 2017 – 2022 (2016), el sector terciario de la economía en Colombia tiene una participación del 7% del consumo energético. En este sector terciario donde las instalaciones son mayoritariamente edificios de oficinas destinadas a diferentes tipos de empresas y el sector educativo, tiene una distribución de consumo de energía eléctrica por usos, tal como se aprecia en la Figura 4.

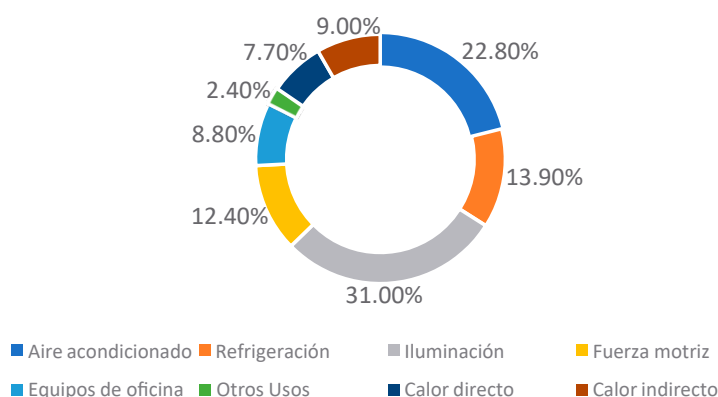


Figura 4. Distribución de consumo de energía por uso

Según el mismo informe, las auditorías energéticas estimaron un potencial de ahorro de este subsector de alrededor de un 40% sobre la línea base de consumo de electricidad. Este potencial, se encuentra distribuido en mejoras en iluminación, que puede estar entre el 8% y el 13%, optimización del aire acondicionado entre un 10% y 18% y ofimáticos en un 5%. Adicionalmente, hay un potencial estimado por cuenta de readecuaciones arquitectónicas de entre un 10 a 15%.

En el ejercicio de validación llevado a cabo en el marco del curso Taller de Grado I del MBA (Ducón, 2019), se llevaron a cabo entrevistas a varias personas, pertenecientes a la comunidad educativa, para conocer su relación con el uso de la energía eléctrica. Se solicitó a los entrevistados

que calificaran con un porcentaje el nivel de desperdicio de energía según lo que observaban en su entorno laboral. El promedio de la calificación del nivel de desperdicio otorgado por las personas se situó alrededor del 34%.

El principal resultado desde el punto de vista cualitativo corresponde a que la mayor parte las personas creen que hay un gran nivel de desperdicio dentro de las actividades de las universidades.

Retos de la transformación energética

Según el Plan Energético Nacional 2020 – 2050, presentado en el año 2020 por la unidad de planeación minero-energética UPME, los principales retos de la transformación energética son: La descentralización, la descarbonización y la digitalización.

La descentralización rompe con uno de los paradigmas del sector energético: las cadenas de valor verticales y las economías a escala.

- Diferentes soluciones para el mismo problema
- Más participantes de diferentes tamaños
- Usuario final con mayor poder de decisión

Nuevos y dispersos modelos de negocio deben aportar valor a los diferentes puntos de la cadena de abastecimiento. Anteriormente, la compañía ISA estaba a cargo de las tres principales fases del abastecimiento de energía. Una falla hizo vulnerable y totalmente dependiente el sistema energético de una sola empresa.

Hoy en día empresas como EPM se encuentran en varios puntos de la cadena de abastecimiento, tanto en la generación con Hidroituango y empresas que implementan energía solar, como en la distribución al vender directamente a las personas la energía.

La digitalización permite disponer de datos e información relevante para la toma de decisiones.

- Cambios en los patrones de consumo gracias a la automatización

- Identificación de las variables que afectan el consumo energético

La descarbonización en el contexto de una demanda y población creciente implica la sustitución de los combustibles que tienen mayor participación en la matriz energética: los combustibles fósiles.

- Impactos de la producción de energía y consumo en el medio ambiente

Aspectos importantes en la transformación energética.

- Mayor participación con los interesados, ciudadanos y otras entidades del estado
- Opciones modulares a pequeña escala con nuevas tecnologías diseminados por todo el territorio
- Multiplicidad de agentes de diferentes tamaños, intereses y formas de actuar
- Usuarios finales con más información y posibilidades
- Múltiples opciones para solucionar un mismo problema
- Análisis multidimensional que incorpora lo energético y lo ambiental

Agua

Por otra parte, se analiza el consumo del agua desde el conocimiento de la cadena de suministro. Iniciando por una exploración de la capacidad de proveer agua que tiene la tierra. Lo anterior, teniendo en cuenta que el agua es la principal materia prima de la tierra, tanto para consumo directo como para la generación de energía y producción de la mayoría de bienes y servicios.

El consumo de agua a nivel mundial ha tenido un incremento vertiginoso cada año desde 1980. Esto debido principalmente al acelerado desarrollo agroindustrial, al aumento de la población y a una irracional configuración de hábitos de consumo establecida por las grandes empresas multinacionales. Para 2050 tendremos un incremento de la demanda de agua que oscila entre el 25% y 30% respecto al año 2019. Las principales actividades que incrementarán la demanda son la industria y el consumo residencial.

Muchas personas en el mundo carecen de acceso a este recurso. Alrededor de 2000 personas tienen dificultades para obtener el líquido. Casi 4000 millones de personas sufren desabastecimiento de agua por al menos un mes al año. Este panorama tiende a encrudescerse por los ya conocidos efectos del cambio climático.

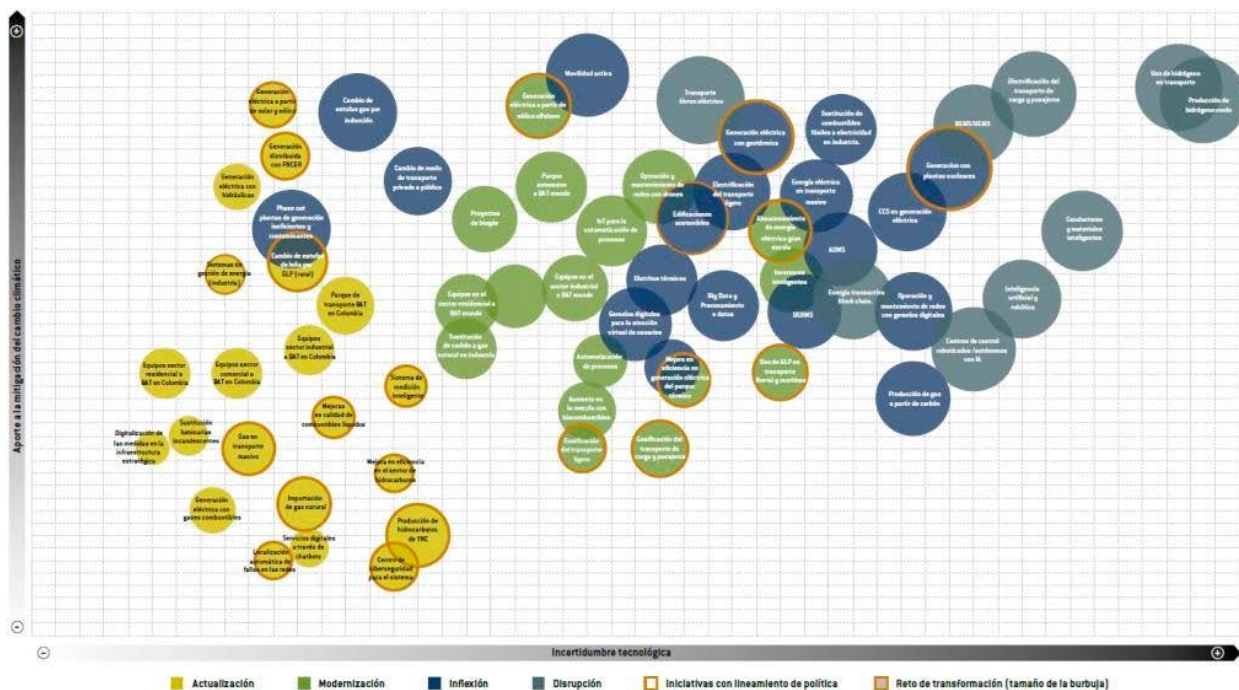


Figura 5. Proyección de la implementación de nuevas tecnologías

A continuación, se expondrán algunos de las principales características relacionadas a la disponibilidad y uso del agua, según el *Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo 2021* (2020). Esto nos permitirá dimensionar la magnitud del problema del muy probable y no tan lejano desabastecimiento global del recurso hídrico, que como ya se mencionó, ya es una realidad para miles de millones de personas alrededor del mundo.

El uso de agua fresca se ha incrementado seis veces desde hace 100 años. Continúa creciendo a una tasa de 1% anual desde 1980. Lo cual se puede apreciar en la Figura 6 (Data, 2018) En esta gráfica parece que el consumo comienza a estabilizarse o a disminuir la tasa de crecimiento de agua fresca.

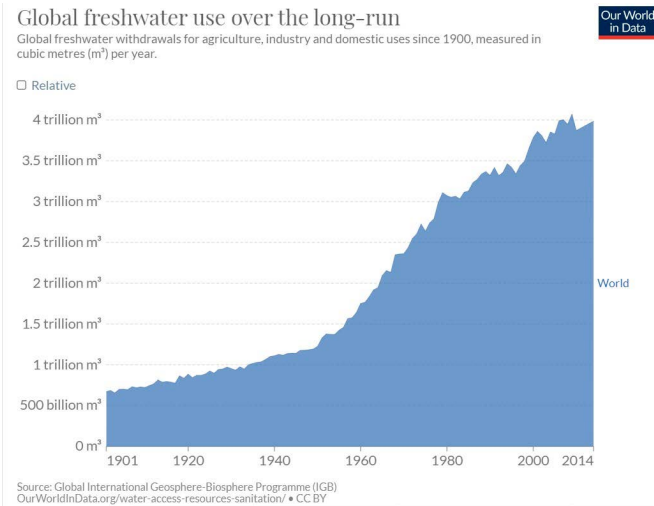


Figura 6. Uso global de agua dulce a largo plazo.
Nota: Retiros globales de agua dulce para agricultura, industria y uso doméstico desde 1900, medidos en metros cúbicos por año.

Las principales actividades que aportan en el consumo de agua fresca son: la agricultura con un 69%, en la irrigación y el almacenamiento y acuicultura. La Industria, incluyendo la generación de energía eléctrica, tiene participación del 19% y el consumo residencial 12%.

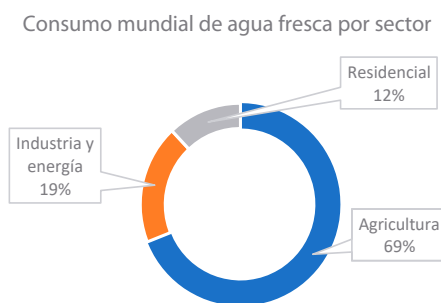


Figura 7. Consumo mundial de agua por sector

Como se puede apreciar en la Figura 7, la gran parte del agua fresca del mundo es utilizada para la irrigación de los cultivos. Es lógico que grandes esfuerzos de conservación se concentren en hacer eficiente el proceso de irrigación de los cultivos. Este tipo de iniciativas se pueden observar en ejemplos como *Efficient Irrigation and Water Conservation: Evidence from South India* (Ram, 2021), donde describen y se comprueba el uso a gran escala de tecnologías como el riego por goteo.

Según el *Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo 2021*, será muy complicado predecir el consumo de agua fresca por la agricultura para 2050, en un escenario donde la demanda de alimentos crecerá un 60% y donde la producción de alimentos irrigados crecerá en un 50% aproximadamente. Lo que es claro es que la cantidad de agua no estará disponible en estas condiciones. Es también importante destacar que se llevan a cabo diferentes iniciativas y proyectos enfocados en optimizar el uso de este recurso, acompañado del desarrollo de diversas tecnologías.

No solo es suficiente el uso eficiente del agua en sistemas de irrigación de los cultivos. También es indispensable reducir el desperdicio de alimentos en toda la cadena de abastecimiento y reducir la demanda global de alimentos. Esto, acompañado de una distribución equitativa, mejoraría el panorama del consumo vs. disponibilidad según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

Disponibilidad de agua

Tabla 3

Región	Volumen (10 km ³)	Porcentaje
Océanos	1348	97.39
Capas de hielo polares, icebergs and glaciares	27.82	.01
Aguas subterráneas y humedad del suelo	8.06	.58
Lagos y ríos	0.225	.02
Atmósfera	0.013	0.001
Total	1384	100

Volumen mundial de agua.

Según Hermann Weingartner (2016), el volumen mundial de agua es de 1384 millones de km³ y cubre el 71% de la superficie de la tierra, pero solo compone 0.23 ppm de la masa de la tierra.

El agua fresca de capas de hielo polares, icebergs, glaciares, aguas subterráneas, humedad del suelo, ríos y lagos, solo constituye un 2.6% (36 millones de km³) del volumen total, siendo sensatos, solo el 10% del agua fresca disponible es técnicamente accesible a la humanidad actualmente. Entonces serían alrededor de 3.7 millones de km³.

El calentamiento global causado por una mayor capacidad de la tierra para absorber y mantener energía está generando un desequilibrio energético que está acelerando cambios en el ciclo regular del agua, de modo que:

- Se aceleran las tasas de evaporación de agua fresca de ríos, lagos
- Se derriten los glaciares, nevados, capas de hielo
- Se empezarán a explotar intensivamente los cuerpos de agua subterráneos
- Se harán más frecuentes las altas precipitaciones e inundaciones
- Se aumentará el nivel del mar, aumentando la intrusión de agua salada en las ciudades, tierras continentales e islas
- Se ha duplicado el consumo de agua en el último siglo
- Se aumentará el impacto de las sequías, principalmente, en la agricultura
- Para el 2025, las extracciones de agua se incrementarán en un 18% en países desarrollados y un 50% en países en desarrollo

Conclusiones

Resumiendo, las conclusiones traídas del análisis del problema:

- A nivel mundial, la principal fuente para producir energía es el carbón con un 38% del total de las fuentes, seguido por el gas natural 23%, hidroeléctricas 16%, nuclear con 10%, eólica 4%, solar 2%.

- En Colombia el 68.3% de la producción de energía proviene de hidroeléctricas, mientras un 30.7% proviene de centrales termoeléctricas.

- Una termoeléctrica (carbón) requiere de 116.730 Litros de agua por cada MWh o 116 Litros de agua por cada kWh. En el caso de la producción por hidroeléctrica, se llegan consumir hasta 10 millones de litros de agua por cada MWh ó 10.000 Litros de Agua por cada kWh.

- En la generación de cada kWh a través de una termoeléctrica (Carbón) se emiten alrededor 2.21 libras 1.0024kg de CO₂ al medio ambiente. En promedio, una represa puede liberar hasta 40 kilogramos de CH₄ por kilómetro cuadrado al día, en zonas de alta riqueza de material orgánico, como en un bosque

- El rendimiento en la cadena de abastecimiento de energía eléctrica a partir de una planta termoeléctrica es de aproximadamente de 27%. Entonces el 73% de la energía se pierde y consecuentemente el 73% de los recursos usados en la generación se pierden.

- En el sector terciario el desperdicio de energía en la fase de consumo derivado de los electrodomésticos y máquinas llega a un 40%, mientras que el desperdicio de energía debido a la forma en como las personas puede superar el 35%.

Retos y acciones mundiales y regionales

Dado que el principal consumo de agua se concentra en la actividad de la agricultura, es necesario enfatizar que es aquí donde se debe asegurar el agua, contribuyendo directamente al desarrollo sostenible.

La aplicación de tecnologías innovadoras, combinadas con políticas, regulaciones y estrategias, es necesario para la adaptación y mitigación del cambio climático.

- Técnicas de irrigación de precisión
- Modelos computarizados que mejoren el rendimiento de las cosechas

- Técnicas de obtención o recolección de agua
- Manejo del desperdicio del agua

Acciones por tomar en cuanto al manejo del agua.

1. Evolucionar las estrategias de gestión de riesgos para las políticas nacionales de seguridad alimentaria en el marco de las restricciones hídricas y las transiciones económicas
2. Aplicar una contabilidad y una auditoría del agua sólidas e innovadoras para apoyar la toma de decisiones y la gestión
3. Inversiones centradas en la infraestructura del agua; y el desarrollo de capacidades institucionales y humanas
4. Mejorar la eficiencia del uso del agua

Retos de la transformación energética

Según el Plan Energético Nacional 2020 – 2050, presentado en el año 2020 por la unidad de planeación minero-energética UPME, los principales retos de la transformación energética son: La descentralización, la descarbonización y la digitalización.

La descentralización rompe con uno de los paradigmas del sector energético: las cadenas de valor verticales y las economías a escala.

- Diferentes soluciones para el mismo problema
- Más participantes de diferentes tamaños
- Usuario final con mayor poder de decisión

Nuevos y dispersos modelos de negocio deben aportar valor a los diferentes puntos de la cadena de abastecimiento. Anteriormente, la compañía ISA estaba a cargo de las tres principales fases del abastecimiento de energía. Una falla hizo vulnerable y totalmente dependiente el sistema energético de una sola empresa.

Hoy en día empresas como EPM se encuentran en varios puntos de la cadena de abastecimiento, tanto en la generación con Hidroituango y empresas que implementan energía solar, como

en la distribución al vender directamente a las personas la energía.

La digitalización permite disponer de datos e información relevante para la toma de decisiones.

- Cambios en los patrones de consumo gracias a la automatización
- Identificar las variables que afectan el consumo energético

La descarbonización en el contexto de una demanda y población creciente implica la sustitución de los combustibles que tienen mayor participación en la matriz energética: los combustibles fósiles.

- Impactos de la producción energía y consumo en el medio ambiente.

Aspectos importantes en la transformación energética.

- Mayor participación con los interesados, ciudadanos y otras entidades del estado
- Opciones modulares a pequeña escala con nuevas tecnologías diseminados por todo el territorio
- Multiplicidad de agentes de diferentes tamaños, intereses y formas de actuar
- Usuarios finales con más información y posibilidades
- Múltiples opciones para solucionar un mismo problema
- Análisis multidimensional que incorpora lo energético y lo ambiental

Referencias:

- Acolgen. (26 de 02 de 2020). Obtenido de Acolgen, Asociación Colombiana de Generadores de Energía Eléctrica: <https://www.acolgen.org.co/>
- Astudillo, p. (26 de marzo de 2011). Las represas hidroeléctricas: fabricas de gases invernadero. Obtenido de <https://www.elquintopoder.cl/medio-ambiente/las-represas-hidroelectricas-fabricas-de-gases-invernadero/>
- Bricos. (25 de octubre de 2012). bricos.com. Obtenido de <https://bricos.com/2012/10/tableros-de-distribucion/>
- Data, o. w. (2018). Our world in Data. Obtenido de Our World in Data: <https://ourworldindata.org/water-use-stress>
- Deloitte. (10 de 08 de 2020). Deloitte.com. Obtenido de IoT - Internet Of Things: <https://www2.deloitte.com/es/es/pages/technology/articles/IoT-internet-of-things.html>
- Dhal, M., y Martins, D. (2019). Water use in electricity generation for water-energy nexus analyses: The. Science of the Total Environment, 11-13.
- Ducon, V. (2019). Dromedario - Taller de grado I. Bogotá: Propio.
- Emprenderalia Magazine. (4 de Junio de 2020). ¿Qué es el Producto Mínimo Viable (MVP)? Obtenido de <https://www.emprenderalia.com/que-es-el-mvp-producto-viable-minimo/>
- Foundation, P. W. (04 de Marzo de 2022). Obtenido de Planet Water Foundation: <https://planet-water.org/>
- Grupo Bancolombia. (27 de 08 de 2018). Internet de las Cosas: ¿cómo lo ha adoptado Colombia? Obtenido de [grupobancolombia.com/wps/portal/empresas/capital-inteligente/tendencias/innovacion/iot-como-lo-ha-adoptado-colombia](https://www.grupobancolombia.com/wps/portal/empresas/capital-inteligente/tendencias/innovacion/iot-como-lo-ha-adoptado-colombia)
- International Energy Agency. (19 de febrero de 2020). Electricity Information 2019. Obtenido de Electricity Information 2019: <https://www.iea.org/reports/electricity-information-2019>
- Ministerio de Educación Nacional. (23 de diciembre de 2019). www.datos.gov.co. Obtenido de <https://www.datos.gov.co/Educaci-n/INSTI-TUCIONES-DE-EDUCACI-N-SUPERIOR/iwb2-sk4>
- Ministerio de Educación Nacional. (23 de diciembre de 2019). www.datos.gov.co. Obtenido de <https://www.datos.gov.co/Educaci-n/INSTI-TUCIONES-DE-EDUCACI-N-SUPERIOR/iwb2-sk4>
- Ministerio de Energía De Chile. (6 de abril de 2020). Cadena de Suministro Eléctrico. Obtenido de <https://www.aprendeconenergia.cl/wp-content/uploads/2016/12/cadena-suministro-electrico2.pdf>
- Ministerio de Minas y Energía. (diciembre de 2016). Plan de acción indicativo de eficiencia energética. Bogotá: Minminas.
- Mit Sloan Executive Education . (12 de diciembre de 2015). MIT Sloan Executive Education Blog. Obtenido de Launching a successful start-up #3: The beachhead market: <https://executive.mit.edu/blog/launching-a-successful-start-up-3-the-beachhead-market>
- Our World in data. (12 de diciembre de 2019). Our World in data. Obtenido de <https://ourworldindata.org/water-use-stress>
- Ram, F. (24 de 06 de 2021). The World Bank. Obtenido de Efficient Irrigation and Water Conservation : Evidence from South India (English): <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/document-detail/475611624561753275/efficient-irrigation-and-water-conservation-evidence-from-south-india>
- Ruiz, F. M. (2016). Estimación de la emisión histórica de gases de efecto invernadero por embalses hidroeléctricos en Colombia y su potencial impacto en el factor de emisión de la generación eléctrica. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Sandoval, R. (7 de mayo de 2014). EDF ENVIRONMENTAL DEFENSE FUND. Obtenido de <https://www.edf.org/blog/2014/05/27/why-you-only-get-25-electricity-you-pay>
- SAP. (04 de abril de 2020). ¿Qué es Internet de las Cosas (IoT)? Obtenido de <https://www.sap.com/latinamerica/trends/internet-of-things.html>
- Selectra. (20 de marzo de 2020). Tarifas gas luz. Obtenido de <https://tarifasgasluz.com/faq/diferencia-kw-kwh#que-es-kwh>
- Stanford University. (07 de marzo de 2020). Standfor Energy. Obtenido de <https://energy.stanford.edu/research/end-use-efficiency>
- Trader, M. (12 de 07 de 2004). EROSKI CONSUMER. Obtenido de Eroski Consumer: <https://www.consumer.es/economia-domestica/cerca-del-10-de-la-electricidad-generada-se-pierde-en-transporte-y-distribucion.html>
- U.S Energy Information Administration. (20 de 02 de 2020). How much carbon dioxide is produced per kilowatthour of U.S. electricity generation? Obtenido de <https://www.eia.gov/tools/faqs/faq.php?id=74&t=11>
- United Nations. (18 de diciembre de 2015). United Nations Climate Change. Obtenido de <https://unfccc.int/es/process-and-meetings/the-paris-agreement/que-es-el-acuerdo-de-paris>
- United Nations Educational, S. a. (12 de 12 de 2020). UNESDOC. Obtenido de UNESDOC: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375724>
- UPME-, M. d.-M.-. (3 de diciembre de 2016) <https://www1.upme.gov.co/>. Obtenido de <https://www1.upme.gov.co/>: https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/MarcoNormatividad/PAI_PROURE_2017-2022.pdf
- Uribe, E. A. (19 de agosto de 2019). Red UE Red Universidad . Obtenido de <http://observatoriodenoticias.redue-alcue.org/artificial-intelligence-and-life-in-2030-standford-university-2016/>
- Weingartner, H. (2016). Water, 1. Properties, Analysis, and Hydrological Cycle. Wiley.

Propuesta para desarrollo e instauración de un protocolo sanitario para caninos de terapia asistida intrahospitalaria

Proposal for the Development and Implementation of a Sanitary Protocol for Intra-hospital Canine Assisted Therapy

Valentina CASTAÑO-PEÑA ¹

Diego HERNÁNDEZ-PULIDO ²

María Isabel MORENO-OROZCO ³

¹ Fundación Universitaria Agraria de Colombia. Bogotá, Colombia. Castano.astrid@uniagraria.edu.co

² Fundación Universitaria Agraria de Colombia. Bogotá, Colombia. Hernandez.diegoal@uniagraria.edu.co

³ Fundación Universitaria Agraria de Colombia Bogotá, Colombia. Moreno.maria7@uniagraria.edu.co

Resumen

La conexión entre humanos y animales se ha fortalecido a lo largo de los años, y se sabe que esta relación existe desde hace siglos. Las intervenciones asistidas con animales han sido de suma importancia para el desarrollo de diversos programas y estrategias psicoeducativas. Estas intervenciones tienen como objetivo proporcionar ayuda terapéutica o pedagógica; o participar en actividades con adultos e infantes que enfrentan dificultades o alteraciones que pueden afectar su desarrollo cognitivo y de aprendizaje. En el caso del perro, se recomienda llevar al perro al hospital en condiciones higiénicas óptimas, presentando un aspecto saludable y limpio (Diario Veterinario, 2020). La falta de evidencia científica y de protocolos de manejo sanitario para los caninos han sido el obstáculo principal para implementar esta modalidad de terapia en hospitales en Colombia. El propósito de este estudio es desarrollar e implementar un protocolo sanitario desde el punto de vista parasitario en caninos. Para ello, de entre los diez (10) caninos previamente seleccionados por la Cruz Roja Seccional Bogotá y Colombiana, se obtuvo muestras de materia fecal para determinar la presencia o ausencia de parásitos potencialmente patógenos. El análisis se llevó a cabo mediante técnicas cualitativas y cuantitativas de flotación y sedimentación para detectar la presencia de formas compatibles con parásitos.

Palabras clave: Terapia asistida, terapia intrahospitalaria, terapia con animales.

Recepción:

27 / nov / 2021

Aceptado:

05 / oct / 2023

Citar como (APA):

Castano-Peña, V; Hernández-Pulido, D y Moreno-Orozco, M.I (2022). Desarrollo e instauración de un protocolo sanitario desde el punto de vista parasitario en caninos de terapia asistida intrahospitalaria. Revista RETO, 10(1), p. 44-57. <https://doi.org/10.23850/reto.v10i1.4303>

Licenciamiento:



Abstract

The connection between humans and animals has strengthened over the years, and it is known that this relationship has existed for centuries. Animal-assisted interventions have been of paramount importance in the development of various psychoeducational programs and strategies. These interventions aim to provide therapeutic or educational assistance and engage in activities with adults and children facing difficulties or disorders that may impact their cognitive and learning development. In the case of dogs, it is recommended to bring the dog to the hospital in optimal hygienic conditions, presenting a healthy and clean appearance (Veterinary Journal, 2020). The lack of scientific evidence and sanitary management protocols for canines has been the main obstacle to implementing this therapy modality in hospitals in Colombia. The purpose of this study is to develop and implement a sanitary protocol from a parasitic perspective in canines. To achieve this, samples of fecal matter were obtained from the ten (10) canines previously selected by the Colombian and Bogotá Cruz Roja. These samples were analyzed to determine the presence or absence of potentially pathogenic parasites using qualitative and quantitative flotation and sedimentation techniques to identify forms compatible with parasites.

Keywords: Assisted Therapy, Intra-hospital Therapy, Animal-assisted Therapy.

Introducción

Las terapias asistidas con caninos para pacientes que se encuentren hospitalizados o en cuidados paliativos, pueden ayudar a su pronta recuperación o a sobrellevar su condición de salud, evitando complicaciones generadas por ansiedad. Sin embargo, se debe contar con protocolos sanitarios diseñados y validados para evitar riesgos de contaminación paciente-canino y posibles transmisiones zoonóticas o diseminaciones de enfermedades.

En Colombia, es necesaria la adaptación de un protocolo sanitario para los perros utilizados en terapia asistida, para el trabajo con pacientes en áreas intrahospitalarias. Waltner-Toews (1993) encuestó a 120 agrupaciones que realizan TAA en Estados Unidos y Canadá, acerca de la preocupación, la forma y los recursos utilizados para la prevención de las zoonosis. Los resultados mostraron que las organizaciones que realizan TAA en hospitales poseen una mucha mayor participación de profesionales relacionados con la salud, principalmente, médicos veterinarios, en el diseño de sus protocolos sanitarios. Además, la mayoría de estas agrupaciones, especifica su protocolo de forma escrita (Elton, 2003).

Esto contrasta con la realidad de las agrupaciones comunitarias, en las que se descubrió menor preocupación, prevención y conocimiento acerca de las zoonosis. Elton (2003) destaca la importancia de la labor del médico veterinario y su participación activa en la educación para la prevención de la zoonosis en este tipo de proyectos. Se hace necesario un protocolo de manejo y control de estándares de acción que regulen los requisitos sanitarios de parásitos internos y externos en caninos de terapia asistida intrahospitalaria, ya que el riesgo de zoonosis es la principal preocupación para aquellos que implementan programas de terapia asistida con animales (TAA) o actividades asistidas con animales (AAA) (Elton, 2003).

Marco teórico

La organización Delta Society define la TAA como una modalidad de tratamiento terapéutico

en la que un animal, que cumple con ciertos criterios de selección y educación, forma parte integral de un proceso diseñado por un profesional de la salud, ya sean psicólogos, fisioterapeutas, fonoaudiólogos, nutricionistas, médicos o terapeutas ocupacionales. El propósito de este proceso es desarrollar objetivos orientados a mejorar algún funcionamiento específico en las áreas física, social, emocional y/o cognitiva de los seres humanos (Muñoz, 2013). Por lo tanto, la terapia asistida con animales puede definirse como una intervención que utiliza animales en un proceso terapéutico, de tratamiento o rehabilitación, ya sea para enfermedades o condiciones físicas. En este contexto, el animal actúa como facilitador del proceso gracias al elemento motivacional que aporta, favoreciendo el desarrollo de conductas positivas y la comunicación entre el terapeuta y el paciente (Martínez Abellán, 2008) (Correa, et al., 2019).

A partir de la década de los años 60, se comenzaron a llevar a cabo numerosos estudios sobre la influencia de los animales de compañía en la salud humana. Desde entonces, se han identificado numerosos beneficios en los aspectos físicos, mentales y sociales (Martínez et al., 2010). La selección de los animales utilizados en los programas de TAA puede determinar el éxito o fracaso de los mismos. Los animales deben ser seleccionados según las características de los pacientes y el problema a tratar, así como las necesidades específicas del programa, como estar adiestrados para trabajar en entornos especiales (hospitales) y comportarse adecuadamente frente a reacciones imprevisibles, con el fin de optimizar los resultados (Muñoz, 2013).

Los centros hospitalarios que deseen incorporar o realizar visitas terapéuticas de mascotas, deben establecer políticas de control y procedimientos para el adecuado manejo y prevención de las infecciones transmitidas por animales. Estos programas deben someterse a una evaluación constante de las directrices de entrenamiento de los animales y sus cuidadores, así como de la participación del equipo de salud encargado (Jofré, 2005).

Al introducir a un animal en entornos sanitarios humanos complejos es prioritario tener claro que el objetivo de la terapia es la mejora de los pacientes.

Esto implica establecer controles veterinarios estrictos y periódicos para asegurar la salud del animal y prevenir la zoonosis (Martínez et al., 2010). Por lo tanto, se requiere un protocolo de manejo y control con estándares de acción que regule los requisitos sanitarios relacionados con parásitos internos y externos en caninos utilizados en terapia asistida intrahospitalaria. El riesgo de transmisión de enfermedades es la preocupación más común para aquellos que implementan programas de TAA o AAA (Elton, 2003).

Como se mencionó anteriormente, un programa sanitario adecuado (que incluya saneamiento básico, higiene, alimentación, esquema de vacunación, plan de desparasitación interna y externa, y medidas de bioseguridad) favorece la salud del animal y previene el contagio de enfermedades transmitidas a los humanos. Dado que, según la intervención, introducimos a un animal en entornos sanitarios humanos complejos, es fundamental tener en cuenta que el objetivo de nuestro trabajo es mejorar la condición de los destinatarios y no causarles enfermedades adicionales. Por ende, los cuidados veterinarios continuos deben ser extremadamente rigurosos en este aspecto (Castillo, 2017).

Algunas de las zoonosis parasitarias más frecuentes entre humano – canino que se presentan, debido a consecuencias de prácticas higiénicas deficitarias son:

- **Ascaridiasis:** sus agentes causales son parásitos del género *toxocara* spp. Los humanos se contagian por vía oral, por medios contaminados o por estrecho contacto con animales parasitados, está relacionada con malos hábitos higiénicos. El ciclo evolutivo de la Ascaridiasis en los humanos es incompleto, se detiene en el segundo estadio larvario, no llegando a la forma adulta intestinal (Foyel, 2009).
- **Sarna:** (sarcóptica o demodécica) es una infección zoonótica de la piel causada por un ectoparásito, principalmente un ácaro de la familia *Sarcoptidae*. Aunque existe cierto grado de especificidad, puede haber infestaciones cruzadas entre las especies animales, dando origen a la condición de hospederos inhabituales, dentro de los cuales se encuentra

el ser humano. La subespecie que infecta al humano (*Sarcoptes scabiei* variedad hominis) es distinta de la que afecta a los animales. A veces, el ser humano puede contraer la sarna a partir de un animal, pero es poco frecuente que cause infestaciones extensas, ya que estos ácaros no suelen reproducirse en humanos y solo viven algunos días. Esto hace poco probable la transmisión entre humanos. Sin embargo, debido a su alto potencial zoonótico, puede afectar a personas que han tenido un contacto prolongado y estrecho con el animal (Gallegos et al., 2013).

- **Giardiosis:** sus agentes causales son un protozoo del género *Giardia lamblia*. La prevalencia es alta en concentraciones de animales, pero en muchas ocasiones no hay sintomatología clínica. La transmisión es directa por ingestión de quistes muy resistentes en el ambiente, que se eliminan por las heces de animales infectados. Las formas en el intestino son los trofozoitos, formas móviles que interfieren con la absorción intestinal normal de los nutrientes.
- **Cestodiasis:** es una zoonosis parasitaria producida por *Dipylidium caninum*, gusano aplanado en sentido dorsoventral, de la familia *Dilepidiidae*. Es un cestodo común en cánidos quienes son sus hospederos definitivos. El ser humano lo adquiere accidentalmente al ingerir a los hospederos intermediarios infectados, la pulga del perro (*Ctenocephalides canis*) o el piojo del perro (*Trichodectes canis*) (Neira et al., 2008). La infección en el ser humano se denomina dipilidiosis, y se produce por el estrecho contacto con las mascotas (Neira et al., 2008)
- **Protozoonosis:** la criptosporidiosis es una enfermedad parasitaria producida por protozoos coccidios pertenecientes al género *Cryptosporidium*. La especie de mayor interés dentro del género es *C. parvum*, que se multiplica preferentemente en las células epiteliales del intestino delgado de los mamíferos desencadenando diarrea por absorción y digestión deficientes y que, debido a su escasa especificidad de hospedador, puede transmitirse indistintamente entre los mamíferos domésticos y el hombre. uno de los reservorios de mayor interés está representado

por los animales infectados eliminadores de ooquistes en sus heces, que pueden transmitirse al hombre por contacto directo o al contaminar los alimentos y, especialmente, el agua de bebida (Vergara et al., 2004).

Aunque es cierto que existen riesgos asociados a la intervención con animales, como mordeduras, alergias, zoonosis y caídas causadas por los animales o sus excrementos, aún no hay estudios que nos demuestren que los programas de TAA sean riesgosos (Martínez et al., 2010).

En definitiva, para que un canino pueda participar en una TAA, es imprescindible que esté preparado tanto en términos de salud como de preparación física y mental para la experiencia que conlleva el contacto continuo con personas ajenas a su entorno (Castillo, 2017). El control y asesoramiento veterinario son herramientas adicionales en el complejo proceso de elaboración y diseño de las TAA y deben formar parte de este proceso (Castillo, 2017).

En cuanto a la legislación, actualmente, no existe ninguna legislación nacional que regule la Terapia Asistida con Animales de Compañía. Se pueden encontrar legislaciones relacionadas, todas enfocadas en perros de asistencia para personas con discapacidad, pero ninguna específica para el ámbito de utilización en terapias (Muñoz, 2013).

Materiales y métodos

La Cruz Roja Seccional Bogotá y Colombiana participa activamente en la selección y entrenamiento de los caninos que serán certificados para participar en terapia intrahospitalaria con mascotas. A estos caninos se les realizan tomas de muestras de materia fecal en diferentes momentos del proceso para determinar la presencia o ausencia de parásitos que puedan ser potencialmente patógenos. Las muestras son procesadas mediante diversas técnicas cualitativas y cuantitativas, como flotación y sedimentación, con el objetivo de buscar la presencia de formas compatibles con parásitos. En caso de que algunos caninos den positivo, se lleva a cabo el tratamiento correspondiente y se les realiza un seguimiento. Los parásitos que se buscan determinar son: *Toxocara*, *Giardia*, *Cryptosporidium*, *Dipylidium*, y

la presencia de ectoparásitos como ácaros de la sarna, pulgas o piojos.

Resultados esperados

Se espera que las muestras que se tienen en procesamiento de los diez caninos salgan con resultados negativos, a su vez que estos caninos se encuentren en óptimos niveles de salud, de lo contrario, deberán iniciar de manera rápida y oportuna el tratamiento para contrarrestar efectos en la salud transmitidos por los parásitos mencionados anteriormente.

Conclusiones y discusión

Las Terapias Asistidas con caninos, se realizan de manera segura para el paciente en hospitales de alta complejidad en los Estados Unidos y Europa gracias a los protocolos sanitarios, de obligatorio cumplimiento, estandarizados y programados por los propios hospitales. A pesar de los reconocidos beneficios de estas visitas, evidenciados científicamente en otros países, los principales inconvenientes o barreras que han impedido implementar esta modalidad en hospitales de Colombia son la falta de evidencia científica y protocolos de manejo sanitarios para los caninos; que solo se han venido replicando en este y otros países, pero sin aterrizarlos a nuestro sistema de prestación de salud, y a caninos seleccionados y capacitados para tal fin.

Agradecimientos

Fundación Universitaria Agraria de Colombia-Cruz Roja Colombiana seccional Bogotá y Cundinamarca- Universidad Juan N. Corpas.

Referencias:

- Castillo, C. (2017). La labor de los veterinarios en la intervención (educación y/o terapia) asistida con animales. una puerta que hay que abrir. Tomado de: https://www.researchgate.net/publication/325627177_la_labor_de_los_veterinarios_en_la_intervencion_educacion_yo_terapia_asistida_con_animales_una_puerta_que_hay_que_abrir
- Cabra, C. (2012). Terapia asistida con animales efectos positivos en la salud humana. *Journal of agriculture and Animal Science*. Vol. 1, No. 2. / C. Cabra
- Diario Veterinario. (2020). Crean un protocolo para el acceso de perros de asistencia a los hospitales. Tomado de: <https://www.diarioveterinario.com/t/2067914/crean-protocolo-acceso-perros-asistencia-hospitales>
- Elton, María. (2003). Diseño de una pauta de trabajo para la aplicación de terapia asistida con perros. memoria de título. Universidad austral de Chile, Facultad de Ciencias Veterinarias, Chile.
- Foyel. (2009). Ascariasis en perros y gatos. Tomado de: https://www.foyel.com/paginas/2009/05/545/ascariasis_en_perros_y_gatos/#:~:text=La%20Ascariasis%20es%20una%20enfermedad,pueden%20afectar%20a%20los%20humanos
- Gallegos, J., Budnik, I., Peña, A., Canales, M., Concha, M., Lopez, J. (2013). Sarna sarcóptica: comunicación de un brote en un grupo familiar y su mascota. *Rev Chilena Infectol* 2014; 31 (1): 47-52
- Jofré, L. (2005). Visita terapéutica de mascotas en hospitales. *Rev Chil Infect* 2005; 22 (3): 257-263
- Martínez, A., Matilla, M., Todo, M. (2020). Terapia asistida con perros. Tomado de: https://ddd.uab.cat/pub/trerecpro/2010/80131/terapia_asistida_con_perros.pdf
- Muñoz, B. (2013). Terapia asistida por animales de compañía aplicada en una residencia geriátrica en el medio rural. Tomado de: <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/123907/TBMG.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Neira, P., Jofre, L., Muñoz, N. (2008). Infección por *Dipylidium caninum* en un preescolar. Presentación del caso y revisión de la literatura. *Rev Chil Infect* 2008; 25 (6): 465-471
- Vets & Clinics. (Sf). Giardiasis. Tomado de: <https://www.affinity-petcare.com/veterinary/patologias/giardiasis>
- Vergara, C., & Quílez, J. (2004). Criptosporidiosis: una zoonosis parasitaria. *Revista MVZ Córdoba*, 9(1).

ANEXO 1.

Información recopilada por la autora de seis de los ocho caninos de terapia asistida intrahospitalaria que participaron en este protocolo proporcionados por cada uno de sus guías o tutores. (Magia y Mantra no proporcionó la información).

TUTOR	MASCOTA	VACUNACION	ULTIMA VACUNACION	DESPARASITACION	ULTIMA DESPARASITACION	ENTERO/CASTRADO/ESTERILIZ ADO	ALIMENTACION	BAÑO/PELUQUERIA	HIGIENE BUCAL	LIMPIEZA OREJAS	ULTIMA VISITA AL MV
Juliana	Konan	Al día	DA2PPvL + RABIA + Células (antígeno) de Bordetella bronchiseptica 3 x 108, cepa 78-9159, en 1 ml.	Externa: Al día no se sabe el producto Interna: Galgocal albedazol 200mg/Praziquantel 30mg	Interna: 22/06/2023 Externa: Mayo 2023	No	Chunky combinado con pollo, carne, higados cocinados - wow can	Cada 6 meses con champú a base de clorhexidina	Limpieza 1 vez por semana crema dental para perros a base de clorhexidina	Diaria con pañitos húmedos para perros o con una toalla húmeda de uso exclusivo	Hace mes y medio (junio) presente episodios de vomito y diarrea se le realizó tratamiento
Diana	Kika	Vencida	Hace un año	Interna: Total FLC Fenbendazol + pirantel Externa: Hace 4 años	Interna: 14/12/2022 Externa: hace 4 años	Esterilizada desde los 2 años	Hill's Senior	Mensuales piloskin (sarna) recomendación del dermatólogo	Ninguna Se les administra mensual hueso de vaca curado durante 4 días	Ninguna Se les lame entre si las orejas	Febrero de 2023 control de Ehrlichia
Diana	Kana	Vencida	Hace un año	Interna: Total FLC Fenbendazol + pirantel Externa: Hace 4 años	Interna: 14/12/2022 Externa: hace 4 años	Esterilizada desde los 2 años	Hill's Senior	Mensuales piloskin (sarna) recomendación del dermatólogo	Ninguna Se les administra mensual hueso de vaca curado durante 4 días	Ninguna Se les lame entre si las orejas	
Mauricio	Magia										
Mauricio	Mantra										
Esperanza	Bengie	Vencida excepto rabia	Rabia 20/05/2023	Interna: Total FLC Fenbendazol + pirantel Externa: Bravecto Furalaner	Interna: 20/05/2023 Externa: Abril de 2023	Castrado.	Max light. Cada quince días se le prepara arroz con vegetales (brocoli, apio, zanahoria) con pollo, mollejas, corazones y pechuga cocinada sin sal ni condimentos. Toma glucosamina, Ginkgo biloba y omegas.	Se lleva al spa cada tres meses. Se limpia con agua y champú cada quince días.	Cada ocho días con desmanchador dental y crema dental para perros con clorhexidina. Se le han realizado 3 profilaxis 2 bajo anestesia y 1 sin anestesia	Se le limpian las orejas con pañitos húmedos, baidin y orenda.	Enero de 2023 por control
Angela	Sky	Al día	Pentavalente + rabia	Neogard Spectra afloxolaner y milbemicina oxima	Interna: 05/03/23 Externa: 01/08/23	Esterilizada en 2016	Kirkland Signature concentrado, zanahorias frescas, banano y patas deshidratadas de pollo sin sal (colágeno) para las articulaciones. Toma glucosamina y condroitina, se le administra traumeel 3 tabletas al día y previcox por 10 días para soporte articular.	Se baña cada vez con jabón de coco, shampoo can amor árbol de te y shampoo.	Se le hace una mezcla con crema dental para perros, zumo de limón, bicarbonato y agua oxigenada cada seis meses. Para la gingivitis se le limpian los dientes con una gasa impregnada de agua oxigenada y enjuague bucal de menta fresca en spray y para el sarro fresh breath en gel cuando la van a llevar a las terapias y cada miércoles se le da a roer un hueso natural.	Se le limpian las orejas cada vez que sacude la cabeza con cerulíne (solución otica) y con una gasa impregnada de agua oxigenada cada 15 días.	Hace un año le dio hipoglucemia se le maneja con dieta, y se le realizaron radiografías y se le diagnosticó displasia de cadera. El domingo 30 de Julio de 2023 la fue a ver el Médico Veterinario porque presentaba mucho dolor articular se le realizaron exámenes de sangre y orina aun no han salido los resultados.
Sandra	Bella	Al día	Hexavalente DHPPI-RL+ KC Células (antígeno) de Bordetella bronchiseptica 3 x 108, cepa 78-9159, en 1 ml.	Interna: Total FLC Fenbendazol + pirantel Externa: Simparica Sarolaner	Interna: 15/05/23 Externa: 31/07/23	Esterilizada	Taste of the Wild combinado con comida natural sin sal, cebolla, ajo, no condimentos, ni azúcar. No se le administra ningún suplemento.	Se baña cada dos meses.	profilaxis cada año y se limpia con crema dental para perros y pañitos.	Limpieza de orejas con cada baño.	Julio 29 control anual y vacunación

ANEXO 2.

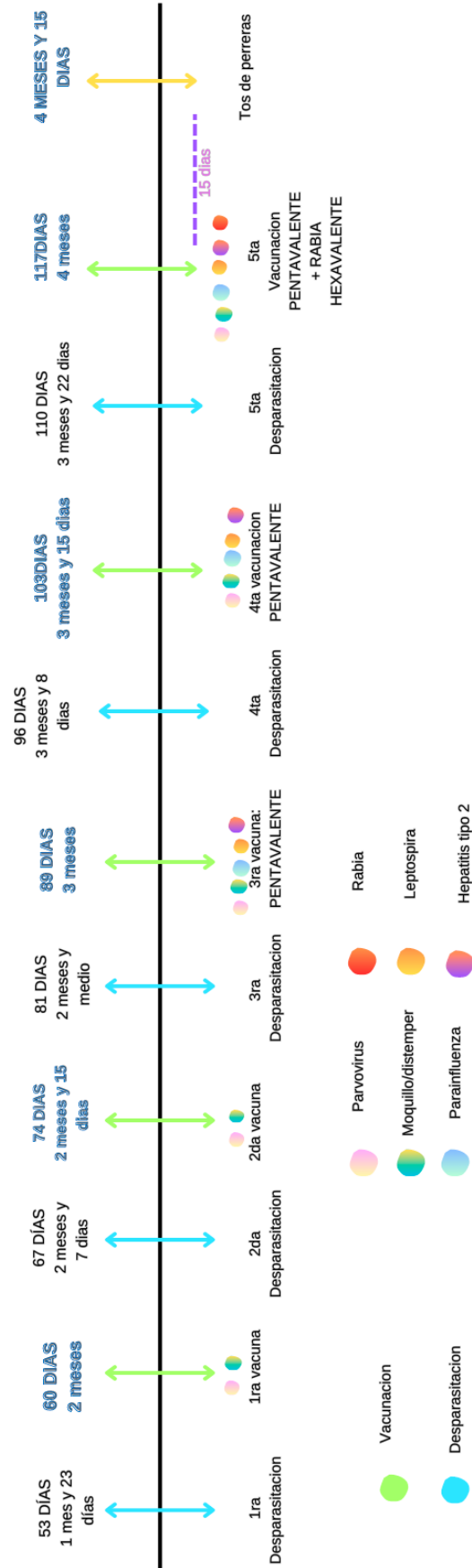
Se consignan la categorización de biológicos a aplicar durante el esquema de vacunación en caninos. Tomado y adaptado de: M. J. Day et al., 2016.

Distemper + Parvovirus (DP)	Vacuna viva combinada para la inmunización activa de cachorros jóvenes contra el parvovirus canino y el virus del moquillo canino. Dosis/vía de administración: Deberá inyectarse por vía SC.
DHPPI	Vacuna combinada de virus vivo para la prevención del moquillo, la hepatitis infecciosa, el parvovirus y la parainfluenza en caninos. Dosis/vía de administración: Deberá inyectarse por vía SC. Inmunización activa de perros contra el moquillo canino, la hepatitis infecciosa canina producida por Adenovirus canino tipo 1, infecciones producidas por Adenovirus canino tipo 2, parvovirus canino y parainfluenza canina.
Leptospira interrogans, serovar icterohaemorrhagiae cepa 820 K inactivada, Leptospira interrogans, canicola Cepa Ca-12-000 inactivada.	En caninos para la protección contra la leptospirosis (enfermedad zoonótica) causada por Leptospira interrogans serovares icterohaemorrhagiae y canicola. Dosis/vía de administración: Deberá inyectarse por vía SC. Unidad/vía vía útil de 24 meses
DAPPV+L4	Vacuna combinada para la vacunación de animales sanos para prevenir la enfermedad causada por el virus del Moquillo canino, Adenovirus canino tipo 2 (hepatitis), virus de la parainfluenza canina y parvovirus canino. Como ayuda en la prevención de la enfermedad y mortalidad causadas por Leptospira interrogans serovares canicola, icterohaemorrhagiae, Pomona y Grippityphosa. Dosis/vía de administración: Deberá inyectarse por vía SC. Administrar 1ml vía SC a partir de las 8 semanas de edad y repetir a intervalos de 2 a 4 semanas hasta que el perro tenga 12 semanas de edad. Se recomienda revacunación anual con una dosis.
DA2PPV+Lv	En perros sanos para la prevención de las enfermedades causadas por el virus del moquillo canino, Adenovirus tipo 2, parainfluenza canina, parvovirus canino, Leptospira canicola, Leptospira icterohaemorrhagiae y Coronavirus. Dosis/vía de administración: Deberá inyectarse por vía SC o IM.

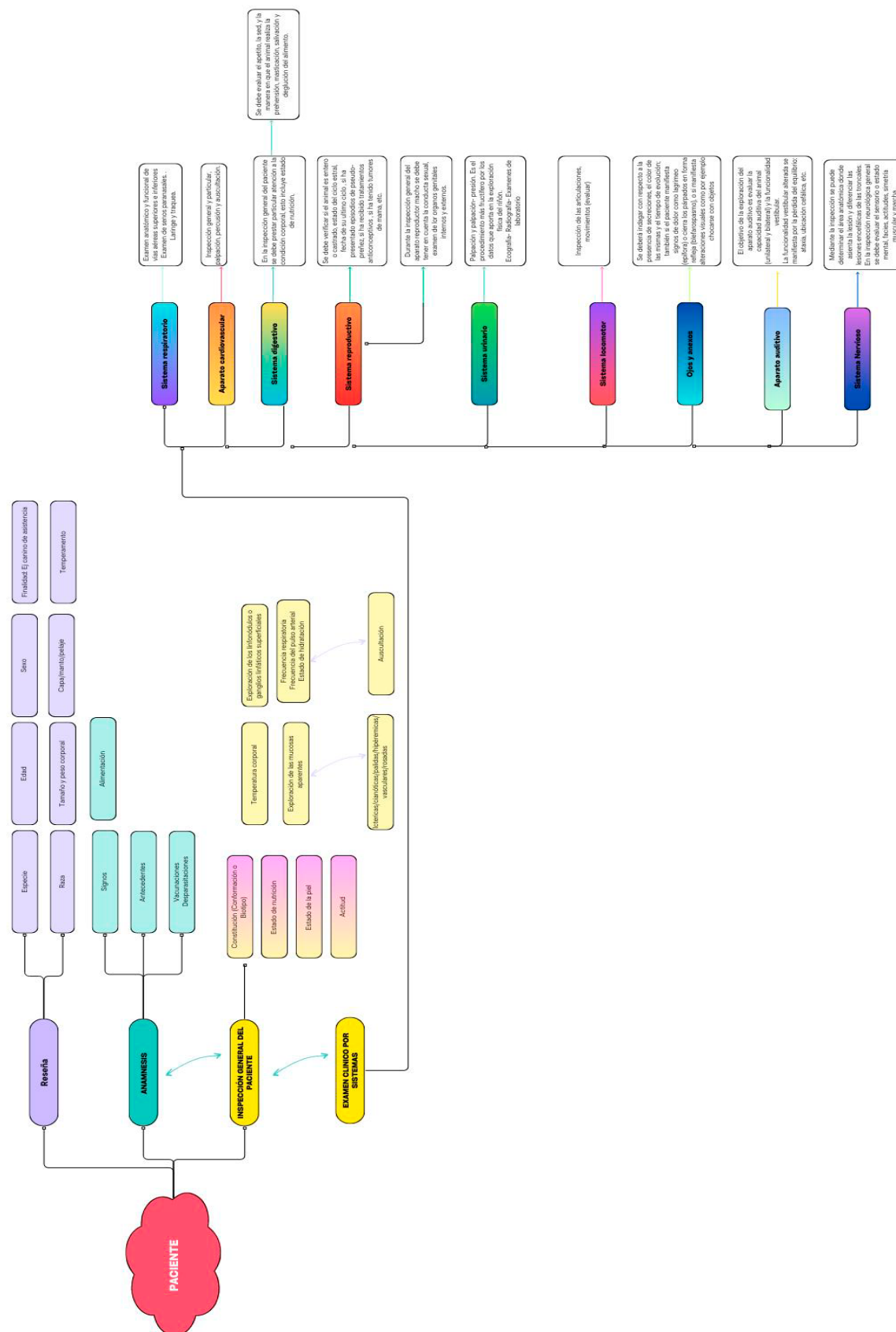
Rabia + Leptospira	Vacuna combinada e inactivada para la inmunización activa de perros contra Leptospira interrogans serovares Canicola e icterohaemorrhagiae y rabia. Dosis/vía de administración: Deberá inyectarse por vía SC. La edad ideal para iniciar el plan vacunal contra Leptospira es a partir de la octava semana de edad y deben aplicarse al menos dos dosis con un intervalo aproximado de 2 a 4 semanas.
Parvovirus	Vacuna viva liofilizada para la inmunización de perros sanos contra el virus de la parvovirus canina. Dosis/vía de administración: Deberá inyectarse por vía SC o IM. Repetir la vacunación a intervalos de 2 a 4 semanas hasta que el cachorro cumpla las 12 semanas. Se recomienda la revacunación anual con una dosis.
DA2PPV-L	Vacuna combinada para la inmunización de perros sanos contra moquillo, hepatitis, parainfluenza, parvovirus y leptospirosis. Dosis/vía de administración: Deberá inyectarse por vía SC o IM.
Rabia Cepa Pasteur	Vacuna inactivada para la inmunización contra la rabia en perros, gatos, bovinos, ovinos y equinos sanos. Transcurridas 3 semanas después de la vacunación se alcanzan los niveles máximos de anticuerpos. Dosis/vía de administración: Deberá inyectarse por vía SC. Primera vacunación a partir de los 3 meses. Revacunación anual.
Bordetella Bronchiseptica cepa B-C2 > 1x10⁸ CFU Virus de la parainfluenza Canina cepa Cornell > 1x10³ TCID₅₀	Vacuna viva combinada para desarrollar la inmunidad activa contra la tos de las perreras provocada por Bordetella Bronchiseptica y el virus de la parainfluenza canina. Dosis/vía de administración: Aplicación intranasal. Rápida Acción inmunidad por un año. La vacuna se puede aplicar desde las dos semanas de edad. Administrar 0.4ml en un orificio nasal. En caso de alta exposición y antecedentes del criadero, se puede aplicar una dosis 72 horas antes del periodo de riesgo. Revacunar anualmente.
Bordetella Bronchiseptica oral	En perros a partir de las siete semanas de edad para la inmunización activa y ayuda en la prevención de la Traqueo bronquitis infecciosa canina causada por Bordetella Bronchiseptica. Dosis/vía de administración: Para animales sanos: cachorros (desde las siete semanas de edad) o adultos. Administrar 1 ml por VO en la cavidad bucal. Se recomienda la revacunación anual con 1 dosis.
Bronchicine Células (antígeno) de Bordetella bronchiseptica 3 x 10⁸, cepa 78-9159	Administrar una dosis al momento de la admisión (desde las 6-8 semanas de edad) y una segunda dosis 2 semanas más tarde. La vacunación parenteral se recomienda sólo cuando no es posible administrar una vacuna intranasal u oral. La vacuna sólo debería usarse para ayudar a manejar la enfermedad. Dosis/vía de administración: Deberá inyectarse por vía SC. Primera vacunación a partir de los 2 meses. Debe aplicarse una segunda dosis 2 a 4 semanas después. Revacunación anual.

ANEXO 3.

Esquema de vacunación y desparasitación en cachorros desde las primeras 4 semanas hasta los 4 meses de edad sugeridos por la autora basado en recopilación y adaptación de la literatura consultada. Tomado y adaptado de: M. J. Day et al., 2016.



Como aporte al proceso se crea y anexa un diagrama de flujo para orientar el proceso del examen semiológico completo por parte del Médico Veterinario. Elaborado y adaptado: Castaño, 2023. Fuente: Brejov, 2014



ANEXO 5.

Se consigna formato de historia clínica diseñado y elaborado por la autora para que sea diligenciado por el Médico Veterinario a cargo.

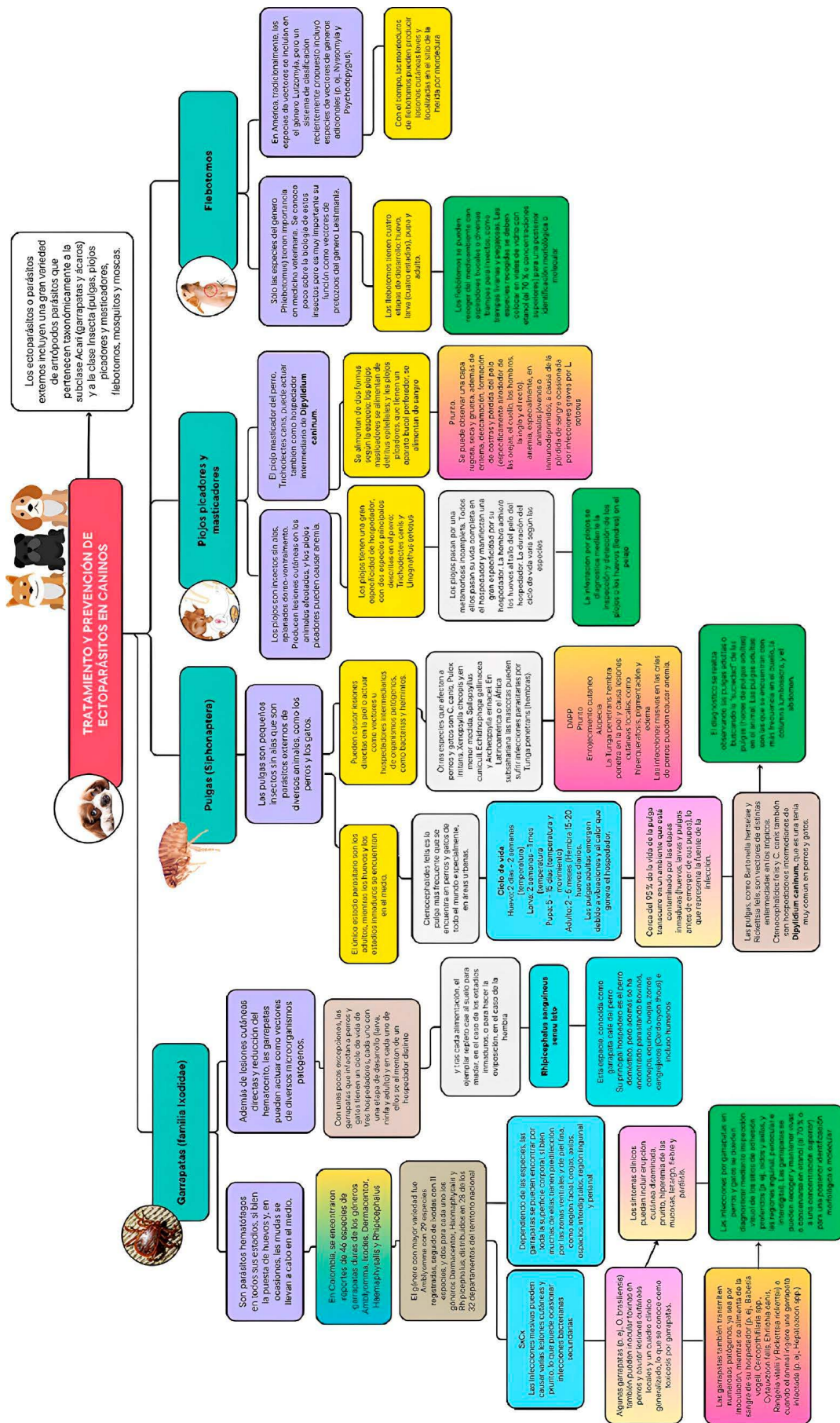
FORMATO DE HISTORIA CLINICA PARA CANINOS DE TERAPIA
ASISTIDA INTRAHOSPITALARIA DE LA CRUZ ROJA SECCIONALES
BOGOTÁ Y CUNDINAMARCA

Fecha	
Médico Veterinario tratante	
ID mascota	

Propietario Documento	
Dirección:	
ID historia:	
Paciente:	
Especie:	
Antecedentes:	

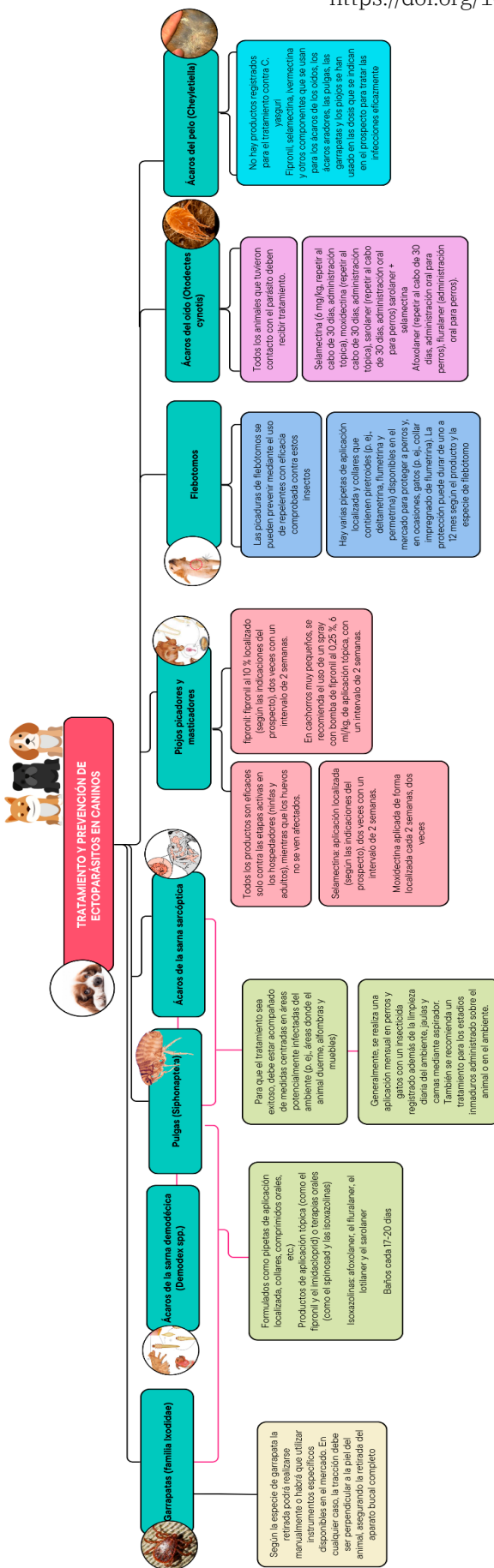
¿Vacunas? SI_ NO_ ¿Cuáles?	¿Desparasitación? INTERNA SI_ NO_ ¿Hace cuánto? ¿Con que productos? EXTERNA SI_ NO_ ¿Hace cuánto? ¿Con que productos?
Dietas: Bebe agua con normalidad SI_ NO_	Amnésicos: El canino ha estado expuesto recientemente a enfermedades infectocontagiosas: SI_ NO_ ¿Cuáles?
Tiene usted conocimiento si su mascota ha presentado alguna reacción adversa a algún medicamento o vacuna SI_ NO_ ¿Cuáles?	

Condición corporal: Temperatura: _____ Pulso: _____ Respiración: _____ Actitud: _____ MOTIVO DE CONSULTA:	EVALUACION DE SISTEMAS: Sistema afectado: Sistema genitourinario: _____ Sistema cardiovascular: _____ Sistema digestivo: _____ Sistema reproductivo: _____ Sistema nervioso: _____ Sistema musculoesquelético: _____ Órganos de los sentidos: _____ Piel y anexos: _____ Exámenes complementarios: _____ Observaciones: _____ Tratamiento inicial: _____ Fármaco: _____ Nombre comercial: _____ Vía: _____ Dosis: _____ Tiempo: _____ Recomendaciones: _____
Diagnósticos diferenciales:	
Lista de problemas:	
Diagnóstico definitivo:	
Fecha próxima consulta:	
Firma MV #TP	



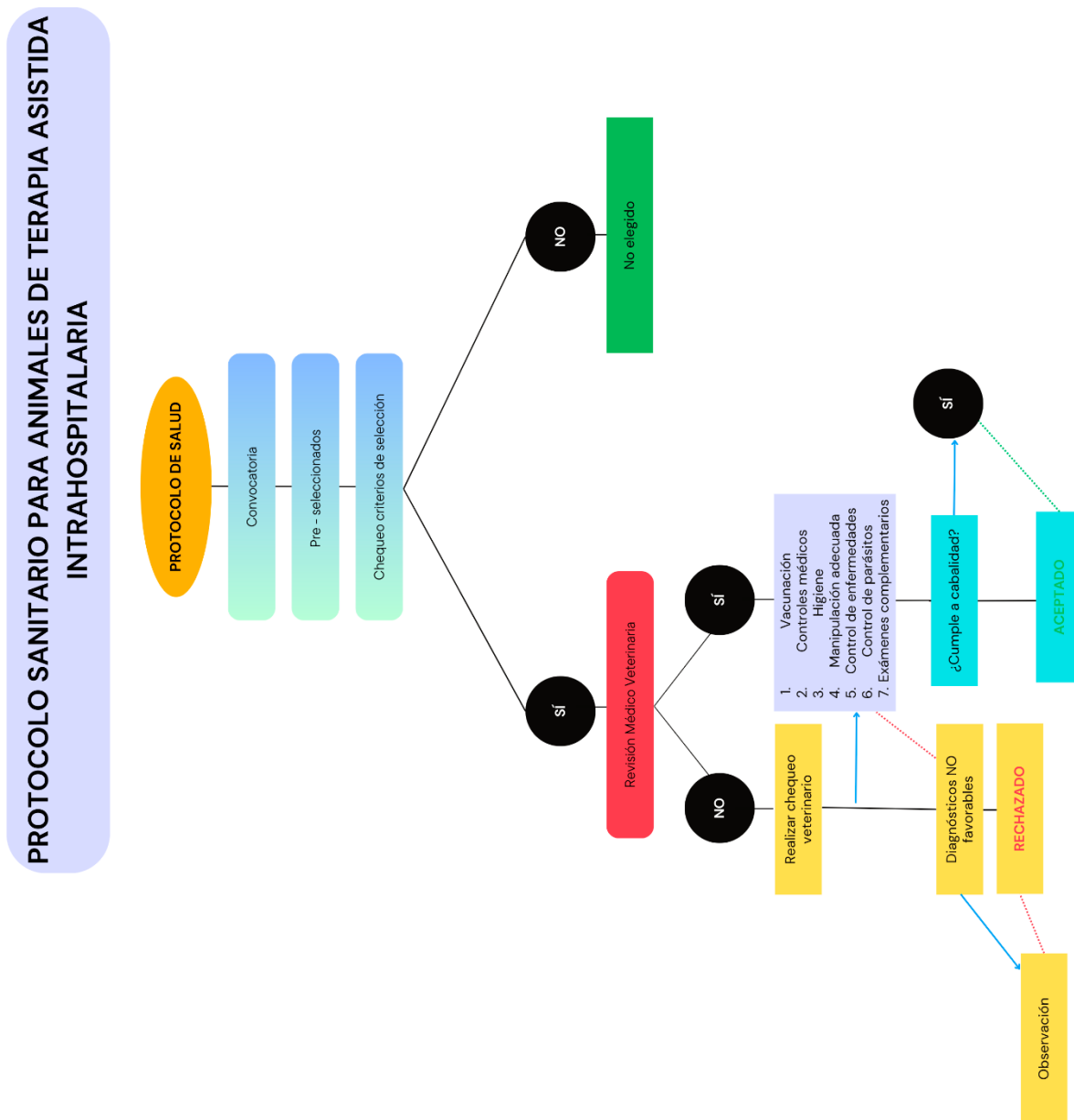
ANEXO 7.

Como aporte al proceso se crea y anexa un diagrama de flujo acerca del Tratamiento de los principales ectoparásitos que afectan a los caninos. Tomado y adaptado: TroCCAP, 2022 y ESCAP, 2016.



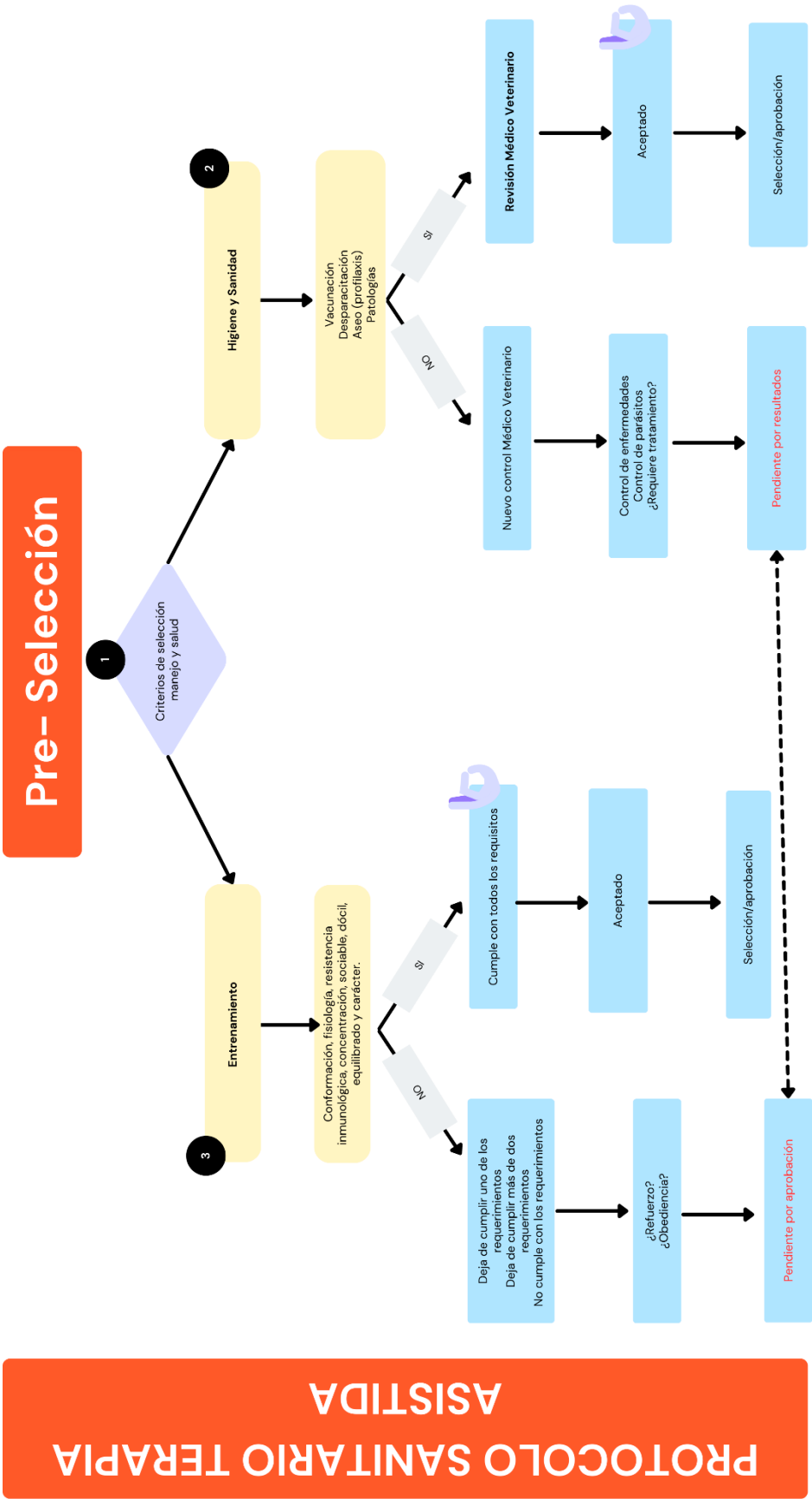
ANEXO 8.

Como aporte al proceso se crea y anexa un diagrama de flujo acerca de los requerimientos para clasificar según protocolo general de salud en caninos de Terapia Asistida Intrahospitalaria. Fuente: Castaño y Moreno, 2023



ANEXO 9.

Como aporte al proceso se crea y anexa un diagrama de flujo acerca de los requerimientos de pre -selección en caninos de Terapia Asistida Intrahospitalaria. Fuente: Castaño y Moreno, 2023



Desarrollo de una hamburguesa suplementada parcialmente con harina de gusano rey (*Zophobas morio*) en Bogotá y municipios aledaños

Development of a burger supplemented partially with king worm meal (*Zophobas morio*) in Bogotá and surrounding municipalities

Juan Sebastián MUÑOZ-CASTILLO ¹
Karen Otilia MALAGÓN-ALVIRA ²

¹ Fundación Universitaria Agraria de Colombia. Bogotá, Colombia. munoz.juan2@uniagraria.edu.co

² Fundación Universitaria Agraria de Colombia. Bogotá, Colombia. malagon.karen3@uniagraria.edu.co

Resumen

La entomofagia se ha consolidado como una alternativa nutricional y funcional interesante para satisfacer las demandas de la población y para abordar la mitigación y adaptación al cambio climático. El proyecto consiste en el análisis de viabilidad para el desarrollo de productos híbridos, como en este caso, una hamburguesa con sustitución de la matriz cárnica tradicional por harina de gusano rey (*Zophobas morio*) en diferentes concentraciones. El proyecto se encuentra en fase experimental, y ya se han obtenido datos de contenido nutricional, destacando el contenido proteico y de lípidos, como ácidos grasos insaturados. En este momento, se está en la fase de análisis de datos, además de realizar encuestas a panelistas con pruebas afectivas de tipo hedónico. Hasta el momento, se ha encuestado a 75 ciudadanos en un rango de edad de doce a ochenta años. Del sondeo general, derivado del diálogo con los panelistas, se ha identificado un gusto marcado por las formulaciones híbridas, reconociendo nuevos atributos como la crocancia y un sabor intenso en el producto. Esta investigación tiene el propósito de visibilizar la calidad y oportunidad que ofrece esta fuente proteica alternativa. De esta manera, se pretende incorporar, gradualmente, estos productos en las dietas, mediante el enriquecimiento con productos pulverulentos en las industrias alimentarias tradicionales. Esta se presenta como la mejor opción para la aceptación por parte de la población, considerando el factor de fobia a los insectos y la neofobia hacia productos novedosos por parte de ciertas personas.

Palabras clave: Entomofagia, Productos híbridos, Sostenible, *Zophobas morio* y Percepción sensorial.

Recepción:

17 / nov / 2021

Aceptado:

05 / oct / 2023

Citar como (APA):

Muñoz Castillo, J.S y Malagón Alvira, K.O (2022). Desarrollo de una hamburguesa suplementada parcialmente con harina de gusano rey (*Zophobas morio*) en Bogotá y municipios aledaños. Revista RETO, 10(1), p. 58-67. <http://doi.org/10.23850/reto.v10i1.4242>

Licenciamiento:



Abstract

Entomophagy has emerged as an interesting nutritional and functional alternative to meet the demands of the population and address climate change mitigation and adaptation. The project involves a feasibility analysis for the development of hybrid products, such as a burger in this case, where the traditional meat matrix is replaced with mealworm flour (*Zophobas morio*) in varying concentrations. The project is currently in the experimental phase, with nutritional content data already collected, emphasizing protein and lipid content, including unsaturated fatty acids. Currently, the project is in the data analysis phase, alongside surveys with panelists using hedonic affective tests. To date, 75 citizens within the age range of twelve to eighty years have been surveyed. From the overall feedback gathered through discussions with the panelists, a distinct preference for hybrid formulations has been identified, acknowledging new attributes such as crispiness and intense flavor in the product. The purpose of this research is to highlight the quality and potential of this alternative protein source. Thus, the goal is to gradually incorporate these products into diets by enriching traditional food industries with powdered products. This approach appears to be the best option for gaining acceptance from the population, considering the aversion to insects and neophobia towards novel products held by certain individuals.

Keywords: Entomophagy, Hybrid Products, Sustainable, *Zophobas morio*, Sensory Perception.

Introducción

El planeta está experimentando cambios, y su población ha modificado sus hábitos alimentarios en función de la economía y la producción predominante. En este contexto, se han dejado de lado valiosas alternativas tan antiguas como la propia humanidad. En este proyecto, abordamos una práctica tan preciada como olvidada: la entomofagia, que consiste en el consumo de insectos por parte de los seres humanos. El objetivo de este estudio es desarrollar una hamburguesa enriquecida con harina de gusano rey (*Zophobas morio*) que presente características sensoriales aceptables. El propósito es evaluar el grado de aceptabilidad y la percepción generada en una muestra poblacional de panelistas, que incluye habitantes de la ciudad de Bogotá D.C. y municipios aledaños.

Este proyecto tiene como meta posicionar el consumo de harinas provenientes de insectos como una alternativa proteica frente a las fuentes tradicionales, como los productos cárnicos derivados de la ganadería. Los procesos productivos tradicionales de las fuentes proteicas más comunes, como la industria cárnica y láctea, no son sostenibles ni sustentables a largo plazo. Se estima que estas industrias a gran escala contribuyen significativamente a los efectos acelerados del cambio climático a nivel mundial. La entomofagia se presenta como una interesante alternativa nutricional y funcional para satisfacer las demandas de la población, al tiempo que contribuye a la mitigación y adaptación al cambio climático. Su consumo reducido de recursos naturales, espacio necesario y producción mínima de residuos contaminantes, que además pueden ser aprovechados, contrasta con la ganadería tradicional, que implica un consumo excesivo de recursos y un impacto ambiental significativo para generar la misma cantidad de proteína.

Marco teórico o estado de la técnica

En este contexto, se ha identificado que el problema asociado a las fuentes proteicas tradicionales radica en su elevado consumo de

recursos naturales y terrenos, generando un impacto medioambiental considerable. Este impacto se ve exacerbado por la masiva emisión de gases de efecto invernadero (GEI), como dióxido de carbono, metano y óxido nitroso, entre otros. Estas emisiones equiparan o incluso superan las del sector de transporte. A esto se suma la preocupante disminución de recursos hídricos y el favorecimiento de monocultivos destinados a la alimentación del ganado (Almirón Roig, 2013). Además, como se puede apreciar en la Figura 1, surgen problemas sociales relacionados con los monopolios en la producción, distribución y comercialización de productos cárnicos, así como con el extenso acaparamiento de tierras para sistemas de ganadería extensiva (Manuel et al., 2017).

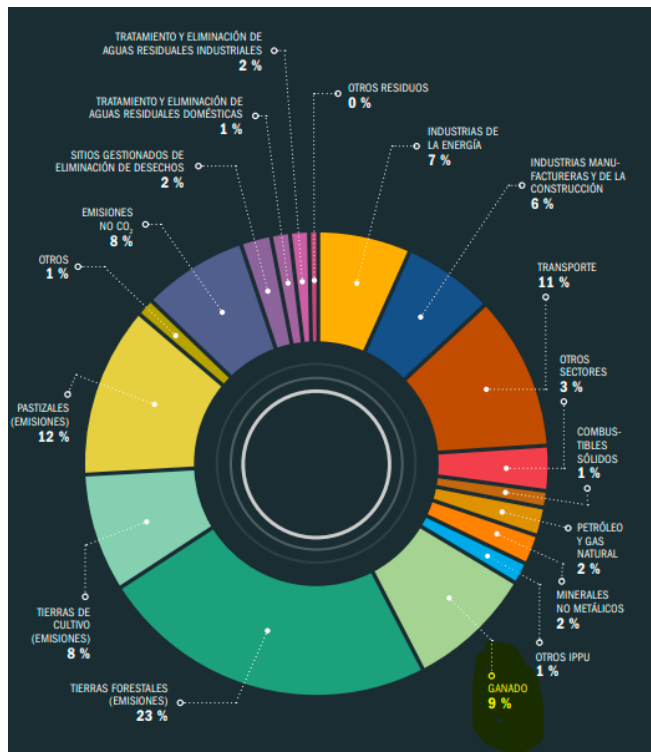


Figura 1. Proyección estadística de emisiones de CO2 totales en los sectores productivos, destacando las emisiones generadas por el sector ganadero.
Nota: Tomado de: Manuel et al, equipo de análisis de cambio climático del IDEAM, en su trabajo ponderado en la “tercera comunicación sobre cambio climático” en su resumen ejecutivo, elaborado el año 2017.

Adicionalmente, surge un inmenso problema de salud pública derivado de los múltiples

padecimientos causados por el consumo regular de productos cárnicos y sus derivados procesados. De acuerdo con las investigaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS), estos productos se encuentran clasificados en la categoría 2ª y 1ª, respectivamente, como promotores de cáncer de diferente índole, especialmente gástrico y de colon. Además, están asociados con enfermedades como la cardiopatía, problemas respiratorios debido a la exposición a los vapores o humos de cocción, y el sobrepeso (Ecobichon, 2018). La Figura 2 ilustra la clasificación de productos potencialmente cancerígenos según la IARC.

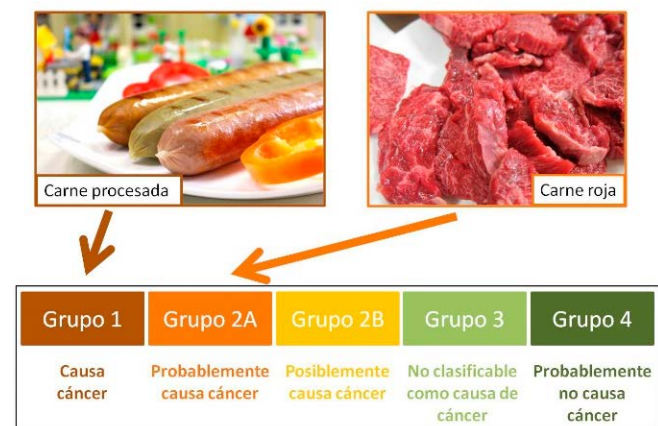


Figura 2. Clasificación de productos considerados como cancerígenos, la carne y los productos cárnicos procesados dentro de las categorías 2ª y 1ª respectivamente. Nota: Tomado de Mejor sin carne <https://mejorsincancer.org/2015/11/05/consumo-de-carne-y-riesgo-de-cancer/>

Algo realmente preocupante si se considera que se proyecta un incremento exponencial en el consumo de estos productos para las próximas décadas, lo que será todo un reto contemplando el factor fundamental y objetivo de estudio de la ingeniería en alimentos, que es asegurar el acceso a alimentos nutritivos e inocuos por parte de la población. De acuerdo a los datos proporcionados por la FAO (SOFI, 2020), se proyecta que para el 2050 la población humana ascienda a 10 mil millones de habitantes, lo que representaría casi el doble de alimentos disponibles actualmente para satisfacer las demandas nutricionales de la población (Arango Gutiérrez, 2005), por eso se aborda esta alternativa tan interesante como es la Entomofagia dada su eficiencia en contraste con la ganadería tradicional, esto se ilustra en la Figura 3.

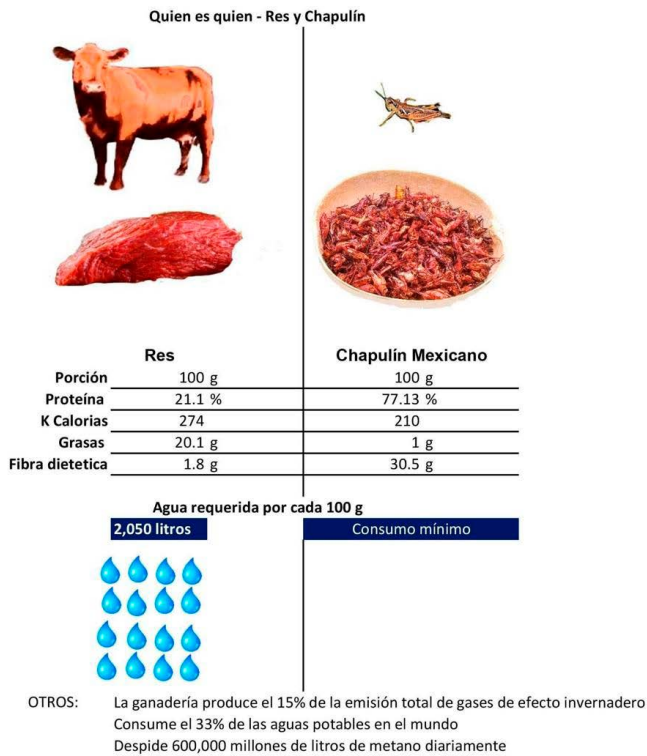


Figura 3. Comparativa de Microganadería vs Ganadería extensiva para la producción de 100g de proteína. *Nota:* Tomado de, Agronet, en su artículo: Entomofagia, estrategia de soberanía alimentaria. <https://www.agronet.gov.co/Noticias/Paginas/Entomofagia,-estrategia-de-soberan%C3%ADa-alimentaria.aspx>

Es importante mencionar que los insectos también se están utilizando a nivel mundial debido a su alta eficiencia en la conversión nutricional de desechos orgánicos en macro y micromoléculas de amplio valor biológico (Rumpold & Schlüter, 2015). Un estudio realizado por un equipo de investigadores en la República Checa evaluó diferentes piensos orgánicos residuales como alimento y sustrato para especies populares en el sector entomófago, como *Zophobas morio*, *Tenebrio molitor* y *Acheta domesticus*. Los resultados obtenidos fueron interesantes a nivel bromatológico y funcional, señalando una considerable variabilidad en la composición entre los ejemplares y las especies según la alimentación suplementada (Supplements, 2020). Además, cabe destacar una peculiar investigación realizada en Brasil, donde las larvas de *Z. morio* fueron alimentadas con fracciones regulares de poliestireno, un polímero termoplástico ampliamente utilizado en el mundo, pero también bastante desechado y desperdiciado debido a los productos de un solo uso. Se determinó que

la especie tiene un potencial considerable para la óptima biodegradación de estos residuos inorgánicos (Medeiros et al., 2018), como se ilustra en la Figura 4.



Figura 4. Ejemplares de *Zophobas morio* en estado larval consumiendo poliestireno molido acondicionado como sustrato para su biodegradación. *Nota:* Tomado de National Geographic. Estos gusanos comen...¡plástico! https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/estos-gusanos-comenplastico_15580

El proyecto consiste en el análisis de viabilidad para el desarrollo de productos híbridos, como en este caso, una hamburguesa con sustitución de la matriz cárnica tradicional por harina de gusano rey (*Zophobas morio*) en diferentes concentraciones. Teniendo en cuenta los datos referenciados, se considera óptima una incorporación baja de la matriz proteica entomófaga a los productos tradicionales mediante harinas de insecto, para lograr una mayor y gradual aceptabilidad por parte del consumidor a esta opción alimentaria (Avendaño et al., 2020). En este estudio se manejan tres niveles de formulación: 0% de sustitución, 10% y 20%. Esto con el propósito de medir la incidencia de la matriz entomófaga en la aceptabilidad y preferencia del producto en comparación con los productos tradicionales de la industria cárnica, como las hamburguesas.

Metodología

Para el desarrollo experimental se realiza un acondicionamiento inicial de la materia prima (Larvas óptimas de *Zophobas morio*) por medio de la selección de ejemplares que fueron adquiridos con un proveedor de alimento vivo y criados por el autor en condiciones óptimas de temperatura (28 – 32 °C) en el municipio de Ricaurte-Cundinamarca, se criaron durante siete semanas con un régimen

alimentario regulado como se observa en la Figura 5.



Figura 5. Acondicionamiento de la materia prima.
Nota: Criadero acondicionado (izq.) Fase de alimentación con frutas para hidratación (der.) cada 2-3 días.

Los ejemplares se trasladan a la ciudad de Bogotá, donde se alimentan durante cinco días adicionales. Posteriormente, se someten a un ayuno de dos días, conforme a lo recomendado por la literatura (Kouřimská & Adámková, 2016). Este ayuno tiene como objetivo suspender los procesos digestivos y la subsecuente producción de residuos en el organismo de los insectos. A continuación, son sometidos a un estado de congelación durante un periodo de 15 a 20 minutos, con el fin de inducir la latencia y reducir sus signos vitales al mínimo para el posterior sacrificio, como se puede apreciar en la Figura 6.



Figura 6. Congelamiento y selección de ejemplares.
Nota: Almacenado en congelador para llevar a estado de latencia (izq.) selección de ejemplares insensibilizados y pesado previo al sacrificio (der.)

El autor se traslada a las instalaciones de la Universidad para acondicionar la materia prima destinada a la posterior molienda y generación del producto pulverulento fino, tipo harina de *Zophobas morio*. Este acondicionamiento se logra mediante un shock térmico a 75 °C, con el

objetivo de llevar a cabo un sacrificio óptimo de la especie. El proceso se realiza durante un tiempo de 5 a 10 minutos, con la finalidad adicional de eliminar la carga microbiana, mohos o levaduras residuales que puedan quedar en la materia prima. Es importante señalar que, considerando la cría inocua y monitoreada, estos valores suelen ser bajos o nulos. En la Figura 7 se ilustra detalladamente el proceso.



Figura 7. Acondicionamiento de la materia prima.
Nota: Medición de temperatura óptima para shock térmico (izq.) Inmersión de la muestra insensibilizada al recipiente con agua a 72 °C para el sacrificio (der.)

Después del sacrificio, se lleva a cabo el secado de la muestra mediante un horno de secado convectivo a una temperatura de referencia de 95 °C durante 5 horas. Este procedimiento tiene como objetivo disminuir la actividad de agua de la muestra y prepararla para la molienda posterior. El proceso completo se ilustra detalladamente en la Figura 8.



Figura 8. Secado de la materia prima. Nota: Preparación de muestra para el secado (izq.) Muestra ubicada en el horno de secado convectivo a 95 °C durante 5 horas (der.).

A continuación, se retira la muestra seca del horno, se permite que se enfríe y luego se lleva a cabo el proceso de molienda. En ambos casos, se pesa antes y después, tal como se muestra en la Figura 9. Para este propósito, se utiliza una licuadora, considerando tanto la cantidad de la muestra como la estructura de la materia prima previamente secada.



Figura 9. Pesaje de la materia prima. *Nota:* Pesaje de muestra seca previo a la molienda (izq.) Muestra molida por licuadora pesada y almacenada para análisis bromatológicos (der.).

Para la parte del análisis sensorial, se contempla en principio llevar a cabo un diseño completamente aleatorizado unifactorial (DCA), que presenta 3 niveles en los cuales se variaron los porcentajes de carne por la harina de gusano rey. Estos porcentajes van desde el 78% hasta el 58%, mientras que la harina de gusano rey varía desde el 0% hasta el 20% en relación con la formulación inicial. La composición adicional incluye un 13% de grasa de res, un 6% de almidón de papa, un 1,4% de sal y un 1% de hielo en escarcha, siendo el resto constituido por carne de res molida, especias y aditivos (Ver Tabla 1).

Tabla 1

Nivel	%Carne	%Harina de Z. morio	% de sal	%CHO	%H ₂ O	Aditivos y especias	Total
1	78	0	1,4	6	1,1	0,5	100
2	68	10	1,4	6	1,1	0,5	100
3	58	20	1,4	6	1,1	0,5	100

DCA para adición de harina de gusano rey sustituyendo porcentaje de carne de res.

Las variables de respuesta es proporcionadas por los panelistas, quienes califican las percepciones sensoriales o características organolépticas mediante la degustación y los formatos de encuesta, con un total de tres experimentos. El procesamiento de los datos se llevó a cabo mediante un análisis de varianza (ANOVA), que incluyen el cálculo de medidas de tendencia central como la media, la desviación estándar, $\bar{X}$ y $\bar{X}^2$. Además, se aplicó la prueba t con un nivel de significancia del 5%. Finalmente, el análisis e interpretación posteriores se realizaron mediante el software estadístico miniTab-16, utilizando los

resultados obtenidos de las diferentes pruebas sensoriales.

La población a la que se le realizó el panel sensorial se encontraba en la ubicación del autor, en zonas cercanas a la Universidad Agraria y, también incluyó, a personal identificado en la feria de emprendimiento en el municipio de Chía. Las pruebas sensoriales se llevaron a cabo con alrededor de 75 personas, una muestra mínima significativa para obtener datos ajustados al objetivo, que es determinar el potencial del producto enriquecido frente al producto tradicional.

Se contó con la participación de una población en un rango total de doce a sesenta años de edad, considerando factores clave estudiados, como que el producto es más aceptado por la población joven y los adultos jóvenes, que fueron la población objetivo. La medición de la categoría por aceptabilidad con una escala hedónica permitió definir la percepción del consumidor ante estímulos generados tras la degustación del producto, estableciendo, mediante la escala, la calificación del criterio mencionado por parte del consumidor (Domínguez, 2007). Se manejaron un total de cinco parámetros o características a evaluar: sabor, textura, apariencia, palatabilidad y aroma.

Se empleó una escala hedónica de 1 a 5, donde 1 es el valor mínimo y 5 el máximo. En la Tabla 2 se ilustra la estructura proyectada de las diferentes escalas hedónicas que se planea emplear:

Tabla 2

Escala hedónica	
5.	Me gusta mucho
4.	Me gusta
3.	Me es indiferente
2.	No me gusta
1.	Me disgusta mucho

Escala hedónica empleada para evaluación de los parámetros contemplados

El análisis de 1,132 ejemplares seleccionados y tratados resultó en un peso inicial de 480 gramos. Después del secado, la muestra, con una reducción de contenido de agua libre, pesó 185 gramos. Tras la molienda, se registró una pérdida mínima,

dando como resultado un peso final de muestra de 183 gramos, que se llevó para el análisis.

El mismo día, el autor se trasladó al laboratorio externo Biotrends S.A en Engativá, Bogotá, para las determinaciones bromatológicas de la materia prima. Tras entregar la muestra, los análisis tomaron un total de diez días para obtener los resultados, que se presentan en la Tabla 3.

En cuanto al análisis sensorial, se utilizaron 1,086 ejemplares de *Zophobas morio*, que siguieron el mismo proceso que las larvas utilizadas para el análisis bromatológico en términos de ganancia de peso, tratamiento y obtención de la harina. Se suplementó esta harina en las formulaciones con alrededor de 300 gramos en las diferentes concentraciones, para un total de 3,000 gramos de muestra (aproximadamente 1,000 gramos por formulación). Se encuestó a un total de 100 panelistas para los cuales se prepararon 300 muestras de hamburguesas (3 por participante), cada una de 10 gramos. El registro fotográfico del proceso se puede apreciar en la Figura 10.



Figura 10. Registro fotográfico del proceso. *Nota:* Pesado de materia cárnica y harina entomófaga de *Zophobas morio* (izq.), mezclado de ingredientes (centro), pesado de la muestra y refrigerado de las muestras previo al panel sensorial (der.).

Las variables de respuesta fueron proporcionadas por los panelistas, quienes calificaron las percepciones sensoriales o características organolépticas a través de la degustación y el llenado de formatos de encuesta para interpretar sus percepciones, en un total de tres experimentos. A continuación, en la Figura 11 se presenta el registro fotográfico del diligenciamiento en las diferentes sesiones:



Figura 11. Registro fotográfico consecutivo de las cinco sesiones realizadas para el paneo sensorial del producto.

El procesamiento de los datos recopilados se llevó a cabo mediante un ANOVA, contemplando el cálculo de medidas de tendencia central como la media, desviación estándar, X , X^2 , además de la prueba t , con un nivel de significancia del 5%. Posteriormente, el análisis e interpretación se realizó mediante el software estadístico miniTab-16 con los resultados obtenidos de las diferentes pruebas sensoriales.

Después de las charlas con los panelistas posteriores al panel, se pudo sondear preliminarmente, identificando una predilección generalizada por las formulaciones híbridas levemente sustituidas (10% y 20%). Aunque aún no se ha realizado el sondeo estadístico de los datos, se puede establecer que se ha respondido a la pregunta problema. Es posible el desarrollo de una hamburguesa parcialmente sustituida con harina entomófaga, destacando atributos como la crocancia, mayor densidad, sabor y aroma en la formulación en comparación con la formulación tradicional. Esto se plantea como un interesante punto de partida para el desarrollo de más formulaciones suplementadas con harina de insectos comestibles en una amplia gama de productos, así como la hibridación con especies de insectos comestibles, como en este caso, la especie *Zophobas morio atratus*, conocida como gusano rey.

Resultados y discusión

A continuación, en la Tabla 3 se presentan los resultados del bromatológico realizados a la materia prima que en este caso fue la harina de *Zophobas morio*:

Tabla 3

Parámetro	Método	Resultado	Unidades
Humedad	PLF-008 version 3 (Gravimetría- secado en estufa a 105 °C.)	7,3	
Sólidos totales	AOAC 925.10. Ed 21:2019 (Gravimetría).	92,7	

Parámetro	Método	Resultado	Unidades
Proteína total	ISO 1871:2009 (Kjeldahl) (Alimentos para consumo humano y animal) Acreditado.	33,9	g/100g
Grasa total	P-LF-003 Versión 2 (Extracción etérea, Soxhlet).	43,5	
Fibra cruda	(Hidrólisis ácida, alcalina y calcinación).	9,2	
Cenizas	P-LF-001 Versión 5 (Gravimetría - calcinación a 600°C).	5,9	
Carbohidratos totales	Cálculos por diferencia.	9,4	

Resultados de los análisis bromatológicos realizados a la harina de *Zophobas morio*. Nota: Fuente Briotrends S.A.

Se lleva a cabo el análisis estadístico de los datos recopilados de los paneles sensoriales realizados. A continuación, las Figuras 12, 13, 14 y 15 presentan las gráficas con los promedios de calificación de las muestras y un promedio ponderado de valoración de los paneles realizados.



Figura 12. Valores ponderados de la muestra control (0% sustitución proteica)



Figura 13. Valores ponderados muestra levemente suplementada (10% sustitución proteica)



Figura 14. Valores ponderados muestra moderadamente suplementada (20% sustitución proteica)



Figura 15. Valoración promedio de las formulaciones

Discusión

Después de revisar los análisis, se pueden hacer las siguientes observaciones. En cuanto a los datos del análisis bromatológico, se confirma el rango de macromoléculas reportado en otros estudios con la materia prima entomófaga, con rangos de proteínas de 45-30 g% y contenido lipídico de 50-35% en peso seco de las muestras evaluadas en estudios previos (M. D. Abd Rahman Jabir, 2012), (Park et al., 2013), (Rumpold & Schlüter, 2015), (Adámková et al., 2016) y (Martinis, 2020). Esto confirma el amplio potencial y versatilidad de esta materia prima, cuyo contenido nutricional la hace ideal para su uso como suplemento nutricional. Sin embargo, su perfil de ácidos grasos impide su incorporación como ingrediente principal en una dieta regular, como señalaron Benzertiha et al. (2020) en su estudio nutricional. Aunque la composición de los ejemplares puede gestionarse según la dieta suplementada a los ejemplares de *Zophobas morio* destinados para la alimentación humana (Supplements, 2020).

En relación con el análisis sensorial, a partir del sondeo estadístico de los datos obtenidos de los paneles sensoriales, se pueden hacer varias afirmaciones interesantes sobre el proyecto, como se mencionó en los objetivos y la pregunta problema. Fue posible elaborar una hamburguesa con sustitución proteica parcial con características sensoriales aceptables para la población. De las tres formulaciones, la muestra control y la levemente suplementada 111 (10% de sustitución proteica cárnica por entomófaga) fueron las que presentaron mayor predilección en general. Aunque la muestra 111 fue superior en parámetros como apariencia, textura y palatabilidad, la muestra 000 fue la que mostró la mayor preferencia en parámetros de sabor y aroma. Después del diálogo con los panelistas, se identificó la mayor preferencia por las formulaciones mencionadas, lo cual se corroboró al revisar la distribución de los datos analizados para cada uno de los niveles experimentales.

Sin embargo, las características de la formulación 222 fueron bastante apetecidas por ciertos panelistas, quienes señalaron que los insectos incorporados aportaban crocancia, aroma,

sabor y mayor densidad a la formulación. Estos datos son coherentes con estudios que también realizaron análisis sensoriales con población que destacó las bondades de la materia prima entomófaga (Hernani, 2017). Cabe mencionar que un porcentaje bajo de los panelistas expresó desagrado, principalmente debido a la presencia de insectos. Esto se entiende y, en muchos casos, se puede manejar con un óptimo molido del producto. En este caso, el molido fue semiartesanal, y los tamaños de partícula fueron irregulares y, en algunos puntos, notorios. No obstante, de acuerdo con los estudios referenciados, estamos ante una excelente opción nutricional con características adecuadas a nivel funcional para población que demande un alto nivel de proteína y energía (Hernandez et al., 2019).

En cuanto al análisis estadístico detallado, se puede confirmar la información del análisis general. Al analizar los valores del DCA, concretamente, los valores F calculados son menores a los F tabulados, lo que indica que no hay una diferencia significativa o un alto grado de variabilidad entre las muestras tanto cárnicas como híbridas. La formulación 222 presentó un mayor grado de variabilidad entre las percepciones en la escala hedónica propuesta, ya que su F calculado fue mayor debido a la mayor variación dentro de las calificaciones de los panelistas. Le sigue la muestra 000, y finalmente la 111 fue la formulación con mayor preferencia y agrado general después del diálogo con los participantes y el análisis estadístico general de varianza de los datos recopilados. Estos resultados son prometedores para productos híbridos que contengan la materia prima proteica de tipo entomófago en el sector cárnico y otras industrias, como la panificación, pastelería, confitería, suplementos nutricionales, aderezos y productos preparados. Sin embargo, será necesario evaluar su comportamiento reológico para la incorporación, cocción y conservación, dependiendo del tipo de procesamiento y el consumidor objetivo del producto en la sustitución (Scholliers et al., 2020).

Conclusiones

De acuerdo con el proyecto ejecutado hasta el momento, se pueden derivar varias conclusiones de interés.

- La especie *Zophobas morio* destaca entre los tenebrionidos por su óptimo tamaño y capacidad de degradación de residuos orgánicos y materiales como el poliestireno con una óptima conversión de moléculas orgánicas en nutrimentos de alto valor biológico.
- La mejor opción para asegurar la rentabilidad en este mercado es tener una cantidad considerable de ejemplares reproductores para garantizar producciones regulares a gran escala para el procesamiento rentable de harinas entomófagas (Supplements, 2020), de esta manera, podrán empezar a incluirse y paulatinamente posicionarse en el mercado y en la sociedad como una opción promisorio para la seguridad alimentaria sumado esto a la optimización de corrientes laterales y desperdicios orgánicos, contribuyendo al bienestar de la población, medio ambiente y formas de vida con las que compartimos el planeta. (Park et al., 2013).
- Se concluye que hay un potencial considerable en la harina de gusano rey *Zophobas morio* para usarse como alternativa alimenticia, siendo esta una fuente proteica (con un 34% de proteína) y energética (con un 43% de lípidos) prometedora y que puede ser incluida en productos de consumo general, como la mencionada hamburguesa.

Referencias:

- Almirón Roig, N. (2013). Alimentación y calentamiento global: «la larga sombra del ganado» en la prensa española. *Estudios Sobre El Mensaje Periodístico*, 19(1), 17–33. <https://doi.org/10.5209/rev-ESMP.2013.v19.n1.42505>
- Arango Gutiérrez, G. P. (2005). Los insectos: una materia prima alimenticia promisorio contra la hambruna. *Revista Lasallista de Investigación*, 2(1), 33–37. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=23405487&lang=es&site=ehost-live>
- Avendaño, C., Sánchez, M., & Valenzuela, C. (2020). Insectos: son realmente una alternativa para la alimentación de animales y humanos. *Revista Chilena de Nutrición*, 47(6). <https://doi.org/10.4067/s0717-75182020000601029>
- Domínguez, M. R. (2007). Guía para la Evaluación Sensorial de Alimentos. *Instituto de Investigación Nutricional–IIN Consultora-AgroSalud*, 2–45. www.iin.sld.pe
- Ecobichon, D. J. (2018). Toxicology and risk assessment. *Foodborne Disease Handbook, Second Edition, Revised and Expanded: Volume 4: Seafood and Environmental Toxins*, 5(1), 347–376. <https://doi.org/10.1201/9781351072113>
- Kouřimská, L., & Adámková, A. (2016). Nutritional and sensory quality of edible insects. *NFS Journal*, 4, 22–26. <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2016.07.001>
- Manuel, J., Calderón, S., S, J. E. M., Der-, A., Pulido, G., Gutiérrez, J. E., C, J. R., María, A., González, A., A, M. E., Implemen-, E. C. M. De, Javier, F., Lara, E., Torres, O. F., & Torres, O. F. (2017). *Tercera comunicación nacional de colombia*.
- Medeiros, A. da S., Tomoto, A. L. da S., Araújo, J. H. B. de, Bragion, G. da R., Garbin, B., Cherulli, G. de M. S. B., & Matos, I. V. de. (2018). Biodegradação de poliestireno expandido utilizando *Tenebrio molitor* Linnaeus, 1758 (Coleoptera: Tenebrionidae) e *Zophobas morio* Fabricius, 1776 (Coleoptera: Tenebrionidae). *Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, 5(9), 271–279. <https://doi.org/10.21438/rbgas.050918>
- Park, H. C., Jung, B. H., Han, T., Lee, Y. B., Kim, S., & Kim, N. J. (2013). 도입된 상업용 거저리 (*Zophobas atratus*) 의 분류 및 형태유사종 갈색거저리 (*Tenebrio molitor*) 와 대왕거저리 (*Promethis valgipes*) 와의 DNA 바코드 특성 분석 *Taxonomy of introduced commercial insect, Zophobas atratus (Coleoptera; Tenebrionidae) and a comparison of DNA barcoding with si*. 51(2).
- Rumpold, B. A., & Schlüter, O. (2015). Insect-based protein sources and their potential for human consumption: Nutritional composition and processing. *Animal Frontiers*, 5(2), 20–24. <https://doi.org/10.2527/af.2015-0015>
- SOFI. (2020). *El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo*. Fao.
- Supplements, F. (2020). Evaluation of Organic Wastes as Substrates for. di.

En esta edición

- Generalidades sobre métodos de desinfección mediante radiación UV
- Revisión bibliométrica del aprovechamiento de la visión artificial en Suramérica al 2022
- El acceso a la información como primer escalón en las etapas de inversión para la reducción efectiva de consumo de energía
- Propuesta para desarrollo e instauración de un protocolo sanitario para caninos de terapia asistida intrahospitalaria
- Desarrollo de una hamburguesa suplementada parcialmente con harina de gusano rey (Zophobas morio) en Bogotá y municipios aledaños

