

APLICACIONES DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA MEDICINA



¿Pudo la IA ayudar a los médicos durante la pandemia de COVID-19?

Pandemia y Tecnología: IA para la predicción de casos letales de COVID-19

Señales electroencefalográficas para detectar movimiento en extremidades

Control de un prototipo de prótesis mediante comandos de voz

Identificación de Frecuencias Respiratorias Anormales con señales Wi-Fi

IA en la salud: procesamiento de imágenes para el médico

Bastón Ultrasonico para personas con debilidad visual

Detección de dolor en la señal cerebral usando IA

Diabetes, IA e IoT Médicas: Nuevas tendencias en la medicina

IA para el diagnóstico temprano del Cáncer de Mama

Robótica Médica para Rehabilitación de Miembro Superior





©Komputer Sapiens, Año XV Volumen I, enero-abril 2023, es una publicación cuatrimestral de la Sociedad Mexicana de Inteligencia Artificial, A.C., con domicilio en Ezequiel Montes 56 s/n, Fracc. los Pilares, Metepec, Edo. de México, C.P. 52159, México, <http://www.komputersapiens.org>, correo electrónico: editorial@komputersapiens.org, tel. +52 (833)357.48.20 ext. 3024, fax +52 (833) 215.85.44. Impresa por Sistemas y Diseños de México S.A.

de C.V., calle Aragón No. 190, colonia Álamos, delegación Benito Juárez, México D.F., C.P. 03400, México, se terminó de editar el 14 de enero de 2023.

Reserva de derechos al uso exclusivo número 04-2009-111110040200-102 otorgado por el Instituto Nacional de Derechos de Autor. ISSN 2007-0691.

Los artículos y columnas firmados son responsabilidad exclusiva de los autores y no reflejan necesariamente los puntos de vista de la Sociedad Mexicana de Inteligencia Artificial. La mención de empresas o productos específicos en las páginas de Komputer Sapiens no implica su respaldo por la Sociedad Mexicana de Inteligencia Artificial.

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio, de la información aquí contenida sin autorización por escrito de los editores.

Komputer Sapiens es una revista de divulgación en idioma español de temas relacionados con la inteligencia artificial. Creada en \LaTeX , con la clase **papertex** disponible en el repositorio *CTAN*: Comprehensive TeX Archive Network, <http://www.ctan.org/>

Indizada en el IRMDCT de CONACYT y en Latindex.

	Directorio SMIA	Directores Fundadores	Sonia Moreno Grau
Presidente	Ildar Batyrshin	Carlos Alberto Reyes García	Sandra Nava Munoz
Vicepresidente	Oscar Herrera Alcántara	Ángel Kuri Morales	Nancy Pérez Castro
Secretario	Francisco Hiram Calvo Castro		María de la Concepción Pérez de Celis Herrero
Tesorera	María de Lourdes Martínez Villaseñor	Comité Editorial	Otniel Portillo Rodríguez
Vocales:	Obdulia Pichardo Lagunas	Ildar Batyrshin	Ericka Janet Rechy Ramirez
	Sabino Miranda Jiménez	Oscar Herrera Alcántara	Nora Reyes
	Roberto A. Vázquez Espinoza de los Monteros	Jesús Favela Vara	Leonardo Romero
	Hiram Erendin Ponce Espinosa	Sofía Natalia Galicia Haro	Victor Ruiz
	Noé Alejandro Castro Sánchez	Miguel González Mendoza	Edgar Salazar Fernandez
	Iris Iddaly Méndez Gurrola	Raúl Monroy Borja	Gildardo Sanchez Ante
	Omar Montaña Rivas	Eduardo F. Morales Manzanares	Ángel Sánchez García
	Néstor Velasco Bermeo	Leonardo Garrido Luna	Alejandra Silva
	Gustavo Arroyo Figueroa	Carlos Alberto Reyes García	Joaquín Tripp Gudiño
	Sofía Natalia Galicia Haro	Antonio Sánchez Aguilar	
	Juan Crisoforo Martínez Miranda	Luis Enrique Sucar Succar	
	Iván Olvera Rodríguez	Ángel Kuri Morales	
	Leobardo Morales Tiburcio	José A. Martínez Flores	
	Gilberto Ochoa Ruiz	Juan Manuel Ahuactzin Larios	
	David Eduardo Pinto Avendaño	Manuel Montes y Gómez	
	Antonio Marín Hernández	Ofelia Cervantes Villagómez	
	César Jesús Núñez Prado	Alexander Gelbukh	
		Grigori Sidorov	
		Laura Cruz Reyes	
		Ramon Brena Pinero	
		Juan Humberto Sossa Azuela	
		Félix Castro	
	Komputer Sapiens	Árbitros	
Director general	Ildar Batyrshin	Héctor Acosta Mesa	
Editora en jefe	Karina Mariela Figueroa Mora	Rocio Aldeco Pérez	
Editor científico	Héctor Gabriel Acosta Mesa	Giner Alor Hernandez	
Editores asociados	Marco Antonio Aguirre Lam	Cleto Alvarez Aguilar	
	Laura Cruz Reyes	Rocío Barrientos Martínez	
Editores invitados	Arturo López Pineda	José Camarena Ibarrola	
Coordinadora de producción	Viridiana Mena Gómez	Juana Camul Reich	
e-Tlakuilo	Karina Figueroa	Victoria Cepeda Espinoza	
	Rosa María Valdovinos	Claudia Feregrino	
Estado del IArte	Reyna Carolina Medina Ramírez	Karina Figueroa Mora	
	Jorge Rafael Gutiérrez Pulido	Luis Miguel García Velázquez	
Sakbe	Claudia G. Gómez Santillán	Anel Gomez Garcia	
	Laura Cruz Reyes	Gilberto Gonzalez	
	Laura Gómez Cruz	Felix F. Gonzalez Navarro	
Deskubriendo Konocimiento	Alejandro Guerra Hernández	Karina Gutiérrez Fragoso	
	Gildardo Sánchez Ante	Angélica Guzmán	
Asistencia técnica	Alan G. Aguirre Lam	Sergio Hernandez Mendez	
Corrección de estilo	Gilberto Rivera Zárate	Guillermo Hoyos Rivera	
	Marcela Quiroz Castellanos	Ismael Kelly Pérez	
	Sonia Lilia Mestizo Gutiérrez	Leopoldo Julian Lechuga Lopez	
	Guillermo de Jesús Hoyos Rivera	Adriana López Lobato	
	Susana Aurora Velasco Montiel	Arturo Lopez Pineda	
	Nicandro Cruz Ramírez	Antonio Marin Hernandez	
	Leonardo Romero Muñoz	Aldo Marquez Grajales	
	Nelson Rangel Valdez		
	José Antonio Camarena Ibarrola		
	Luis Miguel García Velázquez		
	Héctor J. Fraire Huacuja		
Portada	María Fernanda Hernández Arroyo		

ARTÍCULO ACEPTADO

Pandemia y Tecnología: Un enfoque de la Inteligencia Artificial para la predicción de casos letales de COVID-19

Irvin Uriel Nopalera Angeles, Ángel Hernández Castañeda, Everardo Efrén Granda Gutiérrez, René Arnulfo García Hernández y Yulia Nikolaevna Ledeneva

Introducción

El presente artículo tiene como uno de sus principales propósitos el generar interés e inquietud a los lectores sobre los alcances y aplicaciones de la computación y la inteligencia artificial en el sector salud. En este sentido, se organiza este escrito en una pequeña introducción sobre la problemática planteada, algunos conceptos básicos de gran relevancia en la solución del problema y finalmente una sección donde se observan los resultados obtenidos.

Para comenzar, adentrando en la problemática, se describe a una de las afecciones relacionadas con la salud de mayor relevancia en los últimos años ocasionado por el virus SARS-CoV-2, causante de la enfermedad denominada "COVID-19", el cual es un padecimiento relacionado con síntomas respiratorios severos, culpable de miles de muertes a nivel mundial. Desde su aparición en la ciudad de Wuhan, China, a finales del año 2019, se ha extendido por todo el mundo de manera alarmante, convirtiéndose en una de las principales problemáticas en el ámbito social, económico y político, debido a los cambios adoptados para intentar decrementar su propagación [1].

La organización mundial de la salud, en colaboración con múltiples naciones, han permitido desentrañar a lo largo de estos años parte de las características que atañen a esta enfermedad, permitiendo conocer gradualmente la sintomatología y factores precedentes que son relacionados con la gravedad en que el SARS-CoV-2 afecta a cada individuo [2]. Tan solo en México, existen organismos derivados de la secretaría de salud que mantienen un

constante estudio sobre la evolución de esta enfermedad en pacientes con diferentes padecimientos médicos como diabetes y obesidad, las cuales son afecciones comunes en un gran número de la población en este país [3].

En este sentido, derivado del gran abastecimiento de información sobre esta enfermedad, se realiza un análisis de los factores que definen la letalidad del COVID-19 utilizando Redes Neuronales Artificiales, las cuales son técnicas derivadas de la inteligencia artificial útiles en el estudio de patrones, tendencias y predicciones, estableciendo como uno de los principales objetivos el estar un paso adelante en la toma de decisiones para disminuir la frecuencia de casos mortales [4].

Padecimientos más comunes en México

Según la secretaría de salud, existen factores de riesgo y padecimientos médicos que pueden afectar en gran medida a la población en México, que además presentan una estrecha relación con casos de gravedad durante el contagio con COVID-19, los más destacados son: embarazo, diabetes, enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), asma, neumonía, problemas cardiovasculares, inmunosupresión, hipertensión, obesidad, tabaquismo y problemas renales crónicos [3].

Algunos de estos factores son identificados en un gran número de pobladores de la sociedad mexicana, principalmente como consecuencia de un ritmo de vida acelerado, falta de hábitos alimenticios saludables o consumo de productos o sustancias dañinas para la salud [5].

Los padecimientos médicos incrementan las posibilidades de presentar complicaciones respiratorias severas durante el contagio con COVID-19

Redes Neuronales Artificiales: Un enfoque de la inteligencia artificial

El concepto de inteligencia artificial es un término adoptado en una amplia gama de ciencias, pero en términos generales se define como la capacidad de las máquinas para ejecutar programas, algoritmos e instrucciones para aprender y tomar decisiones de manera autónoma como lo haría un ser humano [6]. Dentro de esos algoritmos se

destacan las redes neuronales artificiales, las cuales son técnicas que imitan el proceso biológico de aprendizaje del cerebro humano, realizado por las neuronas. Esto es posible en parte por la composición de estas células, las cuales están conformadas por dendritas, sinapsis, axón, cuerpo celular y conexiones con más neuronas, como se muestra en la Figura 1 [7]. Por otra parte, la representación en términos computacionales denominada "neurona

artificial” es visualizada en la Figura 2, observando los detalles que emulan las características de una neurona biológica en una versión que es posible representar numéricamente a través de entradas y salidas en una computadora [6].

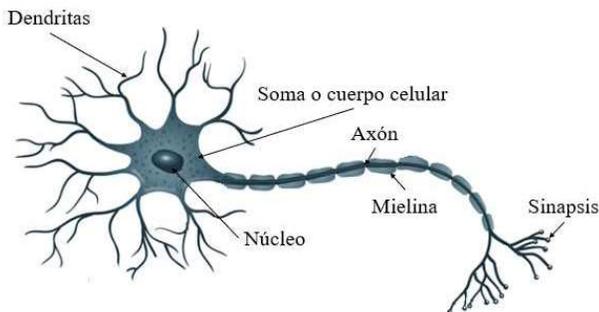


Figura 1. Estructura de una neurona biológica.

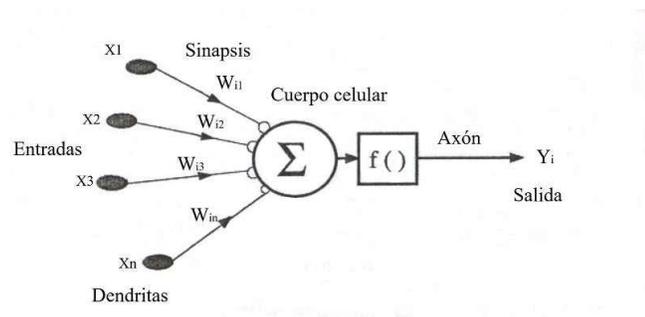


Figura 2. Estructura de una neurona artificial.

El proceso de aprendizaje de las redes neuronales es realizado mediante un entrenamiento que puede ser supervisado o no supervisado. En el primer caso, donde el entrenamiento es supervisado, se le proporciona a la red neuronal un conjunto de datos que le van a permitir aprender y generar un conjunto de respuestas de salida deseadas, que por defecto ya se conocen. Por el contrario, en el aprendizaje no supervisado son presentados a la red datos como entrada, pero aquí no se conoce lo que se debe generar a la salida. Por lo tanto, este aprendizaje no supervisado agrupa patrones utilizando cálculos estadísticos según características de proximidad entre el

conjunto de datos de entrada [7]. Para comprender esto de manera más clara se describe en la Figura 3 la estructura que tiene una red neuronal artificial convencional.

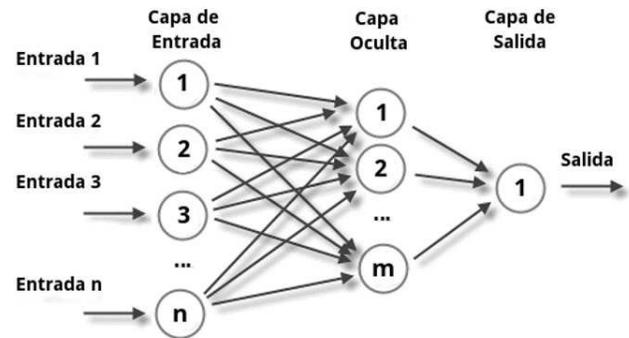


Figura 3. Estructura general de una red neuronal artificial.

Como se describió anteriormente, las redes neuronales son útiles para procesar datos y encontrar relaciones en un gran número de problemáticas. Es por ello que se toma en cuenta como una gran propuesta para lograr delimitar aquellos casos que son considerados como graves o de alto riesgo al momento de contraer COVID-19, los cuales en su gran mayoría requieren de ventiladores mecánicos para tratar de conservar la oxigenación nominal de los pacientes y disminuir el riesgo de mortalidad.

Transformación de datos para entrenamiento de una Red Neuronal

La transformación o codificación de la información es un preprocesamiento necesario de los datos para posteriormente ser presentados a la red neuronal y obtener un conjunto de resultados deseados. Además, en esta etapa se debe asegurar que la información que alimenta la red corresponde de manera significativa al problema a resolver. Para el problema de predicción de pacientes de alto riesgo por contagio de COVID-19 se utilizaron datos históricos proporcionados por la Dirección General de Epidemiología [3], la cual contiene información sobre las afecciones médicas que los pacientes tienen al momento de contraer la enfermedad viral, así como la edad y el sexo del individuo. Sin embargo, para lograr procesar esta información por medio de una computadora es necesario realizar la conversión de este conjunto de datos, de tal manera que la representación del problema se simplifique y sea entendible en términos computacionales.

Las computadoras transforman la información en números binarios de ceros y unos para lograr comprender y procesar la información

Una de las representaciones más utilizadas es por medio de vectores, donde se enlistan mediante notaciones de ceros y unos cuando existe o no un padecimiento. Por lo tanto, para esta aplicación se delimitó con “0” cuando no se tiene el tipo de enfermedad al momento de contraer COVID-19 y en “1” si es que sí se presenta. Además de esto, establecer de igual forma en “0” cuando el sexo corresponde al género masculino y en “1” cuando se es femenino, simplificando la representación de cada caso para su fácil procesamiento.

Por otra parte, cuando se desea implementar un entrenamiento supervisado, se debe establecer la salida deseada al término de la red, por lo tanto, para especificarle cuando el conjunto de padecimientos evaluados dieron como resultado un paciente grave, se denomina con un “1” y con un “0” cuando el paciente no presento ninguna clase de complicación respiratoria fuerte. Todo esto en forma de lista o vector como se describe en la Figura 4.

	Embarazo	Diabetes	EPOC	Asma	Neumonía	Problemas Cardiovasculares	Inmunosupresión	Hipertensión	Obesidad	Tabaquismo	Renales crónicos	Sexo
1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1
2	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0
n	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Vectores de salida	1
	0

Codificación de padecimientos (Vectores de entrada)

Figura 4. Composición de los datos a la entrada y salida de la red neuronal.

Diseño Experimental

Los datos que se utilizaron en este problema tienen una extensión de 100,000 registros, los cuales fueron divididos en dos bloques: entrenamiento y validación. El primer conjunto equivale al 80% de los datos, mientras que el restante son conservados para evaluar la predicción con un parámetro de evaluación denominado precisión. Por otra parte, la programación de la red fue elaborada en el lenguaje Python, el cual permite el procesamiento de datos mediante matrices. Además de esto, cabe mencionar que las redes neuronales contienen capas con neuronas ocultas donde se realiza el proceso de aprendizaje mediante operaciones matemáticas, empleando para esta propuesta 3 capas ocultas con 8 neuronas cada una. De igual manera, se utilizó la función de activación descrita en la ecuación (1) [8], la cual delimita los resultados de la red neuronal en un intervalo específico y mantiene un mejor control en las predicciones.

$$f(x) = \frac{2}{1 + e^{-2x}} - 1 \tag{1}$$

La función $f(x)$ puede observarse gráficamente mediante la Figura 5, visualizando que tiene como límites desde -1 hasta 1, lo que significa que durante las predicciones solo generará valores dentro de ese intervalo.

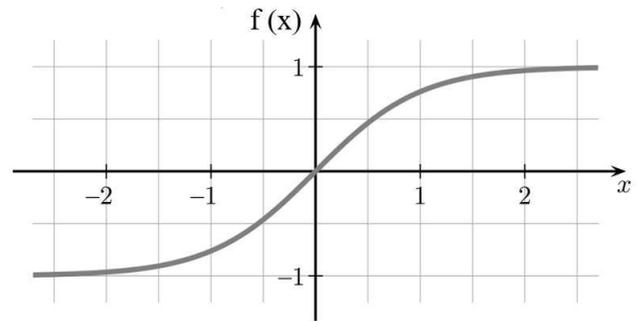


Figura 5. Función $f(x)$ tangente hiperbólica.

Por otra parte, para actualizar los parámetros que conforman esta técnica se utilizó una retro propagación, es decir, con base en la salida obtenida se reajustan los parámetros de cada sección de la red, tomando en cuenta un valor de evaluación denominado error cuadrático medio descrito mediante la ecuación (2) [9].

$$ECM = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M (Y_i - Y_{o_i})^2 \tag{2}$$

Donde: M es el número total de los datos, Y_i es el valor real de la red y Y_{o_i} es la salida estimada en la evaluación i . Posteriormente, como último paso se calcula la calidad en las predicciones resultantes empleando una matriz de verdad o confusión como la que se describe en la Tabla 1, la cual permite clasificar las predicciones en los casos Verdaderos Positivos (TP), Verdaderos Negativos (TN), Falsos Positivos (FP) y Falsos Negativos (FN).

Tabla 1. Matriz de confusión para validación de las predicciones.

Salidas		Valores predichos	
		Positivo	Negativo
Valores actuales	Positivo	TP	FN
	Negativo	FP	TN

Por medio de esta matriz se clasifican las predicciones y se obtienen los parámetros de evaluación como precisión (P) denotados por la ecuación (3) y la exhaustividad (TPR) que es estimada por medio de la ecuación (4).

$$P = \frac{TN}{TN + FP} \tag{3}$$

$$TPR = \frac{TP}{TP + FN} \tag{4}$$

Discusión y Resultados

Para definir que tan acertada es la predicción de una red neuronal se evalúa el error, el cual en este caso se estableció en 0.051 al término de un entrenamiento durante un total de 500 iteraciones del programa. Sin embargo, puede observarse el ajuste de valor desde el comienzo del entrenamiento hasta el término del mismo en la gráfica de la Figura 6.

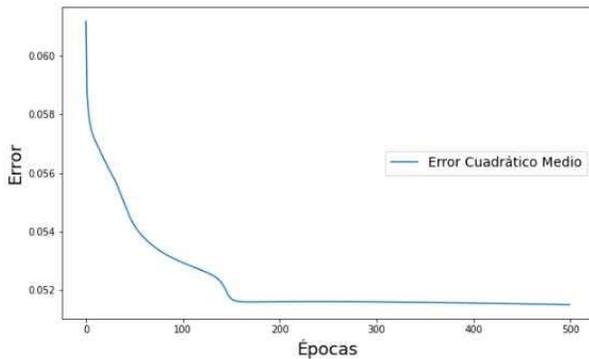


Figura 6. Error cuadrático medio obtenido en el entrenamiento de la red neuronal artificial.

Para realizar la validación en las predicciones se tomaron lotes aleatorios de 100, 200, 300, 400 y 500 muestras de datos sobre el conjunto prueba y posteriormente se aplicaron los parámetros de calidad denotados por las ecuaciones (3) y (4). El cálculo de la precisión para cada experimento se visualiza en la gráfica de la Figura 7.

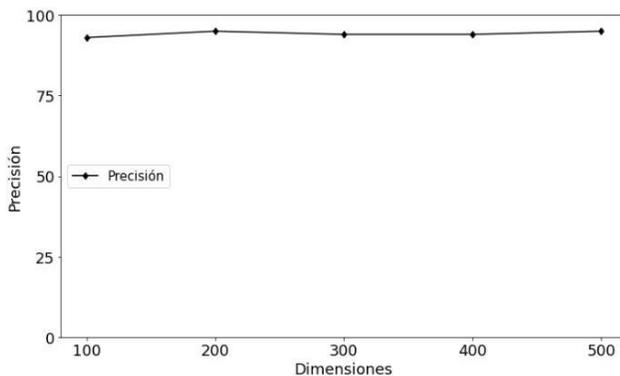


Figura 7. Precisión en las predicciones por lotes.

La media de la precisión obtenida en las pruebas de validación se estableció en un 94.2% para los experimentos, representado el porcentaje de veces que se acertó en los casos graves de COVID-19 según el análisis de la información de los pacientes. Por otra parte, se obtuvo un valor medio de 87.6% en la estimación de la exhaustividad, que representa el porcentaje de veces en que la predicción no concuerda con la deseada, según los casos descritos en la Tabla 1. Estos resultados son visualizados mediante la gráfica de la Figura 8.

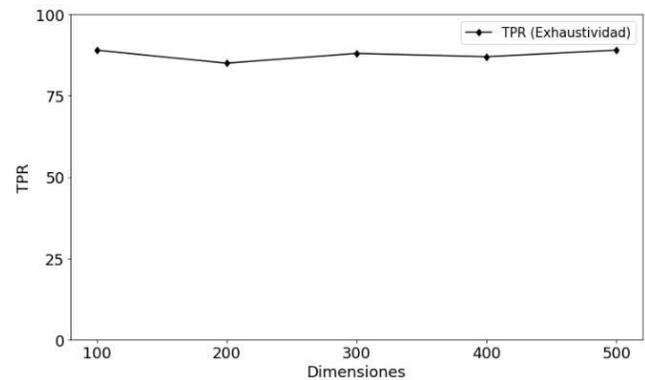


Figura 8. TPR en las predicciones por lotes.

Como complemento a la investigación, fue observado que los casos por contagio de COVID-19, que son considerados de alto riesgo según la red neuronal, presentan en el arreglo de codificación padecimientos médicos como: hipertensión, obesidad, tabaquismo y problemas renales crónicos, además de afectar con mayor frecuencia a los hombres, lo cual es reportado de manera similar en otras investigaciones científicas como se observa en [10], lo que permite verificar que la predicción realizada por la red neuronal tiene correlación con los hallazgos realizados por otros investigadores en el campo de la salud.

Conclusiones

Las técnicas de inteligencia artificial son una herramienta robusta que permiten aprender, automatizar o clasificar información de manera eficaz y semi-autónoma. Además, son de gran ayuda en la resolución de problemas que involucran gran cantidad de datos. En este sentido, con base en la información abierta proporcionada por la dirección general de epidemiología, se estructuró un conjunto de datos para entrenar y validar una red neuronal artificial encargada de predecir si un paciente debe ser considerado o no, de alto riesgo según su historial médico. Como resultado, se obtuvo una precisión y exhaustividad promedio del 94.2 y 87.6% respectivamente, determinadas con una matriz de verdad descrita en la Tabla 1. Además, basado en el análisis desarrollado, se destacó que algunas afecciones médicas como obesidad, hipertensión, tabaquismo y problemas renales son frecuentemente observadas en pacientes que requirieron atención especializada por problemas severos respiratorios durante su contagio con el virus SARS-CoV-2.*

REFERENCIAS

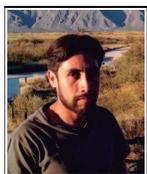
1. Villegas, M. (2020). Pandemia de COVID-19: pelea o huye. *Revista Experiencia en Medicina del Hospital Regional Lambayeque*, 6(1), 2-3.
2. Cruz, M., Santos, E., Cervantes, M. y Juárez, M. (2021). COVID-19, a worldwide public health emergency. *Revista Clínica Española (English Edition)*, 221(1), 55-61.

3. Gobierno de México. (2022). Datos Abiertos Dirección General de Epidemiología. Recuperado el 25 de septiembre de 2022, de <https://www.gob.mx/salud/documentos/datos-abiertos-152127>.
4. Paguay, J. (2021). Desarrollo de un prototipo para la predicción de nuevos casos de covid-19 en el ecuador mediante el uso de inteligencia artificial. *Conciencia Digital*, 4(3.1), 41-52.
5. Soto, G., Moreno, L. y Pahuja, D. (2016). Panorama epidemiológico de México, principales causas de morbilidad y mortalidad. *Revista de la Facultad de Medicina (México)*, 59(6), 8-22.
6. Rouhiainen, L. (2018). Inteligencia artificial. *Alienta Editorial*, 343.
7. Asanza, W. y Olivo, B. (2018). Redes neuronales artificiales aplicadas al reconocimiento de patrones. *Primera edición. UT-MACH*, 201.
8. Xiao, F., Honma, Y. y Kono, T. (2005). A simple algebraic interface capturing scheme using hyperbolic tangent function. *International journal for numerical methods in fluids*, 48(9), 1023-1040.
9. González, D., Martín, A. y Arana, L. (2009). Estimación Bootstrap del error cuadrático medio del estimador EBLUP bajo modelos lineales mixtos con dos factores aleatorios anidados. En *XXXI Congreso Nacional de Estadística e Investigación Operativa*. Murcia, España, 141
10. Schäfer, E., Scheer, C., Saljé, K., et al. (2022). Course of disease and risk factors for hospitalization in outpatients with a SARS-CoV-2 infection. *Sci Rep*, 12(7249), 1-12.

SOBRE LOS AUTORES



Irvin U. Nopalera Angeles recibió el título de Ingeniero en Computación y Maestro en Ciencias de la Computación por la Universidad Autónoma del Estado de México, en 2019 y 2021, respectivamente. Autor de publicaciones científicas en el campo de la Inteligencia Artificial aplicada en control y sistemas de manufactura moderna. Actualmente es estudiante del Doctorado en Ciencias de la Computación en la Universidad Autónoma del estado de México. Sus intereses de investigación comprenden el control automático, redes neuronales, lógica difusa y sistemas embebidos.



Ángel Hernández Castañeda recibió su Maestría y Doctorado en Ciencias de la Computación, con honores, por el Centro de Investigación en Computación (CIC) del Instituto Politécnico Nacional (IPN), en 2013 y 2017, respectivamente. Asimismo, es autor de diversas publicaciones en revistas internacionales de alto impacto. Actualmente es Profesor investigador de Tiempo Completo en la Universidad Autónoma del Estado de México y miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SNI) de México. Sus intereses de investigación incluyen el procesamiento del lenguaje natural, la minería de datos, el aprendizaje automático y el reconocimiento de patrones.



Everardo E. Granda Gutiérrez Doctor en Ciencias en Ingeniería Electrónica por el Instituto Tecnológico de Toluca, México (2008). Es profesor en la Maestría en Ciencias de la Computación, adscrito al Centro Universitario UAEM Atlacomulco, de la Universidad Autónoma del Estado de México. Como área de interés central se destaca la aplicación de sistemas inteligentes en la instrumentación y control de procesos de manufactura no convencional.



René A. García Hernández recibió el título de Licenciado en Ingeniería en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Toluca, México, en 2001; la Maestría en Ciencias de la Computación del Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico, México, en 2003; y el Doctorado en Ciencias de la Computación por el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica, México, en 2017. Es autor de más de 67 publicaciones y 3 libros. Es Investigador Nacional de Nivel II y Profesor de Tiempo Completo en la Facultad de Ingeniería de Software y el Postgrado de la Universidad Autónoma del Estado de México.



Yulia Nikolaevna Ledeneva recibió grado de Maestría en Ciencias de la Computación del Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE), México, en 2016; el Doctorado en Ciencias de la Computación del Centro de Investigación en Computación, IPN, México. Recibió la presea Lázaro Cárdenas (2009) de manos del presidente de México. Actualmente es profesora investigadora en la Universidad Autónoma del Estado de México y miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SNI) de México. Es autora de más de 70 publicaciones. Sus principales intereses de investigación son: lingüística computacional, procesamiento del lenguaje natural, minería de texto, gráficos y algoritmos genéticos.