

Propuesta para la detección del daño encefálico ocasionado por SARS-CoV-2 por medio de técnicas de visión computacional y Deep Learning

Mitchel A. Gomez, Edward A. Dominguez

Universidad Politécnica del Valle de México,
México

mitchell.gomez@outlook.com,
edward.dominguez.ordaz@upvm.edu.mx

Resumen. A lo largo de esta batalla contra el SARS-CoV-2 (COVID-19), se han detectado una gran cantidad de daños que genera este virus de tipo coronario, a través de diversas investigaciones, algunos médicos observaron comportamientos anormales a nivel neuronal. CoVBrainNet tiene como objetivo identificar las características que muestra el cerebro durante o después de ser infectado con el virus COVID-19, ya que el daño realizado es permanente, al igual como lo que sucede en el tejido pulmonar. Al utilizar herramientas como lo son el Deep Learning y la visión por computadora, es posible utilizar las resonancias magnéticas y analizarlas para la detección por medio de técnicas de inteligencia artificial. CoVBrainNet fue creada mediante la IDE de MATLAB 2021a, con 3 tipos de enfermedades cerebrales como lo son (*cerebros con tumores, sanos y con daño por SARS-CoV-2*) que tuvo resultados contundentes en el entrenamiento y pruebas con precisión de 92.53% en COVID-19, 100% de detección en cerebros sanos y 49.33% en detección de tumores. El entrenamiento fue realizado ocupando una Geforce RTX 3070 y utilizando una base de datos pública con el nombre de *Brain Damage due to Coronavirus*, sin embargo, existe poca información disponible por ser un área poco explorada en el análisis de daños en cerebros de pacientes que contrajeron SARS-CoV-2. Se realizaron técnicas de aumentación para incrementar el número de muestras y mejorar el desempeño de la red por lo que esta propuesta ayudara a promover la investigación sobre el daño que puede generar el COVID-19 al cerebro y agilizar su detección.

Palabras clave: SARS-CoV-2, MATLAB, NYT, CNN, YOLOv2, CoVBrainNet.

Proposal for the Detection of Brain Damage Caused by SARS-CoV-2 by Means of Computer Vision and Deep Learning Techniques.

Abstract. Along this battle versus SARS-CoV-2 (COVID-19), several damages generated by this coronary virus have been detected, through diverse investigations some doctors observed abnormal behaviors at neuronal level. CoVBrainNet aims to identify the characteristics that the brain shows during or

after being infected with the COVID-19, because the detected damage is permanent, just like what happens in lung tissue. By using tools such as Deep Learning and computer vision, it is possible to use CT scans and analyze them for detection using artificial intelligence techniques. CoVBrainNet was created using the MATLAB 2021a IDE, with 3 types of brain diseases (with tumors, healthy and with SARS-CoV-2 damage) that had convincing results in training and testing with 92.53% accuracy in COVID-19, 100% detection in healthy brains and 49.33% in tumor detection. The training was performed using a Geforce RTX 3070 and using a public database with the name Brain Damage due to Coronavirus, however, there is little information available because it is a little explored area in the analysis of damage in the brains of patients who contracted SARS-CoV-2. Augmentation techniques were used to increase the number of samples and improve the performance of the network, so this proposal will help to promote research on the damage that COVID-19 can cause to the brain and speed up the detection.

Keywords: SARS-CoV-2, MATLAB, NYT, CNN, YOLOv2, CoVBrainNet.

1. Introducción

Los virus de tipo coronario son una gran familia la cual afecta principalmente los pulmones, yendo desde un resfriado común hasta enfermedades que pueden terminar con una vida, este tipo de virus viven en varios animales y humanos, se le conoce como tipos coronarios debido a que estas poseen unas puntas que se adhieren a la superficie de cualquier objeto siendo estas orillas la proteína “S” [7], este virus que se ha declarado pandemia tiene origen en Wuhan China en diciembre de 2019.

Todas aquellas personas con algún problema cardiovascular o con alguna deficiencia pulmonar se vieron en riesgo por la forma en la que el SARS-CoV-2 ataca en su mayoría el tejido pulmonar, sin embargo, en estudios recientes [3] se detectó que el cerebro y algunas capacidades motrices se dañan, generando problemas encefálicos, además de los daños a los pulmones.

Para realizar un análisis rápido de este tipo de imágenes CoVBrainNet realiza una detección para identificar si el cerebro del paciente tiene afectaciones derivadas del COVID-19, ya que un estudio reciente indica que, a pesar de ser un índice bajo, el daño al cerebro es permanente, por lo tanto, con la técnica de Deep Learning y You Only Look Once V2 (YOLO V2) se puede encontrar aquellas anomalías en el cerebro.

2. Trabajos relacionados

Con el uso de técnicas de Deep Learning se han creado diversos sistemas para detección de daños ocasionados por COVID-19 en los pulmones mediante radiografías, no obstante, existen estudios médicos en donde se mencionan los daños en la corteza cerebral [8], y la forma de actuar del virus mediante los picos de proteína [7], sin embargo, no existe ningún precedente del uso de Deep Learning para la detección de esta enfermedad a nivel cerebral. En [9] se realizó una investigación que explica las características físicas que influyen en el cerebro cuando una persona contrae la enfermedad.

Tabla 1. Imágenes utilizadas para entrenar CoVBrainNet.

Clases	Números de imágenes
COVID	375
Sano	375
Tumor	375

Tabla 2. Imágenes utilizadas el testeo de CoVBrainNet.

Clases	Números de imágenes
COVID	375
Sano	375
Tumor	375

La gran mayoría de dichas características se observan en las investigaciones médicas que revelan los factores visibles en el cerebro y el efecto neurológico que genera el virus.

Cabe mencionar que toda la información correspondiente al daño que se genera en el cerebro es privativa y se requiere aprobaciones por parte de la comunidad médica para poder hacer uso de las bases de datos, lo cual limita la investigación y la creación de sistemas de detección mediante técnicas de inteligencia artificial.

Por lo que en este proyecto se realiza una propuesta novedosa de análisis con los datos disponibles en bases de datos públicas para la detección de daño cerebral a causa del SARS-CoV-2 utilizando Deep Learning y Visión Computacional con la finalidad de agilizar los tiempos de diagnóstico y detección por parte de los especialistas en el área.

3. Metodología y materiales

Motivados por la problemática presentada anteriormente, se creó una red neuronal convolucional llamada CoVBrainNet ocupando el toolbox de Deep Learning de MATLAB 2021a en donde se consideró las dimensiones de la base de datos y la incompatibilidad con redes pre entrenadas existentes por factores de dimensión que no tenían un procesamiento óptimo en el manejo de los datos. Los datos recuperados fueron cambiados del formato general (DICOM) al formato de imagen JPG, para permitir que CoVBrainNet procese los datos obtenidos de *Brain Damage due to Coronavirus* base de datos de uso común y la única fuente que brindó su apoyo para el proyecto.

3.1. Categorías y Dataset

Las categorías para clasificar son resonancias magnéticas de cerebros que cuentan con (*tumores, sanos y con daño por SARS-CoV-2*). Posteriormente se realizó una redimensión al conjunto de datos con diferentes ángulos y reflexiones con la finalidad de incrementar la precisión del sistema y evitar el overfitting.

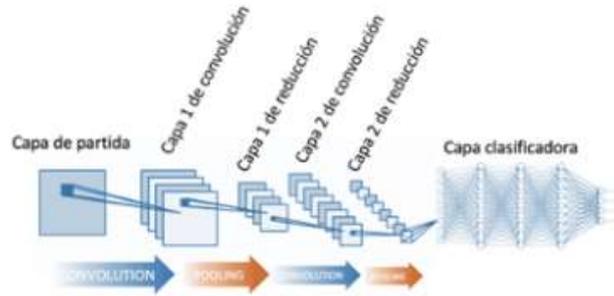


Fig. 1. Estructura base de CNN's.

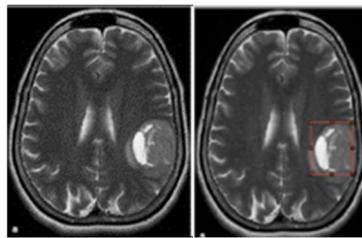


Fig. 2. Proceso de etiquetado para la red CoVBrainNet mediante la aplicación de ImageLabeler de MATLAB2021a.

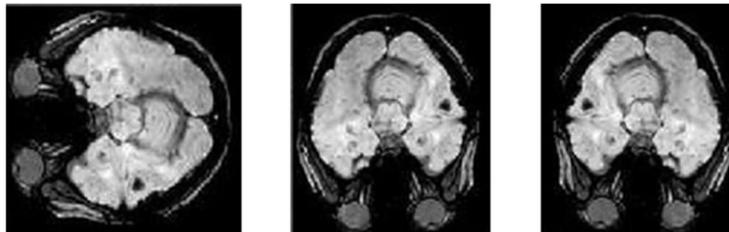


Fig. 3. Muestras de la data aumentación realizadas.

Los datos que se utilizaron para entrenar se muestran en la Tabla 1, como se mencionó anteriormente las Datasets son de dominio público como los datos del COVID-19 [8], si es sano [10, 11] y los datos acerca de tumores [11]. Para realizar las pruebas se ocuparon 1,125 imágenes (Tabla 2), que debido a la aumentación se consideran como datos desconocidos para CoVBrainNet.

3.2. Arquitectura de CoVBrainNet

Las redes neuronales convolucionales (CNN) son herramientas para realizar Deep Learning, además de que este tipo de redes son útiles para la clasificación de imágenes y detección de objetos. Para este tipo de redes se implementan una serie de capas interconectadas [12] un ejemplo de ello se observa en la Fig. 1. Por lo que CoVBrainNet fue diseñada siguiendo esas características.

Tabla 3. Capas convolucionales que compone CoVBrainNet.

Layer	Nombre	Tipos	Activaciones
1	input	Image Input	213x213x1
2	conv_1	Convolution	213x213x8
3	BN1	Batch Normalization	213x213x8
4	relu_1	ReLU	213x213x8
5	maxpool1	Max Pooling	106x106x8
6	conv_2	Convolution	106x106x16
7	BN2	Batch Normalization	106x106x16
8	relu_2	ReLU	106x106x16
9	maxpool2	Max Pooling	53x53x16
10	conv_3	Convolution	53x53x32
11	BN3	Batch Normalization	53x53x32
12	relu_3	ReLU	53x53x32
13	maxpool3	Max Pooling	26x26x32
14	conv_4	Convolution	26x26x64
15	BN4	Batch Normalization	26x26x64
16	relu_4	ReLU	26x26x64
17	maxpool4	Max Pooling	13x13x64
18	conv_5	Convolution	13x13x128
19	BN5	Batch Normalization	13x13x128
20	relu_5	ReLU	13x13x128
21	maxpool5	Max Pooling	6x6x128
22	conv_6	Convolution	6x6x256
23	BN6	Batch Normalization	6x6x256
24	relu_6	ReLU	6x6x256
25	maxpool6	Max Pooling	3x3x256
26	conv_7	Convolution	3x3x512
27	BN7	Batch Normalization	3x3x512
28	relu_7	ReLU	3x3x512
29	yolov2Conv1	Convolution	3x3x512
30	yolov2Batch1	Batch Normalization	3x3x512
31	yolov2Relu1	ReLU	3x3x512
32	yolov2Conv2	Convolution	3x3x512
33	yolov2Batch2	Batch Normalization	3x3x512
34	yolov2Relu2	ReLU	3x3x512
35	yolov2ClassConv	Convolution	3x3x24
36	yolov2Transform	YOLO v2 Transform Layer	3x3x24
37	yolov2OutputLayer	YOLO v2 Output	

Tabla 4. Precisión de las pruebas por categoría.

Clases	Números de imágenes
COVID-19	92.53%
Sano	100%
Tumor	49.33%

Tabla 5. Imágenes detectadas del testeo.

Categoría	Imágenes de Entrada	Imágenes Entrenadas
COVID-19	375	347
Sano	375	375
Tumor	375	185

Tomando como referencia la arquitectura de redes como Alexnet, ResNet18, DarkNet53, entre otras, se creó una red de etapas convolucionales con una profundidad total de 38 capas y de esta forma extraer características necesarias para posteriormente concatenarla con un arreglo de capas YOLO para detección en tiempo real mediante ROI's [13].

CoVBrainNet contribuye a la detección del problema, al realizar la clasificación y distinción de anomalías cerebrales con relación a las categorías con la cual se entrenó a la red, para ello se realizó el etiquetado de cada imagen mediante la aplicación ImageLabeler de MATLAB 2021a seleccionando el área en la que se encuentra esta característica, y colocando los ROI's correctos como se muestra en la Fig. 2.

3.3. Configuración experimental

El sistema está planeado para poder usar la configuración que se muestra en la Fig. 4 y de esta forma obtener los resultados del daño causado al cerebro por el SARS-CoV-2. Las pruebas realizadas contemplan un total de 1125 fotografías, usando la técnica de *data augmentation* modificando las imágenes obtenidas para aumentar la precisión de la red (Fig. 3).

Una vez realizadas las pruebas se determina que el sistema logra reconocer de forma adecuada los daños con COVID-19, sin embargo, genera un poco de confusión con los problemas de tumor, esto se debe a que algunos pacientes que contrajeron COVID-19 a su vez contaban con tumores en la parte cerebral, dichos datos de precisión y de detección se muestran en la Tabla 4 y Tabla 5.

3.4. Resultados

Tras las pruebas realizadas (Tabla 5) muestran la precisión y la tasa de error con respecto a los datos ingresados. Tomando los resultados obtenidos en la prueba, los cuales fueron etiquetados como se observa en Fig. 5a se identifican las zonas del cerebro considerando en comparación con el paciente que sufrió daño por COVID-19

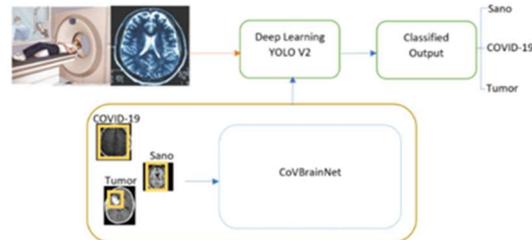


Fig. 4. Configuración para la obtención de datos de CoVBrainNet.

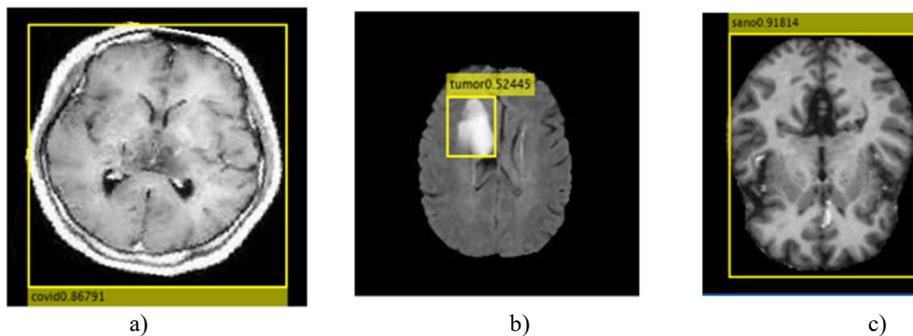


Fig. 5. Datos detectados de CoVBrainNet.

En a) se visualiza la detección 1 de COVID-19 por medio de CoVBrainNet

En b) se visualiza la detección 1 de tumor por medio de CoVBrainNet

En c) se visualiza la detección Cerebro sano detectado por medio de CoVBrainNet

(Fig. 5b) observando un cerebro con tumores y en Fig. 5c se observa un cerebro sano, sin embargo, también se encuentran aquellos casos en donde se clasifica erróneamente.

4. Conclusiones y trabajo a futuro

En este proyecto con las herramientas de Deep Learning, y YOLO se pueden diferenciar aquellos rasgos característicos del COVID-19 con la información de los tumores en comparación con un cerebro sano, mediante resonancias magnéticas.

El proceso se ve en la capacidad de diferenciar entre un cerebro sano, si es que tuvo daño por COVID-19 o un tumor en su sistema, esta red no busca sustituir o remplazar una prueba de detección, sin embargo, puede caracterizar los datos y dar soporte para poder deducir si hubo una afectación en el cerebro.

Existe la posibilidad de incorporar este sistema a hospitales de primer contacto para la identificación temprana y tratamiento a aquellos afectados encefálicamente por el SARS-CoV-2 con el fin de evitar más daños colaterales.

El trabajo futuro se podría dar colaborativamente con todas aquellas instituciones que apoyen a aumentar la base de datos para mejorar la detección. CoVBrainNet es una alternativa con el uso de inteligencia artificial capaz de detectar los daños encefálicos por COVID-19 y de igual manera monitorear que el daño cerebral no incremente tras el contagio, con el uso de las técnicas desarrolladas a lo largo de esta investigación.

Referencias

1. The New York Times: How the coronavirus attacks the brain. <https://www.nytimes.com/2020/09/09/health/coronavirus-brain.html> (2020)
2. The Harvart Gazette: Specialized scanning furthers understanding of the virus' potential effects on the brain (2020) de: <https://news.harvard.edu/gazette/story/2020/11/small-study-reveals-details-of-brain-damage-in-covid-19-patients/>
3. Yeung, J., Mascarenhas, L.: La pandemia de coronavirus podría causar una ola de daño cerebral advierten científicos. CNN (2020)
4. Sinning, M.: Clasificación de los tumores cerebrales. Revista Médica Clínica Las Condes, vol. 28, no. 3, pp. 339–342 (2017) doi: 10.1016/j.rmclc.2017.05.002
5. Oxford Academic: The emerging spectrum of COVID-19 neurology: Clinical, radiological and laboratory finding (2020) <https://academic.oup.com/brain/article/143/10/3104/5868408>
6. Kandemirli, S. G., Dogan, L., Sarikaya, Z. T., Kara, S., Akinci, C., Kaya, D., Yildirim, D., Tuzuner, F., Yildirim, M. S., Ozluk, E., Gucyetmez, B., Karaarslan, E., Koyluoglu, I., Demirel-Kaya, H. S., Mammadov, O., Ozdemir, I. K., Afsar, N., Yalcinkaya, B. C., Rasimoglu, S., et al.: Brain MRI findings in patients in the intensive care unit with COVID-19 infection. RSNA, Radiology (2020) <https://pubs.rsna.org/doi/10.1148/radiol.2020201697>
7. Idrees, D., Kumar, V.: SARS-CoV-2 spike protein interactions with amyloidogenic proteins: Potential clues to neurodegeneration. Organización Mundial de la Salud, Biochem Biophys Res Commun, pp. 94-98 (2021) <https://search.bvsalud.org/global-literature-on-novel-coronavirus-2019-ncov/resource/en/covidwho-1157142>
8. Zombori L., Bacon M., Wood, H., Chatterjee, F., Venkateswaran, R., Lampariello, S., Yoong, M.: Severe cortical associated with COVID-19 case report. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33285362/> (2020)
9. Paterson, R.W., Brown, R. L., Benjamin, L., Nortley, R., Wiethoff, S., Bharucha, T., Jayaseelan, D. L., Kumar, G., Raftopoulos, R. E., Zambreanu, L., Vivekanandam, V., Khoo, A., Geraldles, R., Chinthapalli, K., Boyd, E., Tuzlali, H., Price, g., Christofi, G., Morrow, J., McNamara, P., et al.: The emerging spectrum of COVID-19 neurology: clinical, radiological and laboratory findings. Brain a Journal of Neurology, vol. 143, no. 10, pp. 3104-3120 (2020) doi: doi:10.1093/brain/awaa240
10. Sarvesh, D.: Alzheimer's dataset (4 class of Images). Kaggle.com (2019) <https://www.kaggle.com/tourist55/alzheimers-dataset-4-class-of-images>
11. Bohaju, J.: Brain tumor, extracted features for brain tumor (2020) <https://www.kaggle.com/datasets/jakeshbohaju/brain-tumor>
12. MathWorks: Getting started with object detection using deep learning (2020) <https://la.mathworks.com/help/vision/object-detection-using-deep-learning.html>
13. MathWorks: Object detection using Yolo v2O deep learning (2020) <https://la.mathworks.com/help/vision/ref/yolov2objectdetector.html>