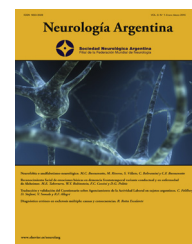




Sociedad Neurológica Argentina  
Filial de la Federación Mundial  
de Neurología

# Neurología Argentina

[www.elsevier.es/neurolarg](http://www.elsevier.es/neurolarg)



## Carta al Editor

# Inteligencia artificial y neurología: la revolución al acecho. Documento de posición

## Artificial intelligence and Neurology: The lurking revolution. A position paper

Sr. Editor:

A pesar de los innumerables progresos en la práctica médica en los últimos 50 años, la transición epidemiológica (envejecimiento de la población debido a la reducción de la natalidad y de la mortalidad) plantea un desafío enorme en los que practicamos la neurología: las enfermedades neurológicas son una causa cada vez más frecuente de mortalidad y discapacidad, y su cuidado implica un gasto oneroso para los pacientes y sus familias, así como para el sistema de salud en general<sup>1</sup>. En la iniciativa más grande para medir la carga de enfermedad a nivel mundial, el *Global Burden of Disease Study 2010*<sup>2</sup>, se estimó que el 28,5% de la carga total de enfermedades, se debe a problemas relacionados con la neurología, la psiquiatría y el abuso de sustancias. Asimismo, se estima que el costo de estas enfermedades en Europa es cercano a los 800.000 millones de euros por año<sup>3</sup>. Por lo tanto, las enfermedades que afectan al sistema nervioso constituyen una urgencia y un gran desafío para los que trabajamos en esta especialidad.

Sumado a este problema global, en Argentina existe un problema de inequidad en el acceso a la salud. La distribución de los neurólogos es altamente dispar, teniendo, por ejemplo, la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, un neurólogo por cada 6.215 habitantes, mientras que Misiones tiene 1/110.159<sup>4</sup>. Esto afecta al acceso al cuidado neurológico, demorando muchas veces el proceso diagnóstico y el inicio del tratamiento. En Argentina, los neurólogos tenemos, entonces, un desafío aún mayor.

La inteligencia artificial (IA) tiene como uno de sus pilares la construcción de autómatas inteligentes capaces de resolver un amplio rango de problemas. Esta intención aplicada ha sido muy exitosa: las torres de control, los aviones y el tránsito de las ciudades son algunos de los ejemplos en donde se manejan sobre premisas de la IA. También juega mejor al ajedrez una máquina (incluso un teléfono) que el mejor de los grandes maestros, y recientemente hemos visto que un sistema de IA desarrollado por Google venció al campeón de «go», un juego de estrategia más abstracto y más dependiente de la intuición que el ajedrez.

Sin embargo, los fundadores de la IA se propusieron otra gesta que aún está desarrollándose: la construcción de agentes artificiales capaces de resolver problemas simulando la inteligencia humana, es decir, que pueda camuflarse con un ser humano, con sus aciertos, con sus errores. Esta característica hace que sea muy valioso el aporte de las ciencias de la computación, que usa técnicas de *machine learning*, *data mining*, procesamiento del lenguaje natural, entre otras, como herramientas para aprender sin necesariamente haber sido explícitamente programadas.

Es aquí en donde conectamos los conceptos vertidos inicialmente acerca del desafío para la salud pública y la neurología, con los conceptos de IA. Postulamos que la utilización de sistemas de IA, que puedan interactuar con los pacientes en su casa o centro de salud más cercano, con una formación equivalente al del médico especialista en neurología, permitiría reducir la inequidad en el acceso a la salud y optimizar el cuidado de los pacientes con enfermedades neurológicas, resolviendo además la falta de recursos monetarios y humanos por su menor costo y mantenimiento.

Existen numerosos ejemplos de cómo herramientas de la IA se han utilizado con éxito en medicina y en neurología en particular. Se las puede dividir en 3 subtipos de aplicaciones<sup>5</sup>: 1) utilización de IA como herramienta pronóstica luego del diagnóstico, 2) utilización de IA como herramienta de análisis de datos en radiología y anatomía patológica, y 3) finalmente la utilización de IA como asistencia en el proceso diagnóstico. Para las aplicaciones de tipo pronóstico, la incorporación de datos provenientes de múltiples fuentes (historia clínica, equipos de monitorización, radiología) permitirá reemplazar las escalas actuales por escalas más complejas y con mayor precisión. Este subtipo de aplicación es aún muy incipiente y es el que quizás demore más en ser introducido en la práctica clínica. El segundo tipo, que depende de la interpretación de imágenes, es el que más probablemente se introduzca en los próximos años: hay un gran interés en el análisis de imágenes e IA en otros rubros, y existen aplicaciones exitosas en la interpretación automatizada de neuroimágenes<sup>6</sup>. Es de esperar que estos sistemas superen al ojo humano muy pronto y

que la neurología se vea enriquecida por métodos de diagnósticos menos subjetivos que lleven a estándares más próximos a otras ramas médicas en las cuales el uso de marcadores biológicos con altísimas precisiones es de uso rutinario en la práctica médica. Finalmente, la IA ha sido utilizada previamente para predecir desde trastornos psiquiátricos hasta la presencia de atrofia espinal<sup>7,8</sup>. Pero, ¿puede utilizarse un sistema de IA para que «converse» con un paciente y realice un diagnóstico? Los resultados preliminares de nuestro trabajo indicarían que sí: *desarrollamos un sistema de IA, llamado SOPHIA, capaz de diagnosticar cefaleas con una precisión equivalente a la de un neurólogo*. De todas las condiciones neurológicas posibles, elegimos las cefaleas porque constituyen la principal causa de consulta neurológica. No solo las cefaleas tienen una prevalencia alta, sino que además son enfermedades discapacitantes con un costo directo e indirecto muy alto. En el estudio global de la carga de enfermedad mencionado anteriormente se demostró que las cefaleas constituyen la tercera causa de años perdidos por discapacidad. A modo de ejemplo, se estima que, en Estados Unidos, las personas con migraña gastan en costos directos (visitas al médico, a la guardia) e indirectos (días perdidos de trabajo) alrededor de 7.750 dólares por año<sup>9</sup>. Finalmente, las cefaleas se asocian a comorbilidades psiquiátricas, tales como la depresión y la ansiedad. Por lo tanto, las cefaleas presentan un costo personal, social y económico muy elevado tanto para el individuo como para el sistema de salud.

La Organización Mundial de la Salud identifica 3 principales causas que impiden el tratamiento adecuado de las cefaleas: la falta de conocimiento médico y de especialistas, la falta de concientización en la población acerca de las opciones de tratamientos y los riesgos, y el desconocimiento por parte de los prestadores de salud y del estado del alto costo indirecto que representan las cefaleas<sup>10</sup>. Como mencionamos anteriormente, en Argentina, la falta de especialistas en algunas áreas, sumada a la falta de uniformidad en la formación de especialistas, genera una situación de inequidad en el acceso al cuidado de la salud y al tratamiento de las cefaleas.

Desarrollamos SOPHIA para que tenga la capacidad de diagnosticar cefaleas con una precisión al menos similar a la de un neurólogo y que pueda ser implementada sin barreras geográficas. Para tal fin, se entrenó a SOPHIA «leyendo» historias clínicas digitalizadas de alrededor de 10.000 pacientes que consultaron por cefaleas en los últimos 5 años. El diagnóstico real o «gold standard» está dado por lo que el médico especialista en cefalea consideró que era el diagnóstico del paciente sobre la base de lo expresado en la visita. A SOPHIA se le suministraron los datos en 2 grupos, unos con el diagnóstico, para que el sistema pueda desarrollar su algoritmo predictor usando técnicas de «latent semantic analysis» y «support vector machine», y un grupo sin el diagnóstico para que SOPHIA determine el mejor diagnóstico sobre la base de lo aprendido. A modo de comparación, los mismos datos, pero sin el diagnóstico, fueron entregados a 2 profesionales neurólogos (que no habían atendido a esos pacientes) para que, leyendo las historias clínicas de otros colegas, establezcan su mejor diagnóstico. SOPHIA tuvo un rendimiento equivalente a los neurólogos, pudiendo diferenciar cefaleas primarias de secundarias con una sensibilidad del 90,2% y una especificidad del 93%, mientras que los neurólogos en promedio obtuvieron una sensibilidad del 82% y una especificidad del 85%. Por lo tanto,

un sistema de IA puede diagnosticar cefaleas de manera similar a la de un neurólogo.

Los ejemplos presentados en esta carta muestran que existe un gran potencial para la aplicación de IA en neurología. Si bien la tecnología para llevar a cabo esta adopción está disponible desde hace muchos años, varios factores confluyen para hacer este momento en particular muy especial: 1) la disponibilidad masiva de datos clínicos y radiológicos tras el advenimiento de las historias clínicas digitalizadas; 2) las mejoras en los algoritmos de *machine learning*, y 3) el bajo costo y disponibilidad de servidores y computadoras que soportan estos procesos computacionales intensivos. Estamos atravesando, por lo tanto, un gran momento para estimular el desarrollo de este tipo de aplicaciones. Sin embargo, a fin de que un sistema de IA pueda trabajar a la par de un neurólogo, se deberían de cumplir ciertos requisitos: 1) usabilidad: el sistema tiene que ser cómodo y fácil de usar por los pacientes o sus familiares; en este sentido, un estudio reciente demostró que los pacientes con trastornos de ansiedad se sienten incluso más cómodos y se conectan más cuando lo hacen con un sistema de IA<sup>11</sup>; 2) trazabilidad: el proceso de decisión, más allá de la complejidad de los algoritmos, debería ser trazable desde la carga de datos por parte del paciente, hasta la sugerencia diagnóstica y/o recomendación terapéutica; 3) evaluabilidad: el sistema debería de poder ser evaluado externamente, como lo hacen los especialistas cuando rinden un examen; 4) posibilidad de derivación: el sistema tiene que reconocer las banderas rojas que requieran de una consulta urgente por guardia o la intervención de un humano, y 5) flexibilidad: el sistema tiene que ser flexible para adaptarse a los requerimientos particulares de cada paciente (preferencias en cuanto a medicación, conductas de riesgo, trastornos del ánimo, etc.).

La IA es uno de los descubrimientos más importantes del último siglo por las implicancias en nuestra vida cotidiana. Sin embargo, en medicina aún no ha mostrado su enorme potencial. Creemos que en neurología en particular puede revolucionar nuestra práctica clínica, beneficiando tanto a los pacientes, con diagnósticos más rápidos y certeros, como al sistema de salud, permitiendo optimizar la utilización de recursos.

## Financiamiento

Este estudio fue financiado por el Centro de Epidemiología, Bioestadística y Salud Pública (CEBES) del Instituto de Investigaciones Neurológicas Dr. Raúl Carrea (FLENI).

## BIBLIOGRAFÍA

1. Bruno V. Introducción a la neurología global. *Neurol Arg.* 2016;8:227–8, <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuarg.2016.02.010>
2. Whiteford H, Ferrari A, Degenhardt L, Feigin V, Vos T. The Global Burden of Mental, Neurological and Substance Use Disorders: An analysis from the Global Burden of Disease Study 2010. *PLOS ONE.* 2015;10:e0116820, <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0116820>

3. DiLuca M, Olesen J. The cost of brain diseases: A burden or a challenge? *Neuron*. 2014;82:1205–8, <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuron.2014.05.044>
  4. Zuin D, Nofal P, Tarulla A, Reynoso F, Ollari J, Pinheiro A, et al. Relevamiento de recursos neurológicos en Argentina: puesta al día del estado del ejercicio de la Neurología. *Neurol Arg*. 2015;7:225–33, <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuarg.2015.09.003>
  5. Obermeyer Z, Emanuel EJ. Predicting the future-big data, machine learning, and clinical medicine. *N Engl J Med*. 2016;375:1216–9, <http://dx.doi.org/10.1056/NEJMp1606181>
  6. O'Dwyer L, Lambertson F, Bokde A, Ewers M, Faluyi Y, Tanner C, et al. Using support vector machines with multiple indices of diffusion for automated classification of mild cognitive impairment. *PLoS ONE*. 2012;7:e32441, <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0032441>
  7. Srivastava T, Darras BT, Wu JS, Rutkove SB. Machine learning algorithms to classify spinal muscular atrophy subtypes. *Neurology*. 2012;79:358–64, <http://dx.doi.org/10.1212/WNL.0b013e3182604395>
  8. Bedi G, Carrillo F, Cecchi G, Slezak D, Sigman M, Mota N, et al. Automated analysis of free speech predicts psychosis onset in high-risk youths. *NPJ Schizophrenia*. 2015;1:15030, <http://dx.doi.org/10.1038/npjrsch.2015.30>
  9. Munakata J, Hazard E, Serrano D, Klingman D, Rupnow MF, Tierce J, et al. Economic burden of transformed migraine: Results from the American Migraine Prevalence and Prevention (AMPP) Study. *Headache*. 2009;49:498–508, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1526-4610.2009.01369.x>
  10. WHO. Headache disorders. [accedido Sept 2016]. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs277/en/>
  11. Lucas G, Gratch J, King A, Morency L-P. It's only a computer: Virtual humans increase willingness to disclose. *Comput Human Behav*. 2014;37:94–100, <http://dx.doi.org/10.1016/j.chb.2014.04.043>
- Diego Fernández Slezak<sup>a,b</sup>, Francisco Dorr<sup>a</sup>, Francisco Varela<sup>c</sup>, Lucas Alessandro<sup>c</sup>, Verónica A. Bruno<sup>d</sup> y Mauricio F. Farez<sup>d,e,\*</sup>
- <sup>a</sup> Departamento de Computación, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires (UBA), Buenos Aires, Argentina
- <sup>b</sup> CONICET-Universidad de Buenos Aires, Instituto de Investigación en Ciencias de la Computación (ICC), Buenos Aires, Argentina
- <sup>c</sup> Departamento de Neurología, Instituto de Investigaciones Neurológicas Dr. Raúl Carrea (FLENI), Buenos Aires, Argentina
- <sup>d</sup> Centro de Epidemiología, Bioestadística y Salud Pública (CEBES), Instituto de Investigaciones Neurológicas Dr. Raúl Carrea (FLENI), Buenos Aires, Argentina
- <sup>e</sup> Centro para la Investigación de Enfermedades Neuroinmunológicas (CIEN), Instituto de Investigaciones Neurológicas Dr. Raúl Carrea (FLENI), Buenos Aires, Argentina
- \* Autor para correspondencia.  
Correo electrónico: [mfarez@fleni.org.ar](mailto:mfarez@fleni.org.ar) (M.F. Farez).  
1853-0028/  
© 2017 Sociedad Neurológica Argentina. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.neuarg.2016.12.002>