

# El impacto de la inteligencia artificial en la medicina de laboratorio en México

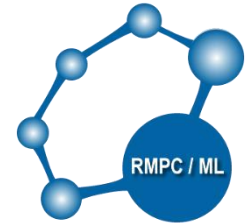
## *The impact of artificial intelligence in laboratory medicine in Mexico*

Dr. Alberto Zamora Palma<sup>1</sup>

La inteligencia artificial (IA) ha surgido como una poderosa herramienta creativa y transformadora en la medicina de laboratorio y promete avances significativos en la prestación de atención médica.

La IA se refiere a la capacidad de un sistema informático para aprender, pensar, tomar decisiones y ejecutar tareas que normalmente requieren inteligencia humana. Esta tecnología permite a las computadoras imitar funciones cognitivas humanas, como comprender información, razonar en situaciones complejas y llegar a conclusiones. La IA se utiliza en medicina de laboratorio para mejorar la confiabilidad diagnóstica, eficientar, agilizar y mejorar los procesos así como para ayudar en la toma de decisiones clínicas con base en los resultados obtenidos.<sup>1</sup>

Considerando que el proceso analítico está compuesto por tres etapas: pre-examen, examen y post-examen y que la etapa preexamen representa un importante reto en el proceso dado que la mayor parte de los errores se presentan aquí, la IA es útil para clasificar a los pacientes de acuerdo a los tipos de exámenes solicitados y puede definir un flujo de trabajo particular a través de las “reglas de expertos” lo que le facilita al médico la selección idónea de los exámenes. Esta etapa puede considerarse razonablemente como uno de los componentes más vulnerables del proceso analítico, ya que se basa en el llamado "paradigma R" (es decir, realizar la prueba correcta, con el método correcto, en el momento correcto, para el paciente adecuado, al costo adecuado y para obtener el resultado adecuado).



## ARTÍCULO ORIGINAL

Revista Mexicana  
de **Patología Clínica**  
y **Medicina de Laboratorio**

Rev Mex Patol Clin Med Lab. 2024;  
Volumen 71, Número 1

<sup>1</sup>. Director Médico, Laboratorio Salud y Vida.

### CONTACTO

**Dr. Alberto Zamora Palma**

E-mail: [albertoz100@hotmail.com](mailto:albertoz100@hotmail.com)

### PALABRAS CLAVE

inteligencia artificial (IA), proceso analítico, regla de expertos, robótica

### KEYWORDS

artificial intelligence (AI), analytical process, expert rule, robotics

**RECIBIDO:** 29 de mayo de 2024

**ACEPTADO:** 01 de junio de 2024



Existe suficiente evidencia de que la solicitud inadecuada de los exámenes de laboratorio se presenta hasta en 70% de los casos y es más común al solicitar estudios de marcadores tumorales y pruebas para monitorear medicamentos terapéuticos.<sup>2,3</sup>

Con el ingreso computarizado de órdenes médicas o herramientas de gestión de la demanda, se puede obtener una mejor recolección de muestras mediante el reconocimiento activo del paciente, el etiquetado automatizado de muestras, el reconocimiento de venas y la asistencia para la recolección de sangre, junto con la extracción de sangre automatizada, el transporte eficiente de muestras facilitado por el uso de sistemas de transporte neumático o drones, y monitoreado con tubos de sangre inteligentes o con el uso de registradores de datos, lo que permite una evaluación sistemática de la calidad de la muestra estableciendo el grado de hemólisis o lipemia de la muestra, el volumen de llenado adecuado, el tipo de contenedor utilizado, el uso de conservadores ideales, monitoreando la temperatura de transporte e identificando muestras con coagulación indebida.<sup>3</sup>

LA IA ocupa un papel fundamental en el procesamiento automatizado de las muestras de laboratorio clínico, mediante el uso de la robótica, permite entre otras cosas, la optimización del flujo de trabajo, destacando su potencial para revolucionar el análisis de conjuntos de datos complejos (Big Data), el desarrollo y control de los métodos analíticos, lo que aumenta la eficiencia y reduce errores al utilizar algoritmos para aplicar criterios de aceptación de la verificación tanto de métodos cuantitativos como cualitativos; esto permite que el usuario sepa de manera más fácil y oportuna si sus métodos analíticos están en control, específicamente estimando precisión, veracidad, linealidad, incertidumbre y métrica sigma por nombrar algunas herramientas, pero no solo eso, al mismo tiempo la IA puede definir cuáles son las acciones de control que el usuario o el mismo equipo previamente programado debe aplicar en caso de que se hubiera detectado alguna desviación estadística.<sup>4</sup>

La incorporación de la IA al laboratorio clínico se ha intensificado y actualmente, en el caso de técnicas analíticas de alto grado de complejidad, desempeña un papel crucial en el análisis ómico, ayudando a comprender datos complejos en genómica, proteómica y metabolómica. Del mismo modo, el uso de la IA en el análisis de imágenes es fundamental, particularmente en la interpretación

de citologías, análisis de tejidos y con el uso de técnicas especiales como el de inmunohistoquímica donde los analizadores puedes discriminar células individuales o con alguna disposición particular, células de tejidos normales y anormales, específicamente las tumorales y probablemente la mayor aportación se encuentra en la interpretación de los patrones de inmunorreactividad en marcadores tumorales en tejidos.

En la etapa post-examen, la IA permite establecer intervalos biológicos de referencia al utilizar un método denominado LIMIT (Laboratory Information Mining for Individualized Thresholds), para emplear los resultados de pruebas de laboratorio de una base de datos clínica e identificar los códigos ICD9 que están asociados con resultados de laboratorio extremos en forma totalmente automatizada. Los resultados demuestran que LIMIT tiene la capacidad de generar intervalos de referencia; particularmente se ha validado con sodio, potasio y hemoglobina. Los intervalos biológicos de referencia para hemoglobina tuvieron consistentemente un mayor valor predictivo positivo y especificidad en la predicción del tratamiento con suplementos de hierro que los intervalos generados de la manera tradicional.<sup>5</sup>

Otra aplicación importante de la IA en el laboratorio clínico está en los protocolos de autoverificación de resultados que son fundamentales en los laboratorios con altas cargas de trabajo, donde la liberación automatizada de resultados resulta un problema complejo. El algoritmo de aprendizaje automático, “Machine Learning” (ML) tiene grandes ventajas en la evaluación rápida y efectiva de grandes conjuntos de datos poblacionales, en el caso particular para establecer algoritmos de autoverificación. En un estudio realizado por Hong Chun Wang, el sistema de IA final mostró un índice de aprobación del 89.60% y un Índice del falsos negativos del 95 %, en pruebas doble ciego. El sistema de IA logró reducir la cantidad de informes no válidos en aproximadamente un 80% en comparación con los evaluados por un motor basado en reglas y, por tanto, mejoró la eficiencia del trabajo y redujo la carga de trabajo en el laboratorio de bioquímica.<sup>6</sup>

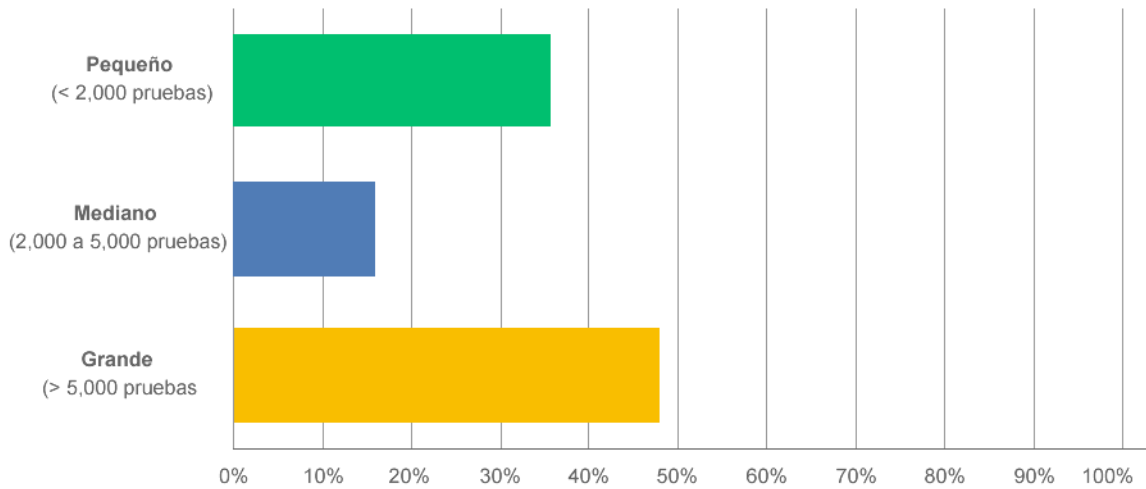
Finalmente, podemos establecer que la IA en la etapa postexamen facilita el análisis de los resultados, permite integrar algoritmos de diagnóstico, generar diagnósticos predictivos, hacer la detección temprana de enfermedades al detectar patrones y anomalías sutiles en los datos obtenidos y puede generar recomendaciones de diagnóstico y tratamiento personalizado para cada paciente.

En México, las grandes compañías transnacionales más importantes ya lo están trabajando estrechamente con los usuarios de los laboratorios con altas cargas de trabajo con la intención de mejorar sus procesos, actualmente es posible realizar la identificación de los diferentes tipos de células hematológicas por medio de la inteligencia artificial lo que trae como resultado que disminuyan las cargas de trabajo y que se puedan emitir diagnósticos con observaciones microscópicas sin tener que invertir demasiado tiempo en la microscopía convencional, una situación similar se presenta con el uso de los programas que pueden identificar los diferentes patrones de inmunofluorescencia, particularmente importantes en el estudio de enfermedades autoinmunes.

La IA se puede aplicar a la identificación de resistencia y susceptibilidad antimicrobiana, facilitando a los médicos la elección del antibiótico ideal a efecto de evitar largos periodos de tratamiento, transformación de cepas bacterianas resistentes y disminuir la posibilidad de recaídas.

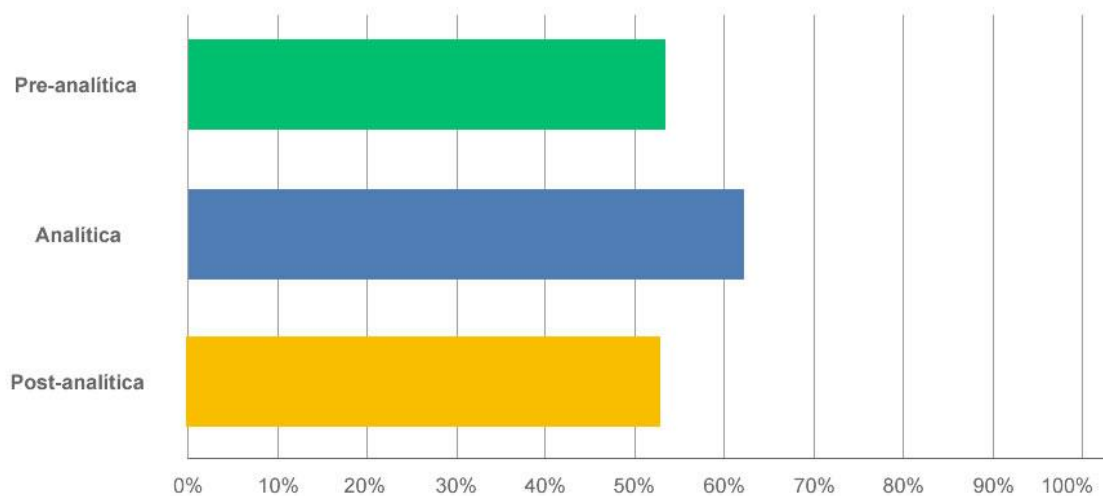
Recientemente se han implementado en algunos laboratorios de anatomía patológica en México, el uso de la inteligencia artificial para la interpretación de los patrones de inmunorreactividad utilizando los anticuerpos monoclonales PD-L1, ROS-1 y ALK para individualizar la terapia en personas con neoplasias como el cáncer de pulmón y se ha aplicado la inteligencia artificial a la interpretación de los electrocardiogramas a través del uso de algoritmos para analizar los trazos a efectos de disminuir la subjetividad y acelerar el proceso de diagnóstico y tratamiento de los pacientes.

Muchas de las aplicaciones aún están en proceso y los resultados no se han publicado, lo que se sabe, de acuerdo a una encuesta electrónica realizada por un servidor y que incluyó a 270 laboratorios en México, es que éste recurso de la IA lo utiliza el 50% en los grandes laboratorios, los cuales procesan más de 5,000 pruebas al mes. (Gráfica 1)



**Gráfica 1.** Utilización de la IA por tamaño de los laboratorios.

El otro dato interesante, producto de la encuesta, es que el 65% de los laboratorios utiliza la herramienta en diferentes actividades de la etapa analítica, seguida de la etapa preanalítica y postanalítica en las mismas proporciones. (Gráfica 2)



**Gráfica 2.** Utilización de la Inteligencia artificial por etapas durante el proceso general.

En un mundo donde los avances informáticos se presentan en forma vertiginosa, debemos reconocer el profundo impacto de la IA en la medicina de laboratorio. También debemos atrevernos a tomar los desafíos que representa la disponibilidad e interpretación de datos con una tecnología digital no acoplada totalmente a la tecnología del laboratorio clínico y que nosotros debemos fomentar tomando en consideración los códigos de ética y regulatorios en cada país, particularmente en los países en desarrollo.

## AGRADECIMIENTO

---

Agradecemos profundamente a la Federación Nacional de Químicos Clínicos, A.C. - CONAQUIC por su valiosa colaboración en la encuesta electrónica para obtener los datos de los usuarios de la Inteligencia Artificial en sus laboratorios.

## REFERENCIAS

1. Oduoye MO, Fatima E, Muzammil MA, Dave T, Irfan H, Fariha FNU, Marbell A, Ubechu SC, Scott GY, Elebesunu EE. Impacts of the advancement in artificial intelligence on laboratory medicine in low- and middle-income countries: Challenges and recommendations-A literature review. *Health Sci Rep.* 2024 Jan 4;7(1):e1794. doi: 10.1002/hsr2.1794. PMID: 38186931; PMCID: PMC10766873.
2. Lippi G, Mattiuzzi C, Favaloro EJ. Artificial intelligence in the pre-analytical phase: State-of-the art and future perspectives. *J Med Biochem.* 2024 Jan 25;43(1):1-10. doi: 10.5937/jomb0-45936. PMID: 38496022; PMCID: PMC10943465.
3. Lippi G, Bovo C, Ciaccio M. Inappropriateness in laboratory medicine: an elephant in the room? *Ann Transl Med.* 2017 Feb;5(4):82. doi: 10.21037/atm.2017.02.04. PMID: 28275627; PMCID: PMC5337217.

4. Cardozo R. AI in analytical chemistry: Advancements, challenges, and future directions, *Talanta* Volume 274, 1 July 2024, 125949, <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2024.125949>.
5. Poole S, Schroeder LF, Shah N. An unsupervised learning method to identify reference intervals from a clinical database. *J Biomed Inform.* 2016 Feb;59:276-84. doi: 10.1016/j.jbi.2015.12.010. Epub 2015 Dec 19. PMID: 26707631; PMCID: PMC4792744.
6. Wang H, Wang H, Zhang J, Li X, Sun C, Zhang Y. Using machine learning to develop an autoverification system in a clinical biochemistry laboratory. *Clin Chem Lab Med.* 2020 Nov 26;59(5):883-891. doi: 10.1515/cclm-2020-0716. PMID: 33554565.