EDITORIAL

CÁNCER INFANTIL

DE LA INVESTIGACIÓN CITÓMICA AVANZADA A LA MEDICINA DE PRECISIÓN

CHILDHOOD CANCER: FROM ADVANCED CYTOMIC RESEARCH TO PRECISION MEDICINE

Dra. Rosana Pelayo[a]

[a] Titular de la Unidad de Educación e Investigación. Instituto Mexicano del Seguro Social

rosana.pelayo@imss.gob.mx

La del cáncer en la infancia y la adolescencia es una historia de células y moléculas, de médicos y pacientes, de científicos, investigaciones y experimentos, de instituciones, de sociedad y política, de triunfos, derrotas y duelo familiar. De la consagración de los derechos de la infancia a la atención a la salud, a la protección especial en situación de vulnerabilidad y a los beneficios de la ciencia.

Uno de cada dos casos de cáncer en niñas, niños y adolescentes se debe a leucemias agudas, las cuales han incrementado hasta ocupar el primer lugar de incidencia de nuevos casos y el mayor número estimado de muertes en edades 1-19 en América Latina, por lo que constituye una de las prioridades de salud pública urgentes de atender, con inmenso impacto social, cuyos desenlaces fatales superan las muertes por todos los tipos de enfermedades de la edad pediátrica.

Su estudio no solo ha servido para entender el origen y la progresión de muchas otras enfermedades malignas, sino que es también un gran modelo en la lucha que la humanidad ha librado contra el cáncer durante los últimos doscientos años y uno de los casos de mayor éxito en la Medicina. Sin embargo, a pesar de los grandes logros a nivel mundial, entre los que destacan el incremento de supervivencia global lograda por los trabajos de 1948 de Sydney Farber en Boston, el enfoque integral basado en la combinación mejorada de agentes citotóxicos y tratamiento intratecal o radioterapia, el trasplante hematopoyético enriquecido en células troncales y progenitoras, las tecnologías ómicas y el exitoso advenimiento de inmunoterapia anti-tumoral con moléculas biespecíficas o con células linfoides modificadas CAR-T y CAR-NK, la leucemia continúa siendo mortal y desproporcionadamente agresiva en un número creciente de cinturones de vulnerabilidad del Sur Global.

Poner fin a las muertes infantiles evitables es uno de los desafíos actuales más relevantes, considerando que la verdadera victoria solo será posible al amparo de la accesibilidad, la equidad y la precisión científica. Asegurar el acceso a la detección oportuna, así como a la atención y a la terapia orientada centrada en la realidad biológica, clínica y socioambiental de cada persona, cambiará el rumbo de la enfermedad con el soporte de los cuatro pilares fundamentales para la medicina moderna integral: calidad, seguridad, eficacia y humanismo.

En nuestro país, la promoción de agendas para responder a los principales desafíos de Salud a través de programas de integración transversal e investigación accionable ha marcado una nueva era. El Programa Nacional Estratégico de Salud en Leucemia del Conahcyt, ahora Secihti, en alianza con el Instituto Mexicano del Seguro Social y la Secretaría de Salud, emprendió una cruzada para la transformación del conocimiento en atención, a fin de incrementar las tasas de curación y las expectativas de vida de calidad, instrumentando enfoques interdisciplinarios y tecnología de vanguardia para abordar la complejidad del cáncer,

con énfasis en las poblaciones de las zonas del territorio mexicano con las incidencias más altas y menor probabilidad de sobrevivir a la enfermedad.

De esta visión revolucionaria nació el Laboratorio de Citómica del Cáncer Infantil, anidado en el Centro de Investigación Biomédica de Oriente, en el Órgano de Operación Administrativa Desconcentrada de Puebla. Este laboratorio de alta tecnología, el primero en América Latina equipado con citometría de masas y tecnología de vanguardia CyTOF para la construcción de huellas basadas en el contexto inmunológico y microambiental del ecosistema tumoral, fue implementado con el claro objetivo de integrar el conocimiento a la oferta de pruebas diagnósticas y pronósticas avanzadas para leucemia infantil, a través de inmunofenotipificación multiparamétrica, que van desde la clasificación y cuantificación estandarizada de las células tumorales, hasta la detección de enfermedad medible residual, la estratificación de riesgos, el monitoreo y la respuesta al tratamiento, contribuyendo así a la Medicina de Precisión. Adicionalmente, conocer a profundidad las características citómicas del microambiente de la médula ósea que permiten la progresión tumoral persigue ofrecer oportunidades de terapias combinadas para la eliminación de nichos leucemogénicos y la reconstrucción del microambiente de diferenciación benigna. A este respecto, las tecnologías ómicas han transformado la perspectiva integral de las enfermedades complejas, bajo un modelo en el que se estudian personas, perfiles y comportamientos biológicos, resultado del procesamiento de grandes cantidades de datos. La Citómica avanzada, que combina la citometría de flujo y la espectrometría de masas, es de indudable utilidad para la ponderación de riesgo, así como para la predicción de respuesta a tratamiento.

Su importancia recae en la capacidad de análisis de alto rendimiento de poblaciones heterogéneas de pacientes a nivel de células individuales y su asociación con desenlaces clínicos en las diferentes etapas de la enfermedad.

En conjunto, estos aportes fueron la piedra angular para la planificación e implementación, sin precedente en el país, de una ruta crítica de atención de la leucemia infantil, que estableció trayectorias para los datos, las muestras y los resultados de las pruebas diagnósticas y pronósticas, de forma segura y custodiada, sin movilización familiar, con adherencia rigurosa a los principios de inclusión, equidad y derecho universal a los beneficios de la ciencia, permitiendo su consolidación como un nuevo paradigma en el abordaje científico de las prioridades de salud.

Significativamente, el pasado 30 de abril de 2024, la aprobación del Honorable Consejo Técnico del IMSS dio un paso trascendental al formalizar las funciones y responsabilidades de este inédito Laboratorio de Citómica de Cáncer Infantil, como el referente de diagnóstico avanzado al servicio de las infancias de México que padecen cáncer y son atendidos en todo el territorio nacional a través de la estrategia OncoCREAN. Con este hito, el IMSS reafirmó su compromiso con la salud infantil y su liderazgo en la lucha contra el cáncer en la región.

Garantizar recursos humanos, infraestructura e insumos para Laboratorio de Citómica de Cáncer Infantil como el modelo nacional ha sido una decisión altamente asertiva y relevante en la política institucional, marcando una nueva época para la salud infantil y para la investigación de impacto social, demostrando que el conocimiento y los instrumentos necesarios pueden incrementar los años de vida saludable en nuestras poblaciones, bajo un modelo en el que se tratan personas, no patologías. El nuevo paradigma de Medicina basada en evidencia, enfocado en los pacientes, de identidad única e irrepetible, para lograr la cura de todos con el medicamento

correcto en el lugar y entorno en el que habiten, procurando la mayor especificidad, la mayor eficacia y la menor toxicidad con el máximo soporte de investigación de precisión para la toma de decisiones médicas.

La estrategia OncoCREAN, el modelo IMSS para la atención accesible, humanista y con los mayores estándares de calidad, facilita la detección temprana y el tratamiento del cáncer sin necesidad de traslado familiar a ciudades distantes, gracias a la amplia infraestructura institucional en todo el país. Mediante este se garantiza la adherencia al tratamiento y el seguimiento o acompañamiento integral, consagrando el derecho universal de las infancias a la atención a la salud y a los beneficios de la ciencia. Este nuevo paradigma de atención es un testimonio del papel fundamental de los abordajes integrales y del papel determinante que la investigación científica y la Medicina basada en evidencia juega en la esperanza de vida.

El binomio del laboratorio de Citómica y la estrategia OncoCREAN es un hito universal y una herramienta fundamental en la oncología pediátrica, logrando una cobertura nacional. El uso de las pruebas de precisión ha impactado positivamente en la atención médica integral, logrando no solo la oportunidad diagnóstica, sino la identificación de leucemias atípicas de alta agresividad, permitiendo la estratificación de riesgo basada en huellas citómicas para el pronóstico de precisión: contexto inmunológico y microambiental y la monitorización de respuesta al tratamiento, lo que ha resultado en una significativa reducción de la mortalidad temprana y la proyección de las bases para la Medicina científica «circular», con características de sostenibilidad y escalabilidad. Desde la investigación médica accionable, el compromiso a contribuir al bienestar de las familias mexicanas no se detiene, por lo que, con nuestro trabajo, rendimos un homenaje cariñoso a quienes nos debemos, a quienes se enfrentan al cáncer e inspiran cada fase del desarrollo científico.

«La ciencia de precisión que se practica en el Laboratorio de Citómica del Cáncer Infantil hoy nos permite tener diagnósticos oportunos con los más altos estándares de calidad y rigor científico. Ese tiempo puede significar la diferencia entre empezar a tiempo o llegar tarde, y puede ser traducido en una menor mortalidad de niñas, niños y adolescentes. En apenas un año y medio, se logró un aumento de más del 11% en la sobrevida, incluso en leucemias de alta preocupación, como las mieloides agudas en adolescentes, gracias a diagnósticos avanzados y pronósticos de precisión, tratamientos basados en evidencia y equipos médicos especializados» (en: «Cinco razones para el optimismo», Zoé Robledo, Director General del IMSS, columna Milenio 6 enero 2026).

REFERENCIAS

Zapata-Tarrés M, Balandrán JC, Rivera-Luna R, Pelayo R. Childhood Acute Leukemias in Developing Nations: Successes and Challenges. Curr Oncol Rep. 2021 Mar 23;23(5):56. doi: 10.1007/s11912-021-01043-9.

Alfaro-Hernández L, Ramírez-Ramírez D,.... Pelayo R, Núñez-Enríquez JC. Impact of standardized immunophenotyping and MRD monitoring on early mortality reduction in childhood leukemia: a step towards addressing healthcare disparities in vulnerable populations from Southern Mexico. Front Oncol. 2025 Jul 28;15:1614445. doi: 10.3389/fonc.2025.1614445.

Ramírez-Ramírez D, Zamora-Herrera G,... Pelayo R. Taking High-Tech to the Field: Leukemia Diagnosis in Pediatric Mexican Patients from Vulnerable and Remote Regions. Diagnostics (Basel). 2026 Jan 28;16(3):411. doi: 10.3390/diagnostics16030411.

Zamora-Herrera G, Romo-Rodríguez R, ... Pelayo R. Low-Intensity CD66c Expression Orchestrates an Immunosuppressive Niche Promoting Residual Disease in Pediatric ProB Acute Lymphoblastic Leukemia. Cells. 2026 Feb 28;15(5):437. doi: 10.3390/cells15050437.