



Aniversario

Pediatría Integral

Pediatría ambiómica: leer el entorno, transformar la clínica

J.A. Ortega García*, E. Codina Sampera**, F. Campillo i López***

*MD, PhD. Unidad de Salud Medioambiental Pediátrica (PEHSU-Murcia). Hospital Clínico Universitario Virgen de la Arrixaca. Universidad de Murcia. Murcia

**MD. Unitat de Salut Mediambiental. Hospital Sant Joan de Déu. Barcelona

***MD. Unitat de Salut Mediambiental Pediátrica. Hospital Olot. Girona



La pediatría del siglo XXI enfrenta una encrucijada histórica. El modelo clásico de prestación de servicios médicos, centrado en la atención episódica y la intervención sobre síntomas, resulta insuficiente ante los desafíos actuales: enfermedades crónicas complejas, exposiciones ambientales persistentes, desigualdades sociales y la creciente crisis climática.

Frente a este contexto, la medicina ambiómica y la medicina de anticipación ofrecen un enfoque transformador. Basadas en una comprensión ampliada de la salud infantil, integran genoma, exposoma y entorno social, reconociendo que el ambiente no es un telón de fondo, sino un actor central en la salud y la enfermedad. El ambioma –concepto clínico desarrollado en España– permite incorporar factores, como el aire, la vivienda, el estrés, la dieta o el acceso a la naturaleza, como elementos activos del diagnóstico y la intervención.

Este nuevo paradigma redefine el acto clínico: no solo cura, sino que anticipa, acompaña y transforma. A través del análisis de casos reales –como una leucemia infantil vinculada a exposiciones urbanas múltiples y un parkinsonismo precoz asociado a pesticidas– se demuestra cómo la historia ambiental y la modulación del entorno permiten una medicina más precisa, contextual y resiliente.

Las Unidades Clínicas de Salud Medioambiental Pediátrica (PEHSU) representan el modelo estructural de esta nueva clínica. Su consolidación y expansión, alineadas con el Plan Estratégico de Salud y Medio Ambiente (PESMA), son clave para garantizar una pediatría que cuide trayectorias vitales y proteja también el ecosistema que las sostiene.

Introducción

La medicina del siglo XXI enfrenta desafíos que no pueden abordarse desde un enfoque exclusivamente biomédico.

<https://doi.org/10.63149/j.pedint.65>

El incremento de enfermedades crónicas complejas, los cambios en los patrones de salud infantil, la aceleración del cambio climático, la pérdida de biodiversidad y la creciente exposición a contaminantes físicos, químicos y sociales obligan a repensar profundamente la práctica clínica pediátrica. En este contexto, emerge una nueva generación de medicina que reconoce que la salud no se construye solo desde el genoma, sino desde la interacción constante con el entorno: la medicina ambiómica⁽¹⁾.

La medicina ambiómica no surge solo desde la teoría o desde centros académicos internacionales, emerge, concretamente, del trabajo pionero desarrollado por las PEHSU en España y Estados Unidos. Este modelo ha permitido conectar la historia clínica ambiental del enfermo con la interpretación clínica avanzada, identificar patrones gene-ambiente, desarrollar herramientas diagnósticas, como la Hoja Verde, y construir un modelo predictivo y de intervención para las enfermedades complejas, centrado en el contexto ecosistémico de cada niño. Desde esta práctica clínica estructurada, y en diálogo con la ciencia global, se ha ido consolidando el marco operativo de lo que hoy denominamos medicina ambiómica o ambiental⁽²⁻⁴⁾.

El concepto de ambioma permite comprender la vida humana como una red de interacciones entre la biología, el entorno físico, los determinantes sociales y los estilos de vida. Este enfoque integrador supera los modelos lineales tradicionales para abordar la salud y la enfermedad desde una perspectiva ecosistémica. La pediatría ambiómica traslada esta comprensión a la práctica clínica, ofreciendo herramientas para interpretar cómo las exposiciones ambientales, desde el embarazo hasta la adolescencia, modulan el desarrollo biológico y la expresión de enfermedades. Esta es una medicina de anticipación, y propone un cambio radical en la temporalidad del acto clínico: en lugar de intervenir solo cuando el daño ya está establecido, se actúa antes, durante las fases subclínicas, cuando aún es posible modular trayectorias de salud. Esta medicina no se limita a la prevención clásica; integra sus tipos y la transforma. Se basa en la predicción individualizada

del riesgo (a partir del perfil genético, ambiental y social), la modulación activa de exposiciones (aire, dieta, estrés) y el uso de biomarcadores precoces para detectar disfunciones incipientes. Su objetivo último es preservar la resiliencia biológica e inmunológica en un mundo en transformación^(2,5).

Ambos enfoques son especialmente relevantes en pediatría, por tratarse de una disciplina centrada en ventanas de oportunidad críticas para el desarrollo humano. El embarazo, la infancia temprana y la adolescencia son etapas de alta vulnerabilidad y plasticidad, en las que las intervenciones clínicas pueden tener un impacto duradero y profundo. Sin embargo, la práctica pediátrica convencional aún no ha integrado plenamente las herramientas necesarias para evaluar el exposoma, interpretar el contexto ecosistémico del paciente o intervenir antes de la aparición del síntoma.

Este artículo propone una nueva frontera en la práctica pediátrica: la convergencia entre ambiente, anticipación y ambioma, como fundamento de una medicina más preventiva, contextual, personalizada y sostenible. A través del análisis de casos clínicos reales, herramientas clínicas innovadoras y estrategias institucionales, como las PEHSU, se ilustra cómo esta nueva pediatría puede y debe ser construida.

Medicina ambiental y sanidad ambiental^(2,5)

La Salud Medioambiental Pediátrica es la rama de la pediatría que estudia cómo el entorno –físico, químico, biológico y social– afecta a la salud y al desarrollo de los niños y niñas. Incluye aspectos teóricos y, sobre todo, prácticos, para corregir, prevenir y manejar estos riesgos en la salud de la infancia y adolescencia. La OMS (Organización Mundial de la Salud) y la Unión Europea la consideran **uno de los retos sanitarios más importantes del siglo XXI**. Se trata de una disciplina emergente y necesaria, que conecta la salud infantil con los ecosistemas, los estilos de vida y los factores sociales. La infancia es una etapa crítica donde el entorno deja una huella duradera sobre el bienestar futuro.

Sin embargo, para comprender y actuar eficazmente en este campo, es necesario **diferenciar dos disciplinas complementarias, pero distintas: la sanidad ambiental y la medicina medioambiental pediátrica** (también llamada salud ambiental clínica).

La **sanidad ambiental** forma parte del ámbito de la salud pública y se enfoca en la **prevención de riesgos colectivos**. Su escala de acción es poblacional (macro) y está gestionada por instituciones, como consejerías de salud, autoridades regulatorias o servicios de inspección. Se ocupa de vigilar y controlar la calidad del aire, del agua, de los alimentos, de los residuos o de los suelos. Sus herramientas son la normativa, la legislación sanitaria, la vigilancia ambiental y la intervención institucional.

Por otro lado, la **medicina medioambiental pediátrica** actúa a escala individual o familiar o comunitaria (micro). Es una disciplina clínica ejercida en centros de salud y hospitales, consultas pediátricas o unidades especializadas, como las PEHSU. Su objetivo es **evaluar y tratar a niños y niñas expuestos a riesgos ambientales concretos**, como pesticidas, disolventes, disruptores endocrinos o contaminantes atmosféricos. Sus herramientas clínicas incluyen la **historia clínica ambiental pediátrica**, el uso de **biomarcadores de exposición**

efecto, el análisis del exposoma y la intervención personalizada sobre los entornos de vida del paciente.

Ambas disciplinas son complementarias, comparten una preocupación común por los determinantes ambientales de la salud, pero su marco de acción, sus ubicaciones y sus metodologías son diferentes. Una actúa sobre entornos para proteger a poblaciones; la otra, sobre personas expuestas para preservar y restaurar la salud individual, familiar o comunitaria. Entender esta distinción es esencial para avanzar en un modelo de salud pediátrica ecosistémica y multiescalar, que combine políticas públicas eficaces con intervenciones clínicas concretas, sin dejar a ningún niño atrás.

Ambioma: la orquesta invisible que dirige la salud

El **ambioma** es el concepto que integra genoma y exposoma. Si el genoma es la partitura y el exposoma el ritmo, el ambioma es quien dirige la sinfonía de la vida. El ambioma es dinámico, adaptativo y conecta lo biológico con lo ambiental, lo individual con lo colectivo. El ambioma hace algo esencial: da contexto y sentido a la interacción entre genoma y exposoma, actuando como un puente que une lo biológico y lo ambiental, y revelando cómo estas interacciones producen los resultados finales en salud o enfermedad.

El ambioma no solo considera la biología, sino también el contexto social, cultural y ecológico. Es la base de la medicina ambiómica o medioambiental, que busca comprender y anticipar la salud y la enfermedad desde una perspectiva holística ecosistémica, dinámica y personalizada⁽¹⁾.

Esta definición de **ambioma** fue introducida en 2014, fruto de la experiencia clínica acumulada en la PEHSU de la Región de Murcia. Surgió ante la necesidad de un marco integrador que permitiera comprender cómo múltiples factores –genéticos, ambientales, sociales y emocionales– interactúan de forma única en cada niño, influyendo en su salud, desarrollo y vulnerabilidad frente a la enfermedad.

El ambioma no es solo una evolución del exposoma ni una extensión de la epigenética. Es un **paradigma clínico completo**, que reconoce que la salud no puede explicarse solo desde lo biológico, ni siquiera desde lo molecular. El ambioma es el **conjunto dinámico de interacciones complejas entre el genoma, el exposoma, microbioma y los determinantes sociales, culturales, conductuales y ecosistémicos** que moldean continuamente la trayectoria vital de una persona⁽⁶⁾.

Si el genoma es la partitura, y el exposoma es el sonido del entorno, el ambioma es el **director de orquesta** que interpreta esa partitura de forma única en cada ser humano⁽⁵⁾.

A diferencia de la epigenética –que se centra en los mecanismos moleculares que regulan la expresión génica–, el ambioma incorpora dimensiones nuevas **clínicas, ambientales, psicológicas, educativas y sociales**, haciéndolo especialmente útil en la consulta pediátrica.

En pediatría, el ambioma es clínicamente muy relevante, con un impacto desproporcionado en etapas críticas del desarrollo y permite:

- Comprender la **variabilidad clínica** más allá de la genética.
- Reconocer la **importancia del entorno inmediato** (hogar, escuela, aire, dieta, estrés, relaciones).

Tabla I. Elementos clave para una medicina ambiómica en un modelo de salud planetaria⁽¹⁾

Genoma	– Genoma y todas las ómicas. Genómica, epigenómica, proteómica, metabolómica, transcriptómica, entre otras, que estudian las interacciones y funciones moleculares en la salud y enfermedad
Exposoma	– Contaminantes físicos y químicos. Todas las exposiciones ambientales a lo largo de la vida, como contaminantes, productos químicos y radiaciones... – Estilo de vida. Actividad física, sueño, uso de tecnología, contacto con la naturaleza, entornos digitales, otras adicciones y comportamientos que influyen en la salud – Salud mental. El estrés, la ansiedad, las emociones y otros factores psicosociales impactan en la salud – Determinantes sociales de la salud. Creencias, valores, cultura, espiritualidad y condiciones socioeconómicas que afectan la salud planetaria – Interacciones socioecológicas. Impacto del entorno natural, cambio climático, biodiversidad, catástrofes naturales, meteoritos, pandemias emergentes y calidad de los ecosistemas en la salud humana y del planeta – Microbioma. Comunidad de microorganismos que habitan en el cuerpo y ecosistemas y su rol en la digestión, inmunidad y salud general – Metabolismo y nutrición. Nutrición para el desarrollo óptimo y salud

- Actuar antes de que aparezca la enfermedad, en fases subclínicas o contextuales.
- Personalizar los tratamientos y recomendaciones basándose en el entorno real del niño.

Adoptar el ambioma en la clínica implica una transformación profunda del acto médico, recuperando un eslabón olvidado de la práctica clínica: pasar de preguntar “¿qué tiene este paciente?” a “¿qué le rodea?”, “¿qué ha vivido su cuerpo?”, “¿en qué contexto se ha formado su salud?”. El ambioma **no se ve al microscopio, pero se escucha en la entrevista clínica.** Es la medicina de los cuerpos en su entorno. De las historias de vida. De los sistemas vivos.

Medicina ambiómica y de anticipación

La **medicina ambiómica** es la expresión clínica del concepto de ambioma. Es mucho más que una herramienta diagnóstica: es una **forma de pensar, escuchar y actuar** en la consulta pediátrica. Se basa en la convicción de que **la enfermedad no ocurre en el vacío**, sino en cuerpos expuestos, moldeados por su ambiente, su historia, su contexto y su biología^(2,6).

Esta medicina surge directamente del trabajo desarrollado en unidades clínicas como las PEHSU en España, donde durante años se ha interrogado el entorno con el mismo rigor con el que se explora un abdomen o se ausculta un tórax. El resultado es una medicina más completa, más humana y, sobre todo, más eficaz en tiempos de enfermedades complejas y exposiciones invisibles.

En esta medicina, **el entorno es parte del diagnóstico y parte del tratamiento.** Un caso de pubertad precoz puede ser consecuencia de una exposición a disruptores endocrinos; una leucemia puede estar asociada a benceno doméstico; un cuadro de ansiedad puede reflejar no solo un conflicto interno, sino un entorno escolar hostil o una vivienda ruidosa.

La medicina ambiómica no renuncia a lo molecular, pero no se detiene allí. Complementa y expande el conocimiento genético y fisiológico con una **mirada ecosistémica**, permitiendo abordar enfermedades multifactoriales desde una lógica más comprensiva. “Donde antes veíamos una enfermedad inexplicable, ahora vemos un contexto invisible. La medicina ambiómica nos da las gafas para leerlo.”

La **medicina ambiómica** expande la medicina de precisión a través de un enfoque integral, anticipatorio y personalizado. Este enfoque supera la medicina reduccionista y permite una **clínica más precisa, proactiva y humana**, especialmente en pediatría. Se apoya en herramientas como: a) la historia de exposición ambiental; b) las ventanas críticas del desarrollo; c) biomarcadores de efecto y exposición (integra datos de la tabla I)⁽¹⁾; y d) el enfoque centrado en el enfermo o individuo sano y su contexto.

La medicina ambiómica representa un nuevo paradigma frente al modelo biomédico clásico.

Este cambio de enfoque no reemplaza lo anterior, lo amplía y lo adapta a los retos del siglo XXI. En la tabla II aparecen las diferencias del modelo ambiómico y la medicina tradicional⁽²⁾.

Es una **medicina de anticipación** y representa una transformación profunda en la forma de entender la prevención. No se trata solo de evitar enfermedades futuras, sino de **intervenir en el presente** con herramientas clínicas que permiten **predecir riesgos, detectar disfunciones subclínicas y modificar entornos antes de que el daño sea clínicamente visible.**

Este enfoque rompe con la lógica reactiva de la medicina convencional. En lugar de esperar al diagnóstico o a la aparición del síntoma, la medicina de anticipación **actúa cuando aún es tiempo de proteger la salud, no solo de tratar la enfermedad.** En la figura 1 aparecen las características funcionales en la práctica clínica de la medicina de anticipación.

El diálogo clínico se transforma: ya no se pregunta solo “¿qué le pasa ahora?”, sino también “¿qué pasará si no intervenimos?”. Se trabajan escenarios: “¿Cómo le afectará otra ola de calor?”, “¿Qué pasará si continúa con esa dieta ultraprocesada?”, o “¿Cómo influirá el estrés escolar en su desarrollo?”. Integrando **la prevención en la consulta pediátrica real**: se incorpora en las visitas de control, en supervivientes de cáncer infantil, en niños con enfermedades crónicas o en poblaciones vulnerables. Herramientas como la **Hoja Verde**, el **Pasaporte Verde** o los **paneles predictivos** permiten convertir la prevención en parte habitual de la clínica.

La medicina de anticipación es especialmente relevante en una era de crisis climática, urbanismo insalubre, pandemias silenciosas (como la obesidad infantil o el trastorno por déficit de naturaleza), y enfermedades complejas y multifactoriales.

Tabla II. Diferencias del modelo de medicina tradicional de prestación de servicios clásicos y el de la medicina ambiómica

	<i>Tradicional</i>	<i>Ambiómica</i>
Abordaje	Factores de riesgo individuales	Holístico (salud planetaria)
Rol de enfermo/familia	Receptor pasivo	Protagonista y “socio”
Responsabilidad	Del profesional	Corresponsabilidad
Exigencia de grandes cambios al paciente	No	Sí, suele ser necesario
Meta	Tratamiento de la enfermedad	Erradicación y prevención de enfermedad
Tratamiento	A corto plazo	A largo plazo
Modalidad terapéutica más frecuente	Medicación	Cambios en el medioambiente, estilos de vida y factores sociales/comunitarios
Personalización	Medicina de precisión. Centrada en la genética (genoma) y características individuales	Ambioma (genoma + exposoma), integrando factores ambientales, sociales y comunitarios
Resiliencia y sostenibilidad	No contempladas	Enfoque en la resiliencia del enfermo y la sostenibilidad de los sistemas de salud y el medioambiente
Focalización	Diagnosticar y tratar	Motivar y asegurar cumplimiento terapéutico
Importancia del medioambiente	Escasa	Importante y trascendente
Uso de datos en abierto	Limitado, centrado en el profesional de la salud y los individuos	Amplio, basado en la transparencia, participación comunitaria y monitorización integral del entorno social y ambiental
Impacto en las comunidades	Limitado, enfocado en el individuo	Integral, con intervenciones que impactan tanto al individuo como a las comunidades y al entorno
Uso de tecnología	Ampliada en las ciencias ómicas para diagnóstico y prevención	Expansiva, integra ómicas y el monitoreo del exposoma



Figura 1. La medicina ambiómica es anticipatoria.
PEHis: *Pediatric Environmental History*

“No se trata de adivinar el futuro, sino de leer las señales del presente antes de que sea demasiado tarde.”

Este enfoque no reemplaza a la prevención clásica, integra la prevención primaria, secundaria y terciaria en una, y la **actualiza y la adapta** a un mundo dinámico y expuesto. Es, en definitiva, una medicina ética: la que se hace **cuando aún se puede proteger**.

Bases fisiopatológicas

Las **bases fisiopatológicas** que sustentan la medicina ambiómica se pueden resumir en los siguientes pilares^(2,6-9):

1. **Metainflamación crónica de bajo grado.** La exposición continuada a contaminantes ambientales, dietas inadecuadas, estrés psicosocial y sedentarismo genera un estado inflamatorio persistente. Este tipo de inflamación, sutil, pero sostenida, altera la regulación inmunometabólica y se asocia a enfermedades crónicas como la diabetes tipo 2, ciertos tipos de cáncer infantil, trastornos neuropsiquiátricos y enfermedades cardiovasculares. Es uno de los mecanismos centrales que conecta ambiente con enfermedad.
2. **Interacciones epigenéticas.** Factores del exposoma (como polución, químicos, estrés y dieta) modifican la expresión genética sin alterar la secuencia del ADN mediante

mecanismos como la metilación del ADN, modificación de histonas o microARNs. Esto explica por qué dos niños con el mismo genotipo pueden presentar distintas manifestaciones clínicas según su ambiente.

3. **Disbiosis del microbioma.** El microbioma intestinal actúa como un órgano inmunomodulador y metabólico. Alteraciones inducidas por antibióticos, dietas ultraprocesadas o falta de contacto con la naturaleza pueden favorecer una microbiota proinflamatoria que impacta en la aparición y evolución de enfermedades raras, autoinmunes y neurodesarrollativas.
4. **Estrés oxidativo y daño celular.** Contaminantes, como pesticidas, disruptores endocrinos o metales pesados, inducen producción excesiva de radicales libres, provocando estrés oxidativo, daño al ADN, mutaciones somáticas y disfunción mitocondrial. Este proceso es clave en enfermedades como leucemias infantiles o trastornos metabólicos raros.
5. **Activación del eje hipotálamo-hipofisario-adrenal (HHA) y disfunción neuroendocrina.** El estrés ambiental crónico activa el eje HHA, elevando los niveles de cortisol. Esto genera inmunosupresión, altera el crecimiento, la neuroplasticidad y favorece trastornos conductuales y psicosomáticos en la infancia.
6. **Interacción genoma-exposoma-medioambiente.** El ambiente permite mapear cómo una predisposición genética se expresa o se modula según las exposiciones acumuladas (desde el útero hasta la adolescencia), incluyendo factores sociales y ecológicos. Esta sinergia puede agravar (o atenuar) enfermedades minoritarias o condiciones crónicas.
7. **Inmunosenescencia precoz.** Exposiciones ambientales adversas desde edades tempranas aceleran el envejecimiento inmunológico (inmunosenescencia), reduciendo la capacidad adaptativa del sistema inmune y aumentando la susceptibilidad a infecciones, cáncer y enfermedades autoinmunes.

Casos clínicos: cuando el ambiente deja huella en el cuerpo

Los casos clínicos que se presentan a continuación ilustran cómo la **medicina ambiómica** y de **anticipación** permiten comprender mejor ciertas enfermedades, intervenir antes de que progresen y transformar el entorno como parte activa del tratamiento. Todos ellos fueron atendidos en Unidades de Salud Medioambiental Pediátrica (PEHSU), donde el entorno fue tan relevante como el cuerpo para establecer un diagnóstico y una estrategia terapéutica.

Parkinsonismo precoz y exposición a pesticidas desde la adolescencia⁽¹⁰⁻¹²⁾

- **Enfermo.** Javier, 32 años, horticultor de invernadero de flores. Consultó por temblor fino, lentitud en el movimiento y rigidez muscular progresiva en extremidades superiores. No había antecedentes familiares de enfermedad neurológica. Su historia clínica había sido

fragmentada durante años: cefaleas ocasionales desde la adolescencia, fatiga crónica desde los 20, un par de diagnósticos de ansiedad leve. Nunca fue visto como un “paciente neurológico” hasta que los síntomas fueron ya evidentes.

- **Historia ambiental.** Durante la entrevista en la Unidad de Salud Medioambiental, Javier compartió por primera vez una información que no figuraba en ningún registro clínico anterior: **había comenzado a trabajar en agricultura intensiva desde los 14 años**, ayudando a su padre en invernaderos donde se utilizaban pesticidas organofosforados sin equipos de protección adecuados. Entre los 14 y los 30 años, acumuló más de **15.000 horas de exposición directa** a agroquímicos. Preparaba mezclas, fumigaba sin mascarilla y vivía en una vivienda anexa al cultivo, donde almacenaban productos fitosanitarios. Nunca había sido informado sobre los riesgos neurológicos de estas sustancias.
- **Diagnóstico.** Tras un DaTscan positivo y la exclusión de otras causas metabólicas o genéticas, se confirmó un **síndrome parkinsoniano precoz de posible origen tóxico-ambiental**.
- **Intervención.** A pesar de que el diagnóstico era ya avanzado, el equipo de medicina ambiental decidió **actuar sobre el presente y el futuro**:
 - Cambio inmediato de entorno laboral, con apoyo institucional para reconversión profesional.
 - Educación ambiental para él y su familia, centrada en el uso seguro de agroquímicos, ventilación y hábitos de protección.
 - Apoyo psicológico y acompañamiento comunitario.
 - Derivación a rehabilitación neurológica intensiva y seguimiento coordinado entre PEHSU y neurología.
- **Resultados.** A los 6 meses, **mejoró un 85 % de los síntomas iniciales**, redujo medicación y experimentó una mejora clara en su funcionalidad y estado anímico. Pudo recuperar actividades básicas, y comenzó a implicarse en actividades comunitarias de sensibilización sobre salud laboral y exposición tóxica.
- **Aprendizaje y perspectiva ecosistémica.** Incluso las enfermedades neurodegenerativas pueden modularse si se actúa sobre el entorno a tiempo. Este caso demuestra que **las enfermedades crónicas del adulto muchas veces nacen en la infancia o adolescencia**, no como eventos genéticos inevitables, sino como procesos prolongados de exposición no diagnosticada, no registrada y no comprendida. La medicina tradicional llegó tarde; la medicina ambiómica **hubiera podido intervenir 15 años antes**. Este relato revela varias fallas estructurales:
 - La falta de historia ambiental en la consulta adolescente.
 - La ausencia de prevención activa en salud laboral juvenil.
 - El escaso reconocimiento clínico de los entornos rurales como focos de vulnerabilidad ambiental.

La medicina ambiómica propone que estas enfermedades no solo deben tratarse mejor, sino **prevenirse desde la infancia**. Si Javier hubiera sido preguntado, acompañado y protegido desde los 14 años, tal vez hoy no sería un adulto con una enfermedad neurológica irreversible.

Tabla III. Interacciones gen-ambiente relacionadas con *KMT2A*

Sustancia	Fuente común	Efecto sobre <i>KMT2A</i>	Recomendación práctica
Bisfenol A (BPA)	Plásticos, tupperes, biberones	↓ expresión <i>KMT2A</i>	Usar vidrio, evitar calentar en plásticos
Benzo[a]pireno	Humo de tráfico/tabaco	↓ expresión <i>KMT2A</i>	Filtrar aire, evitar exposición urbana intensa
Cadmio	Tabaco, fitoquímicos	↓ expresión <i>KMT2A</i>	Evitar fumar cerca de niños, uso agrícola
Permetrina	Insecticidas, antipiojos	↑ mutagénesis de <i>KMT2A</i>	Usar barreras físicas y alternativas seguras
Metilmercurio	Peces grandes (atún, pez espada)	↑ expresión <i>KMT2A</i>	Moderar consumo en infancia/más lactancia
Estradiol (ambiental)	Cosméticos, disruptores endocrinos	↓ expresión <i>KMT2A</i>	Elegir productos sin parabenos/BPA

Leucemia linfoblástica aguda y contaminación atmosférica y otras exposiciones^(7,13-21)

- **Enfermo.** Martín, un niño de 5 años, fue diagnosticado con leucemia linfoblástica aguda (LLA) de alto riesgo, portador de la translocación *KMT2A-MLL10*, una alteración genética poco frecuente y asociada a mal pronóstico. La familia, conmocionada por el diagnóstico, no tenía antecedentes genéticos conocidos y buscaba comprender el origen de la enfermedad.
- **Exploración ambiental.** Durante la primera consulta en la PEHSU, se realizó una **Historia Ambiental Pediátrica (PEHis, en su acrónimo en inglés, *Pediatric Environmental History*)** estructurada⁽¹³⁾. A través de este enfoque clínico, se identificaron múltiples **factores de riesgo acumulativos**:
 - **Exposición prenatal al benceno y otros solventes.** La madre trabajó hasta el tercer trimestre de embarazo en una oficina cercana a una gasolinera y usaba habitualmente disolventes en sus aficiones de restauración de muebles.



Figura 2. Estrategia terapéutica ambiental complementaria, orientada a modular el exposoma.

- **Contaminación del aire.** Residencia a menos de 50 metros de una vía de alto tráfico con niveles elevados de PM_{2.5} e hidrocarburos, sin sistemas de filtración ni ventilación cruzada.
- **Uso de pesticidas domésticos.** Aplicados de forma regular en espacios interiores.
- **Consumo de carnes procesadas** y alimentos ultraprocesados durante el embarazo, sin asesoramiento nutricional previo.
- **Hipótesis de exposición acumulada.** Se interpretó como un caso de **etiología multifactorial ambiómica**, donde el entorno moduló la vulnerabilidad biológica del niño. Una **sinergia de exposiciones ambientales**, sostenida desde la etapa prenatal, que probablemente contribuyó a la aparición de mutaciones somáticas, como la translocación detectada. Se estudiaron las sustancias químicas presentes en el entorno doméstico y cotidiano que pueden interferir con la expresión o inducir mutaciones en el gen *KMT2A* (Tabla III)⁽⁷⁾. Reducir su exposición podría ser una medida adecuada en el marco anticipatorio (antes, durante el tratamiento y en el largo seguimiento). Las recomendaciones aplican desde el embarazo hasta el seguimiento postratamiento. Conocer estas relaciones permite:
 - **En el inicio:** evitar exposición a benceno, Bisfenol A (BPA) y pesticidas durante el embarazo.
 - **Progresión y el largo seguimiento:** reducir reexposición postratamiento en niños con alteraciones en *KMT2A* durante la fase de tratamiento.
 - **Oportunidad terapéutica.** Estratificar el riesgo: integrando exposoma y genotipo para una medicina personalizada⁽⁵⁾.
 Esto consolida el papel de la historia clínica ambiental y sus módulos como herramientas clínicas esenciales para abrir nuevas líneas de investigación clínica.
- **La intervención ambiómica personalizada tras el diagnóstico.** Complementario al tratamiento oncológico, el equipo clínico diseñó una **estrategia terapéutica ambiental complementaria**, orientada a **modular el exposoma del niño durante su fase de tratamiento y recuperación** a lo largo del viaje del superviviente (Fig. 2):
 - **Educación ambiental intensiva a la familia**, con asesoramiento en productos seguros, alimentación sin aditivos y ventilación adecuada.



Figura 3. El aire que respira después del diagnóstico y tratamiento también importa.

- Retiro de todos los productos domésticos con compuestos orgánicos volátiles (COV), incluyendo pinturas y productos de limpieza.
- Optimización del entorno del hogar: filtros HEPA (del inglés “*High Efficiency Particle Arresting*”, o “recogedor de partículas de alta eficiencia”), control del polvo, eliminación de moquetas, sustitución de plásticos alimentarios por vidrio. Martín se cambió de domicilio durante el tratamiento. El aire que respira después del diagnóstico y tratamiento también importa (Fig. 3).
- Prescripción de naturaleza, con actividades al aire libre para favorecer el bienestar inmunológico y emocional.
- Seguimiento a largo plazo con Pasaporte Verde, ajustado a cada fase del tratamiento oncológico.
- **Resultados y seguimiento.** Martín toleró mejor de lo esperado las fases intensivas de quimioterapia. No presentó infecciones graves durante la fase de inmunosupresión, ni complicaciones hepáticas o respiratorias relevantes. La familia reportó un aumento de la conciencia ambiental, reducción de hábitos de riesgo y mejora del bienestar familiar. Hoy, en fase de vigilancia, el entorno del niño continúa siendo monitorizado como parte de su historia clínica.
- **Aprendizaje clínico.** El entorno no solo contribuye a la etiología, sino que modula el pronóstico y la respuesta al tratamiento. La medicina de anticipación permitió proteger al paciente durante su etapa de inmunosupresión y también el largo seguimiento. Este caso ilustra cómo el contexto ambiental, muchas veces ignorado en oncología pediátrica, puede contribuir tanto a la etiología como al pronóstico de enfermedades graves. La medicina ambiómica permitió detectar exposiciones pasadas, modular entornos presentes y construir un futuro más saludable. La medicina de anticipación, por su parte, permitió proteger a Martín durante su inmunosupresión, no solo con medicamentos, sino con decisiones ambientales informadas. “En este caso, el aire, los hábitos y el hogar formaron parte del tratamiento. Y eso también fue medicina.”

Discusión: hacia una pediatría ecosistémica, global y con propósito

Los casos clínicos y marcos teóricos desarrollados en este artículo nos sitúan frente a una evidencia clara: la pediatría del siglo XXI no puede mantenerse anclada en un modelo centrado exclusivamente en el cuerpo individual. El entorno –físico, químico, social, emocional, climático– es un actor principal en la salud infantil, no un decorado de fondo. Desde el embarazo hasta la adolescencia, las exposiciones acumuladas configuran trayectorias biológicas, clínicas y vitales.

La medicina ambiómica, al integrar genoma, exposoma y contexto social, permite explicar muchos fenómenos clínicos hasta ahora considerados idiopáticos y, sobre todo, **intervenir antes de que el daño se consolide e, incluso después, para mejorar el pronóstico.** La medicina ambiómica y de anticipación nos permiten leer el contexto como parte del diagnóstico e intervenir sobre él como parte del tratamiento^(2,5). Este cambio de mirada trasciende lo técnico: redefine qué entendemos por clínica, por prevención y por cuidado.

Hoy, la pediatría está en jaque. No por falta de evidencia, sino por una estructura saturada, fragmentada, centrada en síntomas y presionada por la inercia de un sistema que prioriza la cantidad sobre el propósito. Pero esta crisis también puede ser una **palanca de transformación.** Si aceptamos el reto, podemos reconstruir la pediatría como una disciplina global⁽²²⁾, ética, contextual y transformadora.

Una nueva forma de ser pediatra nace del reconocimiento de que la salud infantil está profundamente ligada a la salud del ambiente. Ser un pediatra global no significa trasladarse a otros países, sino ejercer desde lo local –la consulta, la escuela, el barrio– con una mirada que reconoce que cada niño es un cuerpo expuesto, un ser en desarrollo dentro de un ecosistema en transformación.

El pediatra global entiende que el aire contaminado, los pesticidas en el hogar, el ruido urbano, la falta de acceso a la naturaleza o el estrés ecosocial no son factores secundarios, sino determinantes claves de la salud y del desarrollo^(3,4). Por eso, no solo escucha síntomas, sino también entornos. No espera a que la enfermedad aparezca, sino que anticipa los riesgos invisibles que se acumulan día a día en el cuerpo del niño.

Este pediatra interviene donde antes nadie miraba: en la ventilación del aula, en los hábitos digitales, en la calidad del agua o en los materiales que rodean al recién nacido. Y en todo lo que hace, conecta la ciencia con la ética, la evidencia con la justicia ambiental, el acto clínico con el cuidado del planeta. Porque sabe que no hay salud infantil duradera si no hay salud ambiental compartida. Y que el futuro de la pediatría depende, también, de nuestra capacidad para cuidar el mundo que los niños habitan. En la tabla IV aparecen las tareas del pediatra global.

En un futuro cada vez más digitalizado, muchos actos médicos serán automatizados, pero el valor del pediatra no residirá en repetir algoritmos, sino en **lo humano que no puede ser replicado.**

Un sistema actual centrado en la prestación de servicios médicos, el riesgo es convertir la consulta en una rutina de tareas técnicas sin alma. Pero el pediatra que necesitamos para el siglo XXI es otro: el que **escucha, además de medir, lee**

Tabla IV. Tareas clave del pediatra global

1. Ser guardián del vínculo entre biología y ambiente
2. Reivindicar la prevención como acto clínico real (medicina de anticipación)
3. Incorporar salud planetaria y equidad como marcos éticos en la práctica clínica
4. Exigir políticas públicas centradas en la infancia
5. Formarse en exposoma, biomarcadores, herramientas ómicas y escucha activa
6. Resistirse a la banalización del acto médico
7. Preservar lo esencial: la mirada, el vínculo, el tiempo (lee datos y también miradas)

datos y también miradas, integra algoritmos con escucha, que **interpreta contextos, además de síntomas, y que acompaña trayectorias vitales, no solo cuerpos**⁽²⁾.

Frente a la medicina que reacciona y repite, proponemos una que **anticipa, transforma y cuida con conciencia ecosocial**. En tiempos de automatización, el valor estará en lo que no puede digitalizarse: **la presencia, la mirada, el propósito**. En la tabla V describimos cómo ser un pediatra global en lo local con acciones concretas para escenarios reales.

Una oportunidad estratégica: consolidar y expandir las PEHSU

Las PEHSU son hoy el mejor ejemplo de que esta transformación es posible. En España existen actualmente tres unidades: en Murcia (Hospital Clínico Universitario Virgen

de la Arrixaca), Olot y Hospital Sant Joan de Déu de Barcelona. Estas PEHSU han demostrado que es viable integrar historia ambiental, biomarcadores, prevención real y acción comunitaria en la práctica clínica diaria.

Con el PESMA⁽²³⁾ del Ministerio de Sanidad y el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO), España tiene la oportunidad de **garantizar una PEHSU por Comunidad Autónoma** antes de 2030. No es una utopía: es una infraestructura mínima y necesaria para construir un país que cuide de verdad a su infancia. Las PEHSU no son solo dispositivos clínicos: son espacios de medicina con propósito, de pediatría que transforma y de salud que se anticipa^(4,24).

Conclusiones

La medicina ambiómica y de anticipación constituyen una respuesta innovadora y necesaria frente a los desafíos sanitarios del siglo XXI. Estas disciplinas no son una ruptura con la medicina tradicional, sino una evolución que incorpora ciencia ecosistémica, pensamiento complejo y ética preventiva al corazón del acto clínico.

Una transformación del paradigma clínico. La salud infantil no puede entenderse sin su entorno. Incorporar el ambioma a la práctica pediátrica significa reconocer que el diagnóstico empieza en el aire que se respira, en los vínculos que se tejen, en los productos que se usan y en la forma de habitar el mundo. El entorno es parte del diagnóstico y del tratamiento.

La medicina del futuro será practicada por profesionales capaces de integrar datos ómicos con escucha activa,

Tabla V. Pediatra global: acciones concretas para escenarios reales

<i>Dimensión</i>	<i>Acción concreta</i>	<i>Aplicación local</i>
Consulta clínica	Usar historia ambiental básica (PEHIs), Hoja Verde y prescripción de naturaleza	<ul style="list-style-type: none"> – Preguntar por entorno, vivienda, escuela, aire, hábitos... y actuar sobre ellos. – Identificar exposiciones evitables en embarazo y primera infancia
	Educación ambiental a familias	<ul style="list-style-type: none"> – Informar sobre dieta, sueño, pesticidas, plásticos, aire, ruido, etc.
	Evitar medicalización de malestares ecosociales	<ul style="list-style-type: none"> – Diagnosticar contexto antes que prescribir fármacos
Atención comunitaria	Coordinarse con escuelas, redes vecinales y ayuntamientos	<ul style="list-style-type: none"> – Diagnóstico de salud ambiental escolar: evaluar patios, rutas escolares seguras, ruido, estrés, alimentación, espacios verdes, aire... – Charlas, asesoramiento y mapeo de riesgo urbano
Formación y autoconocimiento	<p>Estudiar exposoma, ambioma, cambio climático, salud planetaria y narrativas clínicas con propósito</p> <p>Participar en comunidades clínicas con propósito</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Cursos AEP, sociedades científicas, PEHSU, redes internacionales, <i>Pediatrics for Planetary Health</i>
Incidencia y liderazgo ético	<p>Elevar casos clínicos ambientales a estructuras de salud pública</p> <p>Exigir institucionalmente una PEHSU en la comunidad</p> <p>Defender el tiempo clínico como espacio ético y no burocrático</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Generar alertas sobre clústeres y entornos dañinos – Propuesta desde colegios médicos y sociedades científicas – Conectar ciencia con propósito. Reivindicar tiempo para prevenir, escuchar y acompañar

algoritmos con contexto y ciencia con compasión. Ser pediatra global no significa trabajar en otro país, sino mirar el barrio con ojos de planeta, actuar localmente con responsabilidad universal. Por otro lado, las PEHSU han demostrado que es posible una medicina más justa, personalizada y transformadora. Son infraestructuras críticas para la medicina del siglo XXI; su expansión, en el marco del PESMA, representa una oportunidad estratégica para transformar la pediatría española en una red resiliente, formativa y con propósito.

La medicina de anticipación propone una acción clínica en tiempo real, integrada, proactiva y centrada en preservar la resiliencia del paciente antes de que el daño se consolide. Esta es la verdadera prevención del siglo XXI: actuar cuando aún se puede proteger. La medicina de anticipación cambia la pregunta clínica: de “¿qué tiene este niño?” a “¿qué pasará si no actuamos ahora?”.

Frente al riesgo de una medicina tecnocrática, deshumanizada o burocrática, este nuevo enfoque recupera lo esencial: el cuidado del niño como ser biológico y relacional, y el acto médico como espacio ético de transformación. Una Pediatría que Renaturaliza y Rehumaniza la práctica médica.

Bibliografía

- Ortega-García JA. Unraveling the exposome: towards a model of planetary health. *An Pediatr (Engl Ed)*. 2024; 102: 503695. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.anpede.2024.503695>.
- Ortega-García JA. Llamando a la Tierra... Llamando a la Tierra. Una aproximación al modelo de la Salud Medioambiental. Cartagena: Ecosalud; 2021.
- Woolf AD, Jackson JE, Corcoran P, Fritz MK, Kim SS, Maslak TM, et al. An Update on Pediatric Environmental Health Specialty Units: Activities and Impacts, 2015-19. *Acad Pediatr*. 2024; 24: 1323-1332.
- Ortega-García JA, Tellerías L, Ferrís-Tortajada J, Boldo E, Campillo-López F, van den Hazel P, et al. Threats, challenges and opportunities for paediatric environmental health in Europe, Latin America and the Caribbean. *An Pediatr (Engl Ed)*. 2019; 90: 124.e1-e11.
- Ortega García JA, Codina-Sampera E, Claudio L, Menéndez-Buján P. Medicina ambiómica: una revolución silenciosa en las enfermedades minoritarias. En: Martínez-López S (editor). *Salud Global: Ciencia, Sostenibilidad e Innovación*. Universidad de Murcia; 2025. p. 47-66.
- Codina Sampera E, Ortega García JA. Conceptos básicos en Salud Medioambiental Pediátrica. Vulnerabilidad especial. En: *Medicina medioambiental: qué hacer para mejorar mi salud y la de todos*. Continuum 2025. Disponible en: <https://continuum.aeped.es>.
- Davis AP, Wieggers TC, Sciaky D, Barkalow F, Strong M, Wyatt B, et al. Comparative Toxicogenomics Database's 20th anniversary: update 2025. *Nucleic Acids Res*. 2024.
- Ortega-García JA. Pediatría verde en la era del Antropoceno: transformando el futuro con la huella de carbono en Atención Primaria. *Pediatr Integral*. 2023; 7: 406.e1-e9. Disponible en: <https://www.pediatriaintegral.es/publicacion-2023-10/pediatria-verde-en-la-era-del-antropoceno-transformando-el-futuro-con-la-huella-de-carbono-en-atencion-primaria/>.
- Pero-Gascon R, Hemeryck LY, Poma G, Falony G, Nawrot TS, Raes J, et al. FLEXiGUT: Rationale for exposomics associations with chronic low-grade gut inflammation. *Environ Int*. 2022; 158: 106906.
- Unidad de Salud Medioambiental Pediátrica. Tóxicos en el cerebro en el desarrollo. Murcia. 2005. Disponible en: https://pehsu.org/wp/?page_id=315.
- Goldman SM. Environmental toxins and Parkinson's disease. *Annu Rev Pharmacol Toxicol*. 2014; 54: 141-64.
- Pezzoli G, Cereda E. Exposure to pesticides or solvents and risk of Parkinson disease. *Neurology*. 2013; 80: 2035-41.
- Cabrera-Rivera LT, Sweetser B, Fuster-Soler JL, Ramis R, López-Hernández FA, Pérez-Martínez A, et al. Looking Towards 2030: Strengthening the Environmental Health in Childhood-Adolescent Cancer Survivor Programs. *Int J Environ Res Public Health*. 2022; 20: 443. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9819016/>.
- Martínez Romera I, Ortega García JA. Estudios de casos (I): medioambiente y cáncer pediátrico. En: *Medicina medioambiental: qué hacer para mejorar mi salud y la de todos*. Continuum 2025. Disponible en: <https://continuum.aeped.es>.
- Cárceles-Álvarez A, Ortega-García JA, López-Hernández FA, Fuster-Soler JL, Ramis R, Kloosterman N, et al. Secondhand smoke: A new and modifiable prognostic factor in childhood acute lymphoblastic leukemias. *Environ Res*. 2019; 178: 108689.
- Young AS, Mullins CE, Sehgal N, Vermeulen RCH, Klijn PM, Vlaanderen J, et al. The need for a cancer exposome atlas: a scoping review. *JNCI Cancer Spectr*. 2025; 9: pkae122. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/jncics/pkae122>.
- Mark Miller. El cáncer infantil y el medioambiente. PEHSU. California. Disponible en: https://wspehsu.ucsf.edu/wp-content/uploads/2024/07/cancer-risks-flipchart_esp.pdf.
- Programa Ambiental y Comunitario para el Largo Seguimiento de Supervivientes de Cáncer Pediátrico de la Región de Murcia (PLASESCAP-MUR). Disponible en: https://pehsu.org/wp/?page_id=1026.
- Reynoso-Noverón N, Santibáñez-Andrade M, Torres J, Bautista-Ocampo Y, Sánchez-Pérez Y, García-Cuellar CM. Benzene exposure and pediatric leukemia: From molecular clues to epidemiological insights. *Toxicol Lett*. 2024; 400: 113-20. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2024.08.010>.
- Ojeda Sánchez C, García-Pérez J, Gómez-Barroso D, Domínguez-Castillo A, Pardo Romaguera E, Cañete A, et al. Exploring Urban Green Spaces' Effect against Traffic Exposure on Childhood Leukaemia Incidence. *Int J Environ Res Public Health*. 2023; 20: 2506.
- Desai S, Morimoto LM, Kang AY, Miller MD, Wiemels JL, Winestone LE, et al. Pre- and Postnatal Exposures to Residential Pesticides and Survival of Childhood Acute Lymphoblastic Leukemia. *Cancers (Basel)*. 2025; 17: 978.
- Zajac L, Landrigan PJ; and the Council on Environmental Health and Climate Change. Environmental Issues in Global Pediatric Health: Policy Statement. *Pediatrics*. 2025; 155: e2024070075.
- Plan Estratégico de Salud y Medio Ambiente 2002-2026. Ministerio de Sanidad, Miteco. España. Disponible en: <https://www.sanidad.gob.es/organizacion/planesEstrategias/pesma/home.htm>.
- Ortega García JA, Ferrís i Tortajada J, López Andreu JA. Paediatric environmental health speciality units in Europe: integrating a missing element into medical care. *Int J Hyg Environ Health*. 2007; 210: 527-9.



Aniversario

Pediatría Integral