

Algunos aspectos de la relación entre la salud y el medio ambiente

Por conducto de proyectos que el OIEA apoya, los investigadores estudian los efectos que surten sobre la sanidad humana los cambios de las condiciones ambientales

por
Gopinathan Nair,
Robert M. Parr,
y **John Castelino**

El desarrollo sostenible del medio ambiente, en todas sus formas, es algo más que un concepto relacionado con la protección de los frágiles ecosistemas de la Tierra. En el caso de las personas, es la receta para una mejor salud. Por ejemplo, miles de millones de personas en todo el mundo padecen problemas de salud a causa de la contaminación atmosférica que genera la industria, de la exposición a metales y desechos tóxicos, y de parásitos mortíferos que se adaptan rápidamente a las condiciones ambientales insalubres. A medida que mejore la salud del planeta gracias a la política de desarrollo sostenible, también mejorará la salud de sus habitantes.

El OIEA trabaja de diversas formas con organizaciones nacionales e internacionales para ampliar la comprensión científica sobre las relaciones entre el medio ambiente y la sanidad humana. En la búsqueda de respuestas a preguntas complejas y desconcertantes, con frecuencia se utilizan tecnologías nucleares y otras conexas. En este artículo se destaca parte de ese trabajo, ilustrando la magnitud de los problemas y de las posibles soluciones.

Contaminación atmosférica: "Ventana" nuclear para el pulmón urbano

La humanidad se ha beneficiado mucho con la industrialización. En muchos países la vida se ha hecho más organizada, cómoda y productiva. Simultáneamente, la industrialización ha traído sus males, entre ellos la urbanización, que ha hecho del medio ambiente su primera víctima. De todos los cambios del medio ambiente mundial que hoy amenazan tan siniestramente a la humanidad, la contaminación atmosférica es uno de los más importantes habida cuenta de su efecto sobre la sanidad humana. La contaminación es el resultado de la suma de las personas con la actividad económica, dos elementos que crecen a un ritmo acelerado.

El Dr. Nair es Jefe de la Sección de Medicina Nuclear de la División de Sanidad Humana del OIEA, de la cual el Sr. Castelino es funcionario superior. El Sr. Parr es Jefe de la Sección de Estudios de la Nutrición y de Estudios del Medio Ambiente relacionados con la Salud, perteneciente a la misma División.

Esta situación coloca a los países en desarrollo ante un dilema: necesitan impulsar vigorosamente la industrialización para hacer crecer la economía y, al mismo tiempo, no cuentan con recursos que les permitan instalar sistemas adecuados de seguridad industrial para mantener la contaminación bajo control. Ante la disyuntiva de estas dos necesidades contrapuestas —rápido crecimiento económico y protección ambiental— la mayoría de los países en desarrollo cede a las presiones de la economía. Recientemente los gobiernos empezaron a encarar los peligros propios de la contaminación, pero en muchos de esos países no se cumplen estrictamente las reglas que rigen la seguridad ambiental.

Asia ofrece un ejemplo impresionante de esta incierta situación. En el mundo existen sólo 13 ciudades con más de 10 millones de habitantes, de las cuales siete están en Asia. Aproximadamente mil millones de personas viven en atestadas y caóticas ciudades de ese continente. De las siete ciudades con la peor contaminación atmosférica del mundo, cinco están en Asia.

La contaminación atmosférica es el peor de los insultos ambientales debido a su posible movimiento transfronterizo. Es producida fundamentalmente por la combustión de combustible fósil en vehículos automotores y centrales energéticas, el humo proveniente de cocinas que queman madera, incineradores, chimeneas industriales, etcétera, y el polvo procedente de productos agrícolas, trabajos de construcción y actividades de minería, por ejemplo. Los contaminantes suelen ser el plomo, el dióxido de azufre, el ácido sulfúrico y los sulfatos, los óxidos de nitrógeno, el ozono y los contaminantes fotoquímicos, el monóxido de carbono, los compuestos orgánicos volátiles y materia orgánica en forma de partículas finas dispersas, incluidos los aeroalérgenos. Todos esos contaminantes, cuando rebasan determinada concentración, son peligrosos para la salud.

Los efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud han sido muy bien documentados desde el famoso incidente de la niebla de Londres ocurrido en 1952. Se estima en alrededor de 4000 el número de muertes derivadas de ese incidente, que dejó categóricamente establecida la relación directa entre una contaminación atmosférica elevada y la tasa de mortalidad. Se han comunicado aumentos de

la mortalidad incluso a niveles de contaminación inferiores en muchos estudios realizados desde que ocurrió el caso de Londres. Los informes sobre episodios de contaminación atmosférica indican, además, un aumento de los ingresos en hospitales de emergencia debido a enfermedades respiratorias y cardiovasculares, así como de las solicitudes de prestaciones a trabajadores por riesgos sanitarios. Las pruebas de laboratorio sobre funcionamiento pulmonar demuestran que durante los episodios de contaminación atmosférica aumenta el volumen de respiración forzada por segundo (FEVI). Los valores de FEVI varían de una región a otra con distintos niveles de contaminación atmosférica.

Todavía no está claro el mecanismo subyacente de aumento de la mortalidad y la morbilidad a causa de la contaminación atmosférica. Esta puede aumentar la permeabilidad pulmonar y provocar edema pulmonar, o sea, acumulación de líquido en los pulmones, lo cual obstaculiza el intercambio gaseoso en los alvéolos pulmonares y ocasiona falta de oxígeno en el organismo. Se sabe que las personas que padecen enfermedades agudas y crónicas de las vías respiratorias son más sensibles a las partículas de contaminantes atmosféricos.

Los mecanismos de defensa habituales del organismo —como la membrana ciliada y la inmunoglobulina presente en la mucosa que recubre las vías respiratorias— no protegen los pulmones contra los contaminantes del aire inhalado. A lo sumo, puede que las partículas grandes se alojen en las membranas cubiertas de mucosas de las vías respiratorias superiores y no lleguen a las partes más profundas de los pulmones. Las sensaciones subjetivas de molestia en las vías respiratorias y de falta de aire son los síntomas comunes de una fuerte exposición al aire contaminado.

La contaminación atmosférica exacerba las enfermedades ya existentes, lo que reduce al mínimo las posibilidades de recuperación y es particularmente perjudicial para los pacientes de enfermedades crónicas como la bronquitis, el asma y los problemas cardiovasculares. Las personas de más edad corren más riesgo de ser afectadas que los jóvenes.

El peligro que se deriva de la contaminación atmosférica tiene que ver, en gran parte, con las llamadas partículas PM10, que son partículas pequeñas y finas capaces de penetrar profundamente en los pulmones. Su fuente principal, aunque no la única, son las emisiones de gases de escape de los vehículos automotores. Cálculos realizados no hacen mucho pensar que los gases de escape provocan todos los años la muerte de cerca de 60 000 personas en los Estados Unidos y de unas 10 000 en el Reino Unido. No se conoce muy bien cuál es la situación en otros países pero según los datos disponibles es probable que el problema esté muy extendido.

Necesidad de biomarcadores. La exposición del ser humano al monóxido de carbono, por ejemplo, puede calcularse midiendo la concentración de monóxido de carbono en la atmósfera o bien la carboxihemoglobina en la sangre. De igual manera, la exposición al plomo presente en la atmósfera puede calcularse a partir de las concentraciones medias de plomo en la sangre y la orina de la población expuesta. Esos biomarcadores pueden ayudar a los

médicos a evaluar el riesgo de la enfermedad. Sin embargo, actualmente no existen biomarcadores de los efectos pulmonares de la exposición al aire contaminado.

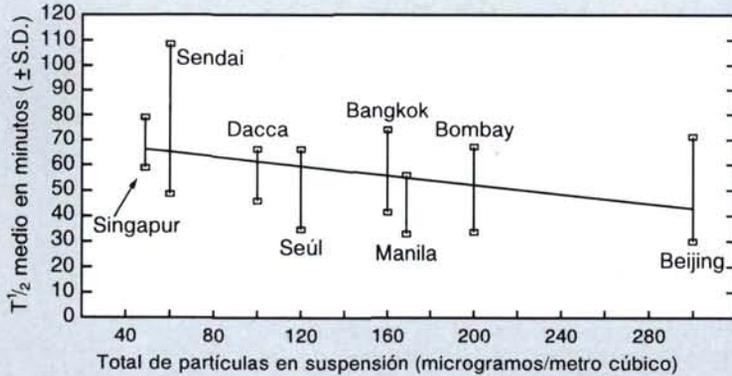
No obstante las técnicas nucleares ayudan a llenar este vacío al proporcionar instrumentos para la investigación científica. Esas técnicas se han utilizado en estudios de pulmones y vías respiratorias durante los últimos tres decenios. Los datos obtenidos permiten, por ejemplo, identificar y cuantificar fuentes importantes de contaminación.

Por otra parte, el empleo de radionucleidos como trazadores ayuda a los investigadores a estudiar las funciones respiratorias pulmonares, a saber, la perfusión sanguínea y la ventilación en los pulmones. No fue hasta hace poco que funciones no respiratorias como la depuración mucociliar y la permeabilidad pulmonar, atrajeron la atención de los investigadores clínicos. Una de las investigaciones realizadas consiste en obtener imágenes de los pulmones usando la técnica de escintilografía por aerosoles con tecnecio 99m DTPA (ácido dietileno-triamino pentacético). Esta técnica —que se utiliza para medir la permeabilidad de la membrana capilar-alveolar— es una prueba muy rápida, segura y sencilla que puede realizarse en cualquier departamento de medicina nuclear. El paciente inhala el aerosol de un sistema de suministro durante cinco minutos aproximadamente, y luego se observa la depuración de la radiactividad en los campos pulmonares mediante un sistema de cámara gamma computarizada. Se emplean mediciones para determinar el tiempo que demora la depuración de la mitad de la radiactividad inicial de los pulmones. Cualquier lesión microvascular alveolar de los pulmones modificará la permeabilidad y ello se reflejará en la tasa de depuración pulmonar. La técnica se ha venido aplicando sistemáticamente en una amplia variedad de enfermedades pulmonares que se caracterizan por inflamación difusa del pulmón, lo cual provoca lesiones microvasculares alveolares.

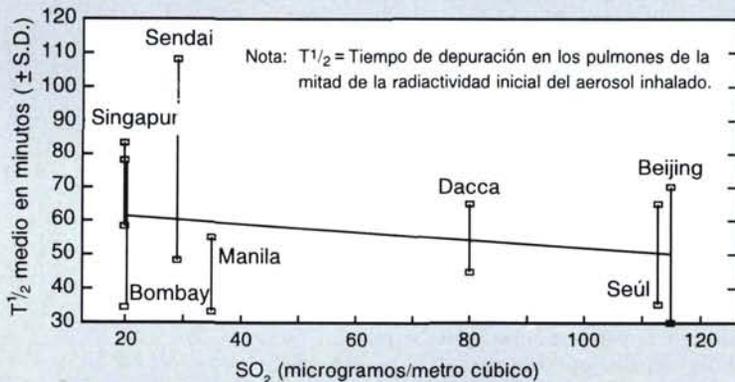
La técnica de la escintilografía por aerosoles fue utilizada por los investigadores que participaron en un programa coordinado de investigación (PCI) del OIEA sobre la obtención de imágenes pulmonares mediante inhalación de aerosoles. Los investigadores estudiaron específicamente los efectos de la contaminación atmosférica urbana en los pulmones. Personas de 10 ciudades asiáticas —Dacca, Beijing, Bombay, Bandung, Sendai, Seúl, Lahore, Manila, Singapur y Bangkok— se ofrecieron voluntariamente para el estudio. Ninguno de ellos fumaba ni presentaba síntomas de afección de las vías respiratorias, sus radiografías de tórax eran normales y fueron sometidos a pruebas espirométricas normales de la función pulmonar. El sistema de suministro de aerosoles empleado en el estudio se diseñó y fabricó en el Centro de Investigaciones Atómicas de Bhabha (BARC) en Bombay, y fue ensayado y validado para los estudios de inhalación de aerosoles. El estudio también incluyó la compilación de datos anuales sobre la calidad del aire de las 10 ciudades, a saber, total de partículas en suspensión (TSP), dióxido de azufre (SO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x), monóxido de carbono (CO) y ozono.

Resultado de la investigación realizada en Asia y el Pacífico con el apoyo del OIEA: Efectos de la contaminación atmosférica sobre la permeabilidad pulmonar

Total de partículas en suspensión

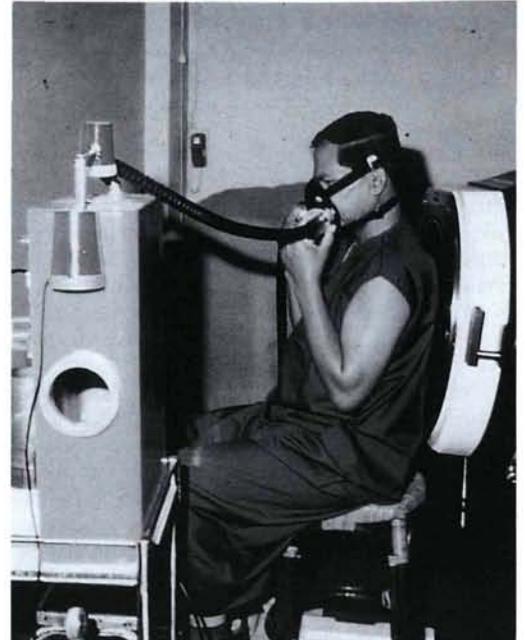


Dióxido de azufre



Los resultados demostraron que existe una señal de alteración de la función pulmonar, a saber, la permeabilidad pulmonar, respecto de la concentración de contaminantes en el aire. Ello resultó evidente sobre todo con las concentraciones del TSP —el contaminante que más efecto tiene sobre los pulmones— y la concentración de SO₂. De acuerdo con los resultados, es lógico suponer que la alteración de la permeabilidad se debió a una posible lesión pulmonar provocada por la exposición prolongada a la contaminación del aire ambiente, ya que las personas estudiadas eran adultos sanos que no fumaban. Por tanto, las pruebas son un medio que permite avizorar los efectos de la contaminación del aire urbano en los pulmones. Ahora bien, para poder llegar a conclusiones definitivas habrá que realizar un seguimiento de los resultados del estudio.

En algunos aspectos, esta investigación realizada con el apoyo del OIEA ha abierto nuevas vías al proporcionar un método cuantitativo para ensayar los efectos de la contaminación ambiental sobre la fisiología del pulmón humano. Como los pulmones son los órganos principales que están expuestos directamente al medio ambiente, ya es posible asociar con más exactitud el deterioro de la función pulmonar con la incidencia de trastornos de las vías



Uno de los participantes en un estudio sobre contaminación atmosférica apoyado por el OIEA inhala un aerosol radiomarcado para medir la permeabilidad de sus pulmones.

respiratorias. Esto allana el camino para comprender mejor los mecanismos a través de los cuales la contaminación atmosférica afecta la salud.

Por intermedio de sus programas de investigación y cooperación técnica, el OIEA apoya una serie de estudios sobre diversos aspectos de la contaminación atmosférica, el medio ambiente y la salud. En 1995, por ejemplo, se prevé ampliar un proyecto en curso que cuenta con la participación conjunta del OIEA, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo y países del Acuerdo de Cooperación Regional del OIEA para la región de Asia y el Pacífico. El objetivo general del proyecto será el empleo de isótopos y radiaciones para mejorar la tecnología y apoyar el desarrollo ecológicamente sostenible. En la actualidad 15 países de la región de Asia y el Pacífico participan en este proyecto, que también incluye estudios relativos a los sedimentos y los suelos, las masas de agua y los biodetectores.

Metales pesados tóxicos: Estudios de las exposiciones del ser humano a través de los alimentos y el agua

Durante siglos se han extraído y refinado metales pesados tóxicos como el plomo y el mercurio. Lamentablemente, con el decursar del tiempo el medio ambiente, incluidos los alimentos y el agua potable, se ha contaminado con estos y otros elementos. (Véase el cuadro.) Algunos investigadores creen incluso que la toxicidad del plomo fue uno de los factores que intervinieron en la caída del imperio romano. Lo cierto es que los hombres han venido contribuyendo a la contaminación a largo plazo del planeta con plomo desde antes de la era

cristiana, como quedó demostrado recientemente en un análisis de muestras de hielo de Groenlandia.

Hoy día, el componente humano sigue siendo el más importante del ciclo biogeoquímico global de los metales pesados tóxicos. Además, la toxicidad total anual de todos los metales puestos en circulación actualmente por las actividades del hombre *excede la toxicidad total combinada de todos los desechos radiactivos y orgánicos generados cada año**.

Por tanto, es lógico que muchos programas nacionales e internacionales destinados a evaluar la exposición de las personas a los contaminantes ambientales asignen una alta prioridad al estudio de los metales pesados tóxicos. En lo que respecta a las Naciones Unidas, muchos de esos programas caen dentro del marco del "Programa 21", un grupo de actividades relacionadas con el desarrollo sostenible que se derivaron de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, celebrada en 1992.

Programas apoyados por el OIEA. El arsénico, el cadmio, el cobre, el plomo y el mercurio, entre otros elementos tóxicos, se pueden estudiar mediante diversas técnicas nucleares y otras técnicas conexas. Entre las principales técnicas que se utilizan a ese efecto figuran el análisis por activación neutrónica, el análisis por fluorescencia X basado en la dispersión de la energía, la emisión de rayos X inducida por partículas y la espectrometría de masas por plasma inductivamente acoplado, y diversos estudios con trazadores isotópicos. El OIEA apoya por diversas vías la labor que se realiza en esferas específicas de investigación. (Véase el recuadro de la página 14.)

Una de las aplicaciones más útiles de las técnicas analíticas nucleares es la relacionada con el empleo de "biodetectores". El cabello humano es un ejemplo de biodetector que tiene aplicaciones históricas y ambientales. (Todavía se sigue debatiendo, por ejemplo, si Napoleón murió por envenenamiento con arsénico y si ello se puede establecer mediante el análisis de algunas muestras de cabello supuestamente tomadas de su cadáver.)

Una aplicación más "viva" del análisis del cabello se demuestra en un programa de investigación en curso que recibe apoyo del OIEA, en el cual el cabello se utiliza para observar la exposición al mercurio de mujeres embarazadas y sus hijos recién nacidos. La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha propuesto que los niveles de mercurio en el cabello no excedan de 4 a 6 microgramos por gramo, pues de lo contrario hay riesgo de lesión neurológica para el recién nacido. Los trabajos realizados por el OIEA han demostrado que ese nivel se sobrepasa en grupos poblacionales de varios países en desarrollo. Por lo general la exposición se debe al consumo de pescado contaminado. Los niveles particularmente elevados (como los registrados en algunos sujetos que habitan en la cuenca amazónica, en el Brasil) probablemente están vincu-

Metales pesados característicos del medio ambiente, y algunos límites para la exposición de las personas a los mismos

	Límite para el aire ¹	Límite para el agua potable ²	Dosis semanal tolerable provisional ³	Principales fuentes de exposición
Arsénico	0 ⁴	10 µg/L	14 µg/kg de peso corporal	Agua potable contaminada
Cadmio	10 a 20 ng/m ³	3 µg/L	aprox. 7 µg/kg de peso corporal	Ocupación; hábito de fumar cigarrillos
Cobre	—	1 mg/L	0,35 a 3,5 mg/kg de peso corporal	Agua potable contaminada
Plomo	0,5 a 1 µg/m ³	10 µg/L	50 µg/kg de peso corporal	Ocupación; pica ⁵ ; deposición de productos del petróleo con plomo
Mercurio	1 µg/m ³	1 µg/L	5 µg/kg de peso corporal como total de mercurio 3,3 µg/kg de peso corporal como metilmercurio	Pescado contaminado; ocupación

¹ Valor indicativo del límite máximo de concentración como media temporal ponderada durante un año (OMS).

² Valor indicativo del límite máximo de concentración en agua potable (OMS).

³ Dosis semanal máxima aceptable en adultos (OMS/FAO). El valor citado debe multiplicarse por el peso corporal en kilogramos para obtener el total de la dosis semanal máxima aceptable por individuo.

⁴ Se considera que el arsénico a cualquier nivel constituye un factor de riesgo de cáncer.

⁵ Pica es el hábito de comer arcilla, tierra, polvo, y otros productos no comestibles. Es una fuente importante de ingestión de plomo en los lactantes que viven en medios contaminados, sobre todo en viviendas pintadas con pinturas antiguas a base de plomo.

lados al uso de mercurio en la extracción y depuración de oro. El proyecto también incluye estudios del componente orgánico más importante del mercurio, el metilmercurio.

Enfermedades transmisibles y medio ambiente: Adaptación a los cambios

El desarrollo socioeconómico debe traducirse en mejor salud y calidad de vida para las personas. Hasta hace poco, sin embargo, el desarrollo muchas veces se consideraba un sinónimo de degradación ambiental, contaminación y aumento de la incidencia de enfermedades, así como de empeoramiento de la calidad de la vida de por lo menos un sector de la población a la que debía beneficiar. Ultimamente, por suerte, se reconoce cada vez más que el mejoramiento de la salud y de la calidad de la vida debe marchar parejo al desarrollo sostenible o, de lo contrario, las consecuencias negativas serán inevitables.

Por ejemplo, los planes de desarrollo agrícola pueden ocasionar cambios del medio ambiente que den pie a la transmisión de enfermedades. La represa de Aswan y sus planes de riego asociados han aumentado la producción de algodón y cereales. No obstante, también ha aumentado la incidencia de la bilharziasis (o esquistosomiasis, una grave enfermedad debilitante que según cálculos de la OMS aqueja a 200 millones de personas en más de 70

* Medida por la cantidad de agua que se necesita para diluir desechos radiactivos y orgánicos hasta que la misma adquiere calidad de agua potable. Véase el artículo de J.O. Nriagu y J.P. Pacyna, *Nature*, Vol. 3,33 (mayo de 1988).

Selección de programas coordinados de investigación del OIEA en que se utilizan técnicas nucleares en estudios del medio ambiente relacionados con la salud

Años	No. *	Título
1984-1989	14	Importancia del análisis de los minerales presentes en el cabello como medio de evaluar las cargas corporales internas de contaminantes ambientales
1984-1990	14	Incorporación diaria por vía de la dieta humana de oligoelementos importantes desde el punto de vista nutricional medidos por técnicas nucleares y de otra índole
1985-1990	11	Técnicas nucleares para medir elementos tóxicos en los alimentos (Región RCA)
1987-1992	20	Uso de técnicas nucleares y técnicas conexas para el estudio de la contaminación ambiental asociada a los desechos sólidos
1987-1992	10	Técnicas analíticas nucleares para el análisis de oligoelementos en productos agroindustriales y alimentos (Región ARCAL)
1990-1995	10	Evaluación de la exposición ambiental al mercurio en poblaciones humanas seleccionadas estudiadas mediante técnicas nucleares y de otra índole
1992-1997	19	Investigación aplicada sobre la contaminación atmosférica empleando técnicas analíticas relacionadas con técnicas nucleares
1996-2000		Evaluación de los contaminantes ambientales empleando técnicas de radioinmunoanálisis y otras técnicas conexas
1995-2000		Estudios sobre vigilancia y sanidad en el trabajo empleando técnicas analíticas nucleares y técnicas conexas
1995-2000		Materiales de referencia secundarios (regionales) para estudios sobre el medio ambiente**
1995-2000		Vigilancia biológica del medio ambiente y creación de bancos de especímenes para los países en desarrollo**

* Cantidad de países participantes

** De acuerdo con la disponibilidad de recursos extrapresupuestarios.

Nota: Para una reseña más detallada de la labor realizada por el OIEA en este campo véanse las Actas del Simposio del OIEA celebrado en Karlsruhe, Alemania, en 1992, sobre *Applications of Isotopes and Radiation in Conservation of the Environment*. Para obtener la información necesaria para efectuar pedidos, véase en el presente Boletín la sección "Publicaciones"

países) ya que los caracoles vectores de la enfermedad se multiplican en los canales de riego. Asimismo, en Kenya el plan de riego de Mwea-Tebere permitió al país alcanzar la autosuficiencia en arroz, pero trajo a la zona la malaria (enfermedad que según cálculos de la OMS afecta a casi 300 millones de personas en un total de 103 países) al trasladarse a Mwea-Tebere emigrantes de las zonas circundantes y mosquitos de la cuenca inferior del río Tana. En el Brasil, la apertura de la Amazonia ha provocado un aumento enorme de la leishmaniosis y la malaria. Los flebotomos, que eran un componente del ciclo silvestre de la leishmaniosis, y el mosquito vector de la malaria, entraron en contacto con pobladores mal preparados desde el punto de vista inmunológico que procedían de ciudades del Brasil y que acudieron a la Amazonia a explorar nuevas posibilidades, sólo para verse convertidos en nuevos objetivos de los agentes patógenos de dichas enfermedades.

En zonas como las selvas del Brasil y Colombia, muchas veces no se dispone de información sobre cuál de las varias especies de mosquito que allí existen son vectores de la malaria humana. A principios del decenio de 1980 se elaboró una técnica que ayuda a luchar contra esa enfermedad —un ensayo inmunoradiométrico (IRMA) que emplea un anticuerpo monoclonal marcado con yodo 125 contra los esporozoítos, para enlazar antígenos del esporozoíto (la fase infecciosa del agente patógeno de la malaria del cual son portadores los mosquitos).

Con ese método se distinguen los esporozoítos de *Plasmodium falciparum* y *P. vivax* —las dos formas más comunes de malaria humana— de los que infectan a los primates y otros animales. Por tanto, se identifica claramente la especie de mosquito portador de la malaria humana. El estudio ulterior de la ecología y etología del vector permite formular métodos de lucha eficaces desde el punto de vista de los costos. Por consiguiente, una especie que se cría y permanece en las casas y alrededor de ellas y que se alimenta de seres humanos puede combatirse rociando las casas con plaguicidas como el DDT. Ahora bien, si el vector fuera un mosquito que habitara en la selva, esa clase de estrategia sería ineficaz.

La técnica IRMA utilizada con el antígeno de la malaria NANP, permite medir en los seres humanos los niveles de anticuerpos contra los esporozoítos. Ese anticuerpo se produce en respuesta a la inoculación con esporozoítos por conducto de las picadas de los mosquitos. Por ser de período corto, el anticuerpo evidencia la transmisión de malaria en los tres a seis meses anteriores. El ensayo puede emplearse para comparar las intensidades de transmisión de la malaria en distintas zonas, y para detectar los cambios resultantes de la modificación del medio ambiente o de la aplicación de medidas de control.

La industrialización y la migración que ésta propicia de las zonas rurales hacia las ciudades despiertan preocupaciones sobre la salud que van más allá de las directamente relacionadas con la contaminación atmosférica que provocan los vehículos automotores y la industria. Con frecuencia eso significa que los emigrantes se concentran en barrios insalubres donde el hacinamiento y la falta de higiene pueden provocar el aumento de las enfermedades diarreicas, micobacterianas y de otros tipos.

El fácil acceso a las farmacias que existe en muchos centros urbanos puede además conducir al uso indebido de medicamentos y al surgimiento de cepas de patógenos resistentes a ellos. Al trasladarse a las ciudades, las personas traen consigo vectores y enfermedades que hasta entonces habían estado confinados a regiones rurales. Así, por ejemplo, en algunos países de América Latina la enfermedad de Chagas ha penetrado en las ciudades. La principal vía de transmisión ya no es la Triatoma, sino los bancos de sangre, donde los pobres venden su sangre junto con las enfermedades de que es portadora.

Un diagnóstico eficaz puede ayudar a la lucha contra la enfermedad. En los laboratorios que se encargan del diagnóstico de enfermedades transmisibles, el primer análisis del material clínico normalmente se realiza en microscopio y mediante cultivo. Ambas técnicas carecen de sensibilidad y especifi-

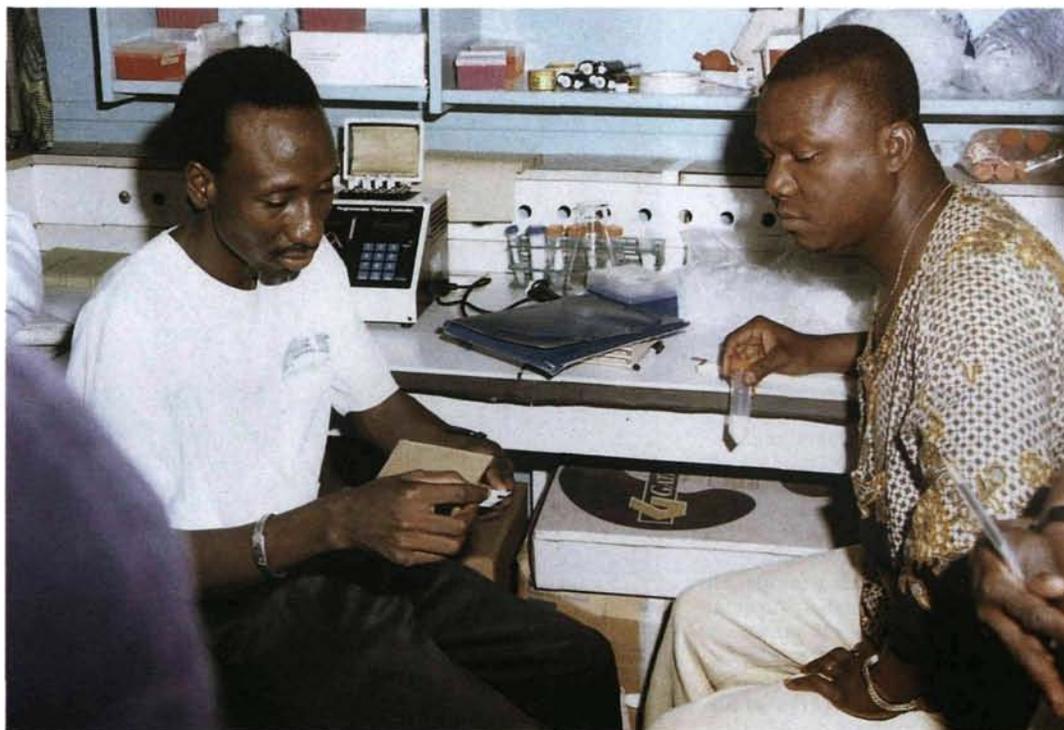
cidad. Además, generalmente los métodos de cultivo son lentos y laboriosos y es posible que algunos agentes patógenos no crezcan en los cultivos. La necesidad de realizar un diagnóstico rápido se satisface en parte mediante ensayos inmunológicos como el radioinmunoanálisis, en el cual el reactivo indicador se marca con yodo 125. Si bien esos ensayos inmunológicos son sensibles, a veces carecen de especificidad. Así ocurre en particular en los países en desarrollo, donde ensayos que en los países industrializados se catalogan de "muy específicos", no son tan eficaces contra la multitud de microorganismos prevalentes en muchas regiones en desarrollo.

En ocasiones, los adelantos técnicos en las ciencias permiten dar saltos de avance en el conocimiento y aumentan las posibilidades de innovación. En la investigación biomédica se ha registrado un cambio revolucionario de ese tipo con el desarrollo de la técnica del ADN, que ha abierto las puertas a una gama de posibilidades biológico-moleculares. El ADN se puede clonar; y amplificar; y es posible determinar la secuencia de los nucleótidos. Se pueden sintetizar porciones de ADN y utilizar esos fragmentos como sondas moleculares que se enlazan con alta especificidad con secuencias complementarias de ADN. El éxito de una sonda de ADN se debe a que puede marcarse con radisótopos de alta actividad específica y así el microbiólogo puede detectar el enlace de la sonda con el ADN que constituye el objetivo complementario de un organismo específico. Las sondas de ADN identifican agentes patógenos que van desde virus hasta helmintos en diversos especímenes clínicos.

El éxito de un ensayo con sonda depende en parte de la cantidad de organismos que contiene el espécimen clínico. Algunas enfermedades —como la meningitis tuberculosa, la lepra y la enfermedad de Chagas— se destacan por los pocos agentes patógenos presentes en los especímenes clínicos. En esos casos el microbiólogo utiliza otro aspecto de la técnica del ADN: la amplificación del ADN mediante la reacción en cadena de la polimerasa (PCR). La PCR es un método *in vitro* de síntesis enzimática de ADN específico.

Las técnicas moleculares ofrecen grandes posibilidades de resolver problemas clínicos propios de las enfermedades transmisibles. Se usan cada vez más en los países adelantados, donde constituyen la columna vertebral de los laboratorios de diagnóstico. Como muchas de esas técnicas exigen el empleo de trazadores de radionucleidos, el OIEA está participando activamente en la transferencia de la tecnología conexas a los países en desarrollo por intermedio de programas que apoyan las investigaciones, la capacitación y la difusión de información.

Con el tiempo, esas técnicas, entre otras, desempeñarán un mayor papel a nivel mundial en el estudio, la prevención y el control de las enfermedades transmisibles que encuentran la forma de adaptarse a los cambios de las condiciones ambientales.



En Bamako, Mali, participantes en un proyecto apoyado por el OIEA e Italia aprenden a usar técnicas moleculares en estudios sobre la malaria. (Cortesía: Castellino, OIEA)