DESCUBRIMIENTO DE LOS VÍNCULOS OCULTOS

LAS TÉCNICAS NUCLEARES E ISOTÓPICAS EN FUNCIÓN DE LAS NECESIDADES NUTRICIONALES

POR VENKATESH IYENGAR

El hambre y la malnutrición se encuentran entre los problemas más devastadores encarados por la mayoría de los pobres y necesitados del mundo. En diversas conferencias de las Naciones Unidas sobre alimentación y nutrición se ha destacado la necesidad de eliminar la pobreza y la malnutrición, especialmente en las mujeres y los niños.

Las técnicas nucleares e isotópicas son medios valiosos que ayudan a enfrentar múltiples retos.

Cada año, en el mundo en desarrollo nacen 30 millones de lactantes con retraso del crecimiento intrauterino, que provoca bajo peso al nacer, y representan alrededor del 24% de los nacimientos en esos países. Casi 200 millones de niños menores de 5 años (más de 150 millones en Asia y alrededor de 27 millones en África) tienen un nivel de desnutrición entre moderado y grave, mientras 70 millones padecen de desnutrición grave. Según las proyecciones, para el año 2020 cerca de mil millones de niños crecerán con retraso mental.

Los adultos también padecen desnutrición. Según informes, en los países en desarrollo alrededor de 243 millones de adultos están desnutridos, lo que reduce su capacidad de trabajo y su resistencia a infecciones. En las madres, la anemia es una pandemia que sobrepasa el 80% en algunos países, y está asociada a tasas de mortalidad materna muy elevadas. Las pruebas procedentes de países en desarrollo y de países industrializados vinculan la malnutrición materna y en la primera infancia, al aumento de la susceptibilidad, en la vida adulta, a la diabetes, las cardiopatías y la hipertensión.

Se está manifestando un vínculo fundamental entre la malnutrición de la madre y el hijo y la subsiguiente pronunciada sensibilidad del hijo a la obesidad abdominal, la diabetes, la hipertensión y la cardiopatía coronaria. A esto se suma la carga de la nutrición excesiva y la obesidad que está apareciendo rápidamente en los mismos países en desarrollo, y que afectan a niños y adultos por igual.

Desde principios del decenio de 1990, los incipientes problemas de lo que se denomina "hambre oculta o silenciosa" han merecido más atención. El término se refiere a la malnutrición por deficiencia de micronutrientes en hombres, mujeres y niños con desnutrición persistente. Según estimaciones mundiales, unas 2000 millones de personas, en más de 100 países en desarrollo, padecen de múltiples deficiencias de micronutrientes. Más del 90% de las embarazadas y de los niños en edad preescolar de los países en desarrollo muestran señales de anemia por deficiencia de hierro y otros trastornos conexos.

Trastornos nutricionales durante la vida humana. La malnutrición afecta gravemente a las personas en todas las etapas de la vida. La más importante tarea que tendrán ante sí los científicos en los decenios venideros será combatir los trastornos relacionados con la nutrición que abarcan todo el ciclo de vida. *(Véase el cuadro de la página 18.)*

La malnutrición durante el embarazo suele provocar retraso del crecimiento intrauterino (RCIU) del feto, que causa bajo peso de nacimiento del niño. Eso influye directamente en la supervivencia y el crecimiento de los niños pequeños. La nutrición deficiente de la madre durante la lactancia complica aún más los efectos ya negativos en el crecimiento del lactante. En años posteriores, esos niños desnutridos tienen un rendimiento escolar bajo.

Ahora se reconoce que la nutrición de los adolescentes es una esfera que requiere vigilancia nutricional. Durante esa etapa crucial de la adolescencia, el niño alcanza hasta el 50% de su peso de adulto, el 20% de su estatura de adulto, y el 50% de su masa esquelética de adulto. Se requieren los máximos niveles de energía, proteína, calcio y micronutrientes, incluidos hierro, cinc y ácido fólico. Las deficiencias en la ingestión de nutrientes podrían marcar en la edad adulta el comienzo de

El Sr. Iyengar es Jefe de la Sección de Estudios del Medio Ambiente relacionados con la Nutrición y la Salud del Departamento de Ciencias y Aplicaciones Nucleares del OIEA. Pueden solicitarse referencias completas al autor en V.Iyengar@iaea.org

trastornos relacionados con la nutrición. Los adultos malnutridos tienen, en general menos resistencia a las enfermedades y más incapacidad en el trabajo, lo que, a la larga repercute en la calidad de la vida en su conjunto, sobre todo cuando entran en la ancianidad.

La nutrición de los ancianos motiva especial preocupación, debido a la elevada prevalencia de la osteoporosis. Esta grave enfermedad se caracteriza por poca densidad ósea y ocasiona fracturas (en particular en las mujeres después de la menopausia), lo que limita extraordinariamente la calidad de vida. El envejecimiento también está asociado a cambios en la composición corporal, como, por ejemplo, la reducción de la masa corporal magra, y al aumento de los riesgos de enfermedades y accidentes. Por consiguiente, es importante prestar más atención a las necesidades nutricionales y al cuidado de los ancianos, a fin de reducir la posibilidad de aparición de la osteoporosis y otras enfermedades degenerativas.

Interacciones de la contaminación y las enfermedades conexas. La gravedad de la malnutrición es exacerbada aún más por la contaminación ambiental. Contaminantes como el plomo y óxidos de nitrógeno tienen efectos delibitadores en las personas que ya están malnutridas. La contaminación, en el sentido más amplio, abarca los factores antropógenos y los no antropógenos. Las infestaciones parasitarias y la propagación de infecciones mediante enfermedades transmisibles, constituyen un importante segmento del componente ambiental de la enfermedad nutricional.

En Asia, África y América Latina, las poblaciones malnutridas padecen de muchas otras deficiencias nutricionales y son más propensas a infestaciones parasitarias (anquilostomiasis, amebiasis) y paludismo. Un indicador clave es la disparidad de la mortalidad entre las personas que viven en los países desarrollados y en los países en desarrollo, dimanada de la carga diferencial de infecciones *(Véase el gráfico de la página 17.)* La sinergia que se produce entre las infecciones diarreicas, respiratorias y de otro tipo y las dietas deficientes en la primera infancia provoca el estancamiento del crecimiento, retraso del desarrollo psicomotor, daños en el sistema inmunológico y más altos riesgos de complicaciones y fallecimientos a causa de enfermedades infecciosas.

Otra cuestión fundamental es la seguridad alimentaria, que se refiere a diversos aspectos de la esfera de la nutrición, la salud y las enfermedades. El estudio de la toxicología nutricional se está convirtiendo rápidamente en una tarea acuciante en todo el mundo. La interacción de los elementos está motivando preocupación, por ejemplo: plomo y hierro (anemia), mercurio y hierro, arsénico y selenio, selenio y yodo, cadmio y cinc. Lo mismo sucede con la transferencia placentaria de nutrientes y de sustancias tóxicas de la madre al feto.

Los niños son más susceptibles a los efectos del plomo, y la combinación de la deficiencia de hierro con la toxicidad provocada por plomo puede tener en ellos efectos devastadores. Los niños con anemia ferropénica pueden absorber mayores niveles de plomo que los niños que tienen suficiente hierro.

Además de los metales pesados, es importante comprender la interacción entre los nutrientes y los plaguicidas, los óxidos de nitrógeno, el tabaco y el alcohol.

La contaminación y la malnutrición combinadas afectan la calidad de vida de la persona, ocasionando discapacidad y morbilidad. Eso suele expresarse en años de vida ajustados en función de la discapacidad (AVAD), que es una medida compuesta por el tiempo perdido debido a la mortalidad prematura y el tiempo vivido con discapacidad. Mientras mayor sea la cantidad de AVAD, mayor será la carga de la enfermedad. A las enfermedades infecciosas y parasitarias se debe una parte significativa de AVAD en todo el mundo. A nivel de región, en el África, al sur del Sáhara, más del 40% de los AVAD se debe a enfermedades infecciosas y parasitarias comparado con menos del 3% en la región europea.

RESPUESTA A LAS NECESIDADES

Los problemas nutricionales mundiales dan origen a muchas preguntas y justifican la adopción de medidas por la comunidad internacional de científicos, nutricionistas, médicos y otros profesionales de la medicina. ¿Qué medidas deberían tomarse para remediar esa situación? ¿Cómo puede eso lograrse desde el punto de vista económico? ¿Cómo puede vigilarse el progreso? ¿Cuál es el papel de la tecnología en el proceso general de vigilancia? Esta última pregunta, muy pertinente en el marco del presente artículo, reviste especial importancia para el Organismo Internacional de Energia Atomica y el apoyo que presta a los programas de nutrición.

El Organismo inició sus actividades de nutrición humana con miras a aplicar técnicas nucleares e isotópicas conexas para resolver problemas frecuentes en países en desarrollo.

Entre las numerosas aplicaciones existentes, las técnicas isotópicas son especialmente idóneas para trazarse metas y seguir la evolución de los avances que se registren en los programas de desarrollo de la alimentación y la nutrición. Esos medios ayudan a evaluar la situación nutricional de personas y poblaciones, y a medir las necesidades de nutrientes y la ingestión y biodisponibilidad de vitaminas y minerales.

La labor del OIEA ayuda a:

- verificar la índole del problema nutricional y la eficacia de intervenciones específicas;
- ejecutar programas de intervención nutricional mediante la vigilancia de la eficacia y la reducción de los costos de los programas;
- orientar el procesamiento de alimentos locales con miras a obtener un valor nutricional óptimo;
- obtener indicadores iniciales de importantes mejoras de la salud a largo plazo; y
- fortalecer la creación de capacidades en los países en desarrollo.

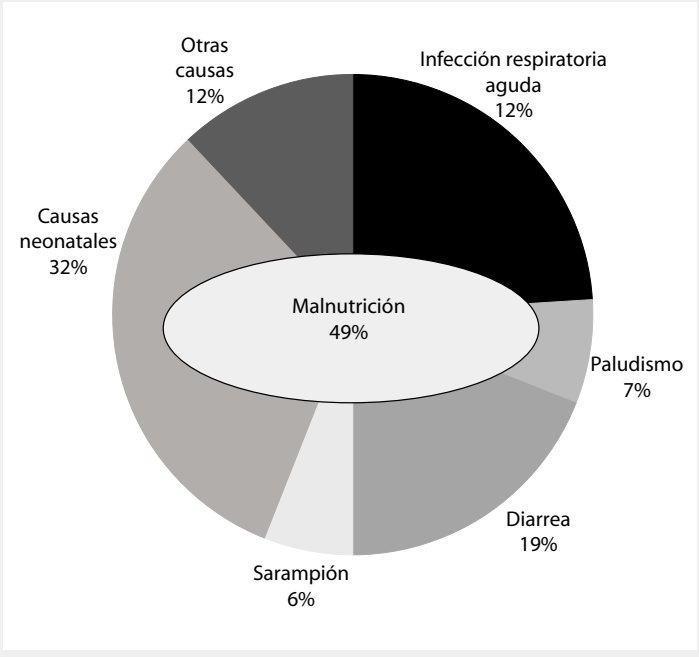
La vigilancia de la salud y la nutrición se ha reforzado gracias a las amplias aplicaciones nucleares e isotópicas puestas en práctica en los países industrializados para analizar las necesidades humanas de energía, la composición corporal y el metabolismo de importantes nutrientes como las proteínas, lípidos, vitaminas y minerales. La información ha contribuido directamente al logro de muchas mejoras en la nutrición y la salud. El reto está en extender esos beneficios al mundo en desarrollo.

Pueden realizarse investigaciones en esferas clave de la salud y la nutrición como son:

- Evaluación de la situación nutricional y las necesidades de nutrientes;

NÚMERO DE NIÑOS VÍCTIMAS DE MALNUTRICIÓN

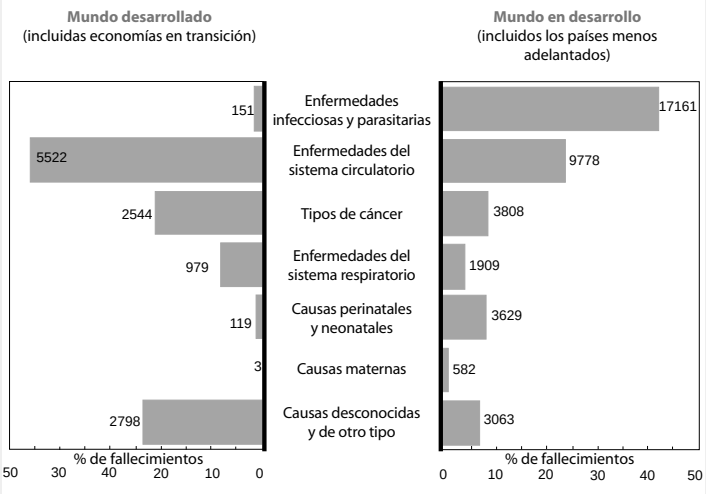
DISTRIBUCIÓN DE 10,4 MILLONES DE FALLECIMIENTOS EN PAÍSES EN DESARROLLO EN NIÑOS MENORES DE 5 AÑOS



Fuente: OMS

CAUSAS COMPARATIVAS

CAUSAS DE FALLECIMIENTOS EN EL MUNDO DESARROLLADO Y EN DESARROLLO



Nota: Las cifras expresadas en miles se refieren al total de fallecimientos anuales por cada causa, tanto en el mundo desarrollado como en desarrollo. Así, aunque la proporción total de fallecimientos por enfermedades del sistema circulatorio es mayor en el mundo desarrollado, los 5,5 millones de fallecimientos son sobrepasados con creces por los 9,8 millones de fallecimientos por las mismas enfermedades del mundo en desarrollo.

Fuente: *Informe sobre la salud en el mundo, 1997,* OMS, Ginebra (Suiza)

MALNUTRICIÓN EN LA VIDA DEL SER HUMANO

Etapa de la vida	Trastornos nutricionales	Principales consecuencias	Técnicas nucleares aplicables
Embrión/Feto	Retraso del crecimiento intrauterino, trastornos por deficiencia de yodo, deficiencia de ácido fólico	• Bajo peso al nacer • Daño cerebral • Defecto en el tubo neural • Nacidos muertos	• RIA (T_3, T_4, TSH, ácido fólico)
Neonatal	Bajo peso al nacer, trastornos por deficiencia de yodo	• Retraso del crecimiento • Retraso del desarrollo • Daño cerebral • Malnutrición permanente	• RIA (T_3, T_4, TSH, ácido fólico) • Agua marcada con deuterio (ingestión de leche materna) • Isótopos estables (micronutrientes) • Sustratos marcados con ^{13}C y ^{15}N (macronutrientes)
Lactante y niño pequeño	Malnutrición por falta de alimentos proteicos y energéticos, trastornos por deficiencia de yodo, deficiencia de vitamina A, anemia ferropénica	• Retraso del desarrollo • Mayor riesgo de infección • Mayor riesgo de muerte • Ceguera • Anemia • Retraso del crecimiento	• RIA (ferritina, ácido fólico, T_3 T_4, TSH y otras hormonas) • Agua marcada con deuterio (ingestión de leche materna) • Isótopos estables (micronutrientes, por ejemplo. ^{57}Fe, ^{67}Zn) • Sustratos marcados con ^{13}C (macronutrientes, Helicobacter pylori)
Adolescente	Malnutrición por falta de alimentos proteicos y energéticos, trastornos por deficiencia de yodo, anemia ferropénica, deficiencia de ácido fólico, deficiencia de calcio	• Retraso en el inicio del crecimiento • Baja talla • Desarrollo intelectual demorado/retardado • Bocio • Mayor riesgo de infección • Ceguera • Anemia • Mineralización ósea insuficiente	• RIA (ferritina, ácido fólico, T_3, T_4, TSH y otras hormonas) • Agua doblemente marcada (consumo de energía) • Isótopos estables (micronutrientes) • Sustratos marcados con ^{13}C (macronutrientes, Helicobacter pylori) • DEXA (densidad ósea, composición corporal)
Embarazadas y madres en lactación	Malnutrición por falta de alimentos proteicos y energéticos, trastornos por deficiencia de yodo, deficiencia de vitamina A, anemia ferrópenica, deficiencia de ácido fólico, deficiencia de calcio	• Anemia materna • Mortalidad materna • Mayor riesgo de infección • Hemeralopía/ceguera • Bajo peso al nacer/tasa de alto riesgo de mortalidad en fetos	• RIA (ferritina, ácido fólico, T_3, T_4, TSH y otras hormoras) • Agua marcada con deuterio (ingestión de leche materna) • Isótopos estables (micronutrientes) • Sustratos marcados con ^{13}C (macronutrientes, Helicobacter pylori) • DEXA (densidad ósea, composición corporal)
Adultos	Malnutrición por falta de alimentos proteicos y energéticos, anemia ferropénica, obesidad, cáncer	• Delgadez • Letargia • Obesidad • Cardiopatía • Diabetes • Hipertensión/accidente cerebrovascular • Anemia	• RIA (ferritina, hormonas, por ejemplo, insulina) • Agua doblemente marcada (consumo de energía) • Isótopos estables (micronutrientes) • Sustratos marcados con ^{13}C (macronutrientes, Helicobacter pylori) • DEXA (composición corporal)
Ancianos	Malnutrición por falta de alimentos proteicos y energéticos, anemia ferropénica, obesidad, cáncer, osteoporosis	• Delgadez • Obesidad • Fracturas y accidentes de columna vertebral y cadera • Cardiopatía • Diabetes	• RIA (ferritina, hormonas) • Agua doblemente marcada (consumo de energía) • Isótopos estables (micronutrientes) • Sustratos marcados con ^{13}C (macronutrientes, Helicobacter pylori) • DEXA (densidad ósea, composición corporal) • Agua marcada con deuterio (composición corporal)

Notas: DEXA = Absorciometría por rayos X de energía doble; RIA = Radioimmunoanálisis
TSH = Hormona de estimulación de la tiroides T_4 = Tiroxina

Fuente: modificada a partir de WHO/NHD/99.9

Evaluación de la malnutrición por deficiencia de micronutrientes. Los isótopos estables son la única vía directa que permite medir la absorción y la biodisponibilidad de hierro. Los isótopos estables han llegado a considerarse una especie de "norma de oro" para los estudios del hierro en los seres humanos y otros estudios de la biodisponibilidad de nutrientes (por ejemplo, hierro, cinc y vitamina A).

Los métodos de dilución isotópica se utilizan en la evaluación de los niveles de vitamina A. El principio se basa en la conversión de los carotenoides marcados en vitamina A, que se puede rastrear con carotenoides de carbono 13. De esa forma, se miden los volúmenes de la reserva de vitamina A mediante la dilución de un trazador ingerido por vía oral en las diferentes reservas corporales. Esa técnica tiene aplicaciones potenciales para medir la eficacia de la vitamina A y los suplementos de carotenoides y regímenes de enriquecimiento en estudios de nutrición.

Los isótopos estables también se aplican con eficacia en la evaluación de la biodisponibilidad de oligoelementos y volúmenes de reserva de oligoelementos, como el hierro (hierro 57 y hierro 58) y el cinc (cinc 67 y zinc 70). La absorción de esos micronutrientes marcados se puede rastrear *in vivo*. Ese enfoque ha resultado útil en varios países en desarrollo para medir la eficacia de los suplementos nutricionales o en pruebas de enriquecimiento.

Detección de infecciones. Las pruebas del carbono 13 en el aliento se utilizan para examinar la colonización bacteriana del *Helicobacter pylori* en el estómago. La prueba mide la tasa de producción de $^{13}CO_2$ en el aire expirado, seguido por la ingestión oral de urea marcada con C_{13}. Las pruebas que utilizan isótopos estables son medios fiables y no invasivos, que se pueden emplear de manera inocua en niños cuando se observan elevadas tasas de infección y malnutrición. Es importante destacar que el equipo no es muy costoso y que muchos países en desarrollo pueden adquirirlo.

Estimación del consumo total de energía. El método de agua doblemente marcada ($^{2}H_2{}^{18}O$) es la única técnica que permite determinar con precisión las necesidades energéticas de las personas en sus entornos y es uno de los métodos más fiables para determinar el suministro de energía alimentaria. Ese método está ganando aceptación, ya que es barato, preciso, y se puede aplicar sobre el terreno.

Cuando a un sujeto se le administra agua doblemente marcada, ambos isótopos se mezclan con el agua corporal y se eliminan en los humores orgánicos en cuestión de días. El metabolismo de agua corporal se puede estimar a partir de las mediciones diarias de la concentración de hidrógeno 2 (deuterio) en muestras de orina o saliva. Cuando se analicen las muestras con oxígeno 18 los valores reflejarán una tasa de excreción más rápida que en el caso del hidrógeno 2, ya que el oxígeno 18 también se incorpora al dióxido de carbono exhalado. Por ende, las diferencias en las tasas de excreción entre los trazadores de oxígeno 18 e hidrógeno 2 reflejan el volumen de dióxido de carbono producido durante el período de observación. Ese parámetro puede utilizarse para calcular el consumo total de energía de un sujeto.

Determinación de la masa corporal magra. Se le administra una dosis trazadora de agua marcada con hidrógeno 2 y oxígeno 18 y se deja equilibrar durante un período de cuatro a seis horas. La concentración isotópica en la saliva o la orina reflejará la dilución del isótopo. Cuando se calcula la masa corporal magra, la diferencia en el peso corporal es la cantidad de tejido adiposo (graso).

Medición del flujo general de nitrógeno. El equilibrio del flujo de nitrógeno se altera en períodos de estrés, luego los procesos catabólicos predominan sobre los procesos sintéticos y se produce un equilibrio negativo. El metabolismo total de las proteínas corporales se mide, administrando una sola dosis oral de un aminoácido, o preferiblemente una proteína, marcada con nitrógeno 15. Durante un período de nueve a doce horas se recoge la orina y se determinan las cantidades de nitrógeno trazador en el NH_3 de la orina y en la urea. Con esos dos valores se puede realizar una estimación fiable del metabolismo total de las proteínas corporales, no se altera con los cambios en el metabolismo del nitrógeno no proveniente de las proteínas.

Absorción y utilización de nutrientes. Los lactantes en etapa de destete, suelen tener períodos de infección que ocasionan diarreas. Durante esos períodos, la ingestión de nutrientes es insuficiente para mantener el crecimiento del lactante, y es esencial la regeneración de la pequeña capacidad intestinal. Cuando el arroz marcado con carbono 13 (expuesto a $^{13}CO_2$ durante períodos de fotosíntesis) se cocina y se come, la digestión y absorción del almidón pueden detectarse a partir de la aparición del $^{13}CO_2$ marcado en las muestras de aliento. El grado de malabsorción puede estimarse recuperando el carbono trazador en el carbono total de las heces fecales.

Análisis de alimentos. El análisis por activación neutrónica (AAN) es muy eficaz debido a su excepcional sensibilidad y a que permite determinar simultáneamente varios oligoelementos. La espectrometría de masas con plasma de acoplamiento inductivo (ICP-MS) también permite realizar determinaciones de multielementos. La aplicación de métodos para el AAN resulta particularmente interesante para los países en desarrollo, ya que disponen de muchos reactores de investigación que pueden proporcionar la necesaria fuente neutrónica.

Medición de la contaminación del aire. Las técnicas analíticas nucleares y conexas son singularmente idóneas para realizar análisis no destructivos de multielementos de partículas presentes en el aire recogidas en filtros. Entre las técnicas comúnmente usadas se encuentran la ICP-MS, el AAN, la emisión de rayos X inducida por partículas, la emisión de rayos gamma inducida por partículas, el análisis por fluorescencia X basada en la dispersión de la energía y la fluorescencia X basada en la reflexión total.

■ Evaluación de la deficiencia de micronutrientes;
■ Detección de infecciones;
■ Análisis de alimentos;
■ Medición de la contaminación atmosférica.
(Para ejemplos de aplicaciones véase el recuadro de la página 19.)

ISÓTOPOS ESTABLES EN LOS ESTUDIOS DE NUTRICIÓN APOYADOS POR EL OIEA

Muchos factores son importantes para las evaluaciones nutricionales de los lactantes, niños, mujeres embarazadas, madres lactantes y personas que subsisten con pocos suministros de alimento, entre ellos figuran la medición de la ingestión de leche materna, el gasto de energía, la situación en cuanto a los micronutrientes, la utilización de macronutrientes, y la composición corporal. Los trazadores isotópicos estables son técnicas inocuas y no invasivas. No emiten radiaciones externamente mensurables y su presencia por encima de los niveles naturales sólo se detecta mediante cambios en la proporción de isótopos menores a isótopos mayores. Esta proporción se mide con un espectrómetro de masa de proporciones isotópicas en el que las formas ligeras y pesadas de la misma molécula se separan y cuantifican.

Realmente, los costos de los análisis motivan preocupación, ya que muchos países no disponen de los instrumentos ni de los conocimientos especializados requeridos. Ahora bien, los isótopos estables necesarios para los estudios respaldados por el OIEA se facilitan en el marco del proyecto, y, en algunos casos, también se proporciona asistencia para realizar el análisis en un laboratorio reconocido del Organismo. La idea fundamental es que esos estudios fomenten el fortalecimiento de la infraestructura de las instalaciones nacionales para investigaciones subsiguientes.

Los isótopos mayores (hidrógeno 1, carbono 12, nitrógeno 14 u oxígeno 18) siempre van acompañados de una proporción constante de isótopos menores más pesados, cuya abundancia individual oscila entre el 0,02% y el 1,11%. El inventario del cuerpo humano muestra que una persona que pesa 50 kilogramos tiene un agregado de 225 gramos de hidrógeno 2, carbono 13, nitrógeno 15, oxígeno 17, y oxígeno 18. Aunque existen variaciones en las respectivas proporciones de los isótopos menores a isótopos mayores, cada isótopo mayor tiene una abundancia de referencia característica a la que se remiten las mediciones de los trazadores. Los isótopos estables pueden administrarse por vía oral y pueden tomarse muestras de los productos metabólicos a los que entran (por ejemplo, agua corporal, dióxido de carbono inhalado por vía respiratoria, urea) en el aliento, la saliva, la leche, la orina y las heces fecales.

El OIEA respalda varias aplicaciones estratégicas de las técnicas nucleares e isotópicas. En efecto, algunas de esas técnicas poseen especificidades y características muy especiales, lo que las hace inigualables, por su aplicabilidad, para estudios en esferas específicas de la nutrición humana.

Hasta la fecha, las estrategias isotópicas desarrolladas gracias a la labor del Organismo se aplican en más de 50 Estados Miembros. A continuación figuran algunos ejemplos:

Proyectos de cooperación técnica. En un programa regional de cooperación técnica en el que participaron Argentina, Brasil, Chile, Cuba y México se emplearon isótopos para evaluar los programas de intervención en la nutrición. El proyecto nacional de Chile concluyó un estudio utilizando técnicas isotópicas para diversas necesidades. Los científicos midieron la biodisponibilidad de hierro en la leche enriquecida del Programa Nacional de Alimentos Complementarios, la biodisponibilidad de cinc, la composición corporal en niños y la composición corporal y el consumo de energía en niños de edad preescolar.

En otros lugares, se obtuvieron resultados prácticos en la primera fase del proyecto regional para Asia oriental y el Pacífico. En los estudios se midieron la eficacia de la suplementación alimentaria con multinutrientes, utilizando técnicas de isótopos estables para evaluar la biodisponibilidad de cinc y hierro en siete países participantes: China, Indonesia, Malasia, Paquistán, Filipinas, Tailandia y Viet Nam.

Además, para combatir la malnutrición, el OIEA ha venido desarrollando técnicas de trazadores isotópicos no invasivas para medir la vitamina A de todo el organismo en condiciones de complementación (Ghana, Perú), el enriquecimiento de los alimentos (Perú, Israel) y el mejoramiento dietético (China, Tailandia, Filipinas e India). Especial atención se presta a los problemas de la nutrición relacionados con la vitamina A en niños y mujeres embarazadas o en lactación.

Proyectos coordinados de investigaciones (PCI). En un PCI sobre osteoporosis, se examinaron las diferencias en cuanto a la densidad mineral ósea (DMO) de jóvenes adultos de distintas razas en un total de 3752 sujetos procedentes de 11 centros de nueve países. Se advirtieron diferencias muy significativas entre los países en cuanto al peso, la estatura y la DMO medios. Después de realizar el ajuste por edad, peso

y estatura, persistieron las diferencias en la DMO entre los centros, en hombres y mujeres por igual. Se observaron diferencias significativas en la masa ósea de adultos jóvenes que, de continuar hasta la vejez, podrían contribuir a duplicar o triplicar la diferencia en cuanto a los riesgos de fractura.

En un PCI sobre el modelo fisiológico de un hombre de referencia asiático participaron varios países asiáticos que generaron conjuntos de datos fiables del régimen alimentario, que todos pueden usar. Entre otras aplicaciones, aumentarán sus posibilidades de resolver los problemas nacionales de protección radiológica. También se fortalecerá su capacidad para encarar los problemas de nutrición mediante mejores valores de referencia derivados para algunos elementos adicionales y matrices de materiales de referencia.

Otro proyecto se centró en las evaluaciones isotópicas de la nutrición en madres y niños para ayudar a prevenir el retraso en el crecimiento. El Paquistán y los países participantes de América Latina perfeccionaron, y aplicaron, las técnicas isotópicas en estudios sobre el terreno. Las técnicas también se están utilizando en un PCI para evaluar la vigilancia del crecimiento de los lactantes, en colaboración con el Programa de vigilancia del crecimiento de la OMS.

Gracias a la labor sobre el terreno también se ha avanzado notablemente en la lucha contra la diarrea persistente, a la que se debe, en muchos países, un porcentaje significativo de muertes de lactantes por diarreas. En el trabajo participaron países de África, Asia y América Latina, que se sumaron a un PCI sobre malnutrición e infección por *Helicobacter pylori* particularmente en los jóvenes. Se aplicaron con éxito técnicas isotópicas, utilizando pruebas de carbono 13 en el aliento. Las investigaciones abarcaron la colonización bacteriana y la digestión y absorción de nutrientes, para examinar la importancia del *Helicobacter pylor*i y sus consecuencias sobre la deficiente asimilación de nutrientes en niños pequeños.

PERSPECTIVAS FUTURAS

En una reunión de consultores convocada por el OIEA, en diciembre de 2000, se ofreció un análisis detallado de las futuras aplicaciones de los isótopos estables en las investigaciones relativas a la nutrición. Se definieron aplicaciones novedosas a partir del mejoramiento de las técnicas existentes, para ampliar la utilidad de las técnicas de isótopos estables en las investigaciones sobre nutrición mineral y oligoelementos, y para permitir su uso de manera más sistemática. A continuación figuran algunos ejemplos:

- Investigaciones recientes han demostrado que es posible marcar el calcio en el esqueleto, utilizando el isótopo de calcio 41. Ello ofrece la oportunidad excepcional de analizar las pérdidas y el equilibrio cálcico en los huesos, directamente mediante la excreción del marcado isotópico por la orina.
- Sobre la base de la excreción simultánea de un marcador introducido por vía oral e intravenosa, se ha validado la técnica de vigilancia de la orina, para determinar la verdadera absorción de calcio; se está tratando de validar esta técnica para la vigilancia del cinc y el magnesio en la orina.
- Las técnicas de isótopos estables se utilizan ordinariamente para evaluar la absorción del hierro, el cobre, el cinc, el selenio, el calcio y el magnesio de los alimentos de ensayo. Es posible extender el abanico de aplicaciones a otros elementos, como el molibdeno, el níquel, el vanadio, el estaño y el boro, a fin de comprender mejor sus funciones biológicas. Pueden usarse radionucleidos semiestables de período muy largo (aluminio 26, manganeso 53 y yodo 129) para elementos monoisotópicos.
- El uso de las técnicas de isótopos estables para estudiar la absorción no se limita a las esenciales para el organismo humano. También pueden utilizarse para estudios toxicológicos del plomo, el mercurio, y el cromo. En el caso de los metales pesados, se han utilizado técnicas de isótopos estables en los seres humanos para estudiar la absorción de cadmio.
- Se observa un progreso impresionante en la instrumentación de la espectrometría de masas por razón isotópica (IRMS), que incorpora una interfaz de cromatografía en fase gaseosa. Esta mejora facilita la conversión de compuestos específicos en dióxido de carbono, hidrógeno o nitrógeno que producen mediciones de razones isotópicas específicas de los compuestos. Se espera que ello introducirá aplicaciones, nuevas e interesantes, en las ciencias de la nutrición.

Los avances registrados en esta esfera permitirán aumentar las muchas aplicaciones beneficiosas de las técnicas isotópicas, a fin de mejorar la sanidad y la nutrición humanas. Hace muy poco tiempo que estas técnicas comenzaron a aplicarse en los países en desarrollo donde no sólo pueden beneficiar a millones de personas, gracias a la mejora de la nutrición, sino que sirven de indicadores específicos de avances sociales y económicos más amplios. En muchos casos, los isótopos estables son la única vía directa para obtener información que permita influir directamente en la vida y el bienestar de hombres, mujeres y niños en todas partes. ❐