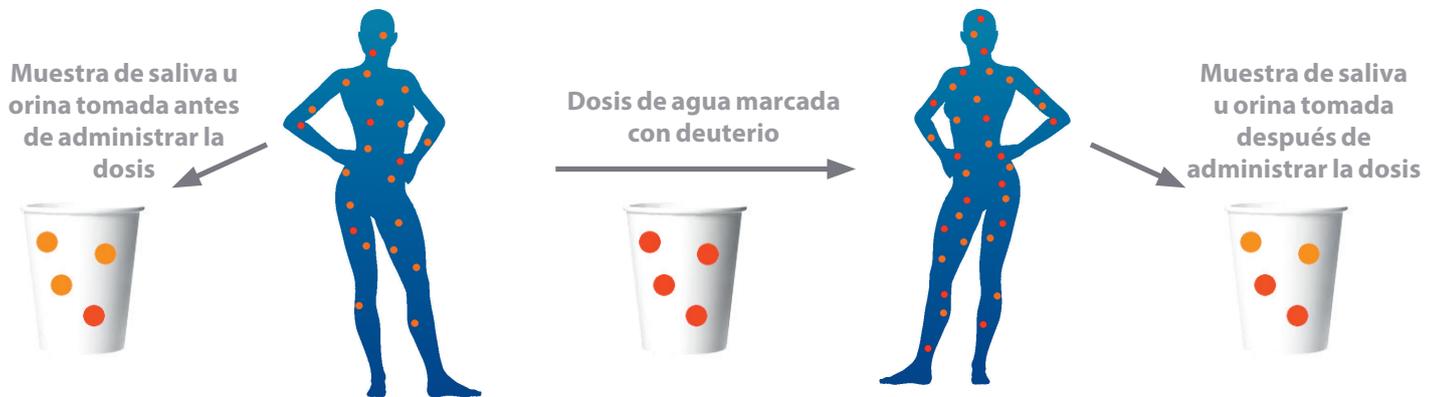


# POR EL HILO SE SACA EL OVILLO: CONTRIBUCIÓN DE LAS TÉCNICAS ISOTÓPICAS A LA NUTRICIÓN



**Fig. 1: Determinación de la cantidad de grasa presente en el cuerpo humano midiendo el agua corporal total (ACT) con isótopos.**

Los isótopos estables se pueden usar para medir la cantidad de agua o de otros nutrientes presentes en el cuerpo o la cantidad de un nutriente ingerido que es absorbido y metabolizado o excretado. También pueden emplearse para medir el índice de absorción, utilización o síntesis de proteínas, grasas o carbohidratos.

Los isótopos estables del carbono, el hidrógeno, el oxígeno, el nitrógeno, el hierro y el zinc pueden usarse en estudios que evalúan el estado nutricional, el gasto energético, las prácticas de lactancia materna, la situación de los micronutrientes y la absorción de nutrientes de los alimentos que consumimos.

Entre los isótopos estables que se usan comúnmente figuran el deuterio (hidrógeno 2), el oxígeno 18, el carbono 13 y el nitrógeno 15. Los isótopos del hierro son, entre otros, el hierro 57 y el hierro 58, y entre los isótopos del zinc cabe citar el zinc 67, el zinc 68 y el zinc 70. Si bien todos los isótopos estables se producen naturalmente, se pueden sintetizar elementos o compuestos que están enriquecidos en comparación con la cantidad producida de manera natural. El cuerpo metaboliza esos isótopos o compuestos marcados con isótopos del mismo modo que los naturales, pero con la ventaja añadida de que son fáciles de seguir. Los isótopos estables no son radiactivos y, por tanto, no plantean ningún riesgo para las personas cualquiera que sea su edad.

El agua está compuesta por isótopos del hidrógeno y del oxígeno. El agua natural está compuesta principalmente por  $^1\text{H}$  y  $^{16}\text{O}$ , pero contiene una cantidad muy reducida de  $^2\text{H}$  (deuterio) y  $^{18}\text{O}$ . No obstante, se puede hacer que el agua contenga

una proporción mucho mayor de deuterio o de oxígeno 18 con respecto al agua natural. En ese caso, se dice que es agua enriquecida. El óxido de deuterio ( $\text{D}_2\text{O}$ ) es agua enriquecida en la que el 99,8 % de los átomos de hidrógeno están en forma de hidrógeno 2.

## Evaluación de la composición corporal

Se puede determinar la cantidad de grasa presente en el cuerpo humano midiendo el agua corporal total (ACT) con isótopos. Se puede considerar que el cuerpo humano está compuesto por dos tipos de masa: la masa grasa y la masa libre de grasa. La masa grasa no contiene agua, mientras que entre el 73 % y el 80 % de la masa libre de grasa está compuesta por agua. La masa libre de grasa de un recién nacido contiene un 80 % de agua, y esa proporción disminuye progresivamente hasta el 73 % en los adultos. Ello significa que la masa libre de grasa se puede determinar midiendo el ACT y utilizando a continuación un coeficiente de hidratación adecuado. La masa grasa es la diferencia entre el peso corporal y la masa libre de grasa. A veces los resultados se expresan en forma de porcentaje del peso corporal total.

La técnica de dilución del deuterio (figura 1) consiste en medir la saliva y/u orina de una persona justo antes de que consuma una dosis de agua marcada con deuterio y en repetir el proceso entre tres y cinco horas después. El aumento del nivel de deuterio se observa en las muestras de saliva y orina de la persona.

Las muestras de orina o saliva obtenidas de la persona sometida a la prueba una vez que se ha alcanzado el equilibrio dilucional de los isótopos

contienen niveles más elevados de deuterio. El deuterio se distribuye uniformemente por todo el cuerpo después de entre tres y cinco horas.

Las muestras de orina o saliva tomadas antes de administrar la dosis a la persona se comparan con las obtenidas después de su administración para calcular el ACT, la masa libre de grasa y, finalmente, la cantidad de grasa presente en el cuerpo. La composición corporal es un buen indicador de salud. Una cantidad excesiva de grasa o demasiado reducida de masa libre de grasa puede provocar graves problemas de salud.

## Evaluación de las prácticas de lactancia materna

La nutrición desempeña una función vital en el desarrollo del niño durante los primeros años de vida. Las técnicas isotópicas pueden ayudar a determinar si un lactante se alimenta exclusivamente de leche materna, así como la cantidad de leche materna que consume.

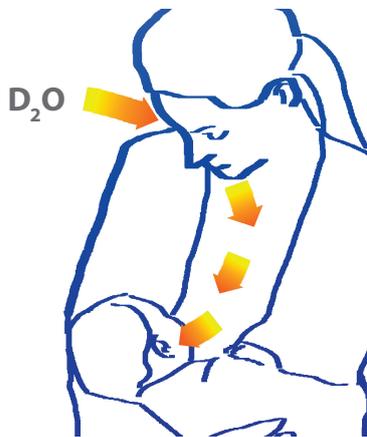


Fig. 2: Técnica de la dosis de óxido de deuterio a la madre

La madre consume óxido de deuterio. El deuterio se mezcla con el agua en su cuerpo, comprendida la leche que bebe el niño. La saliva de la madre y el niño se enriquece con deuterio. Ello se puede medir con un equipo preciso.

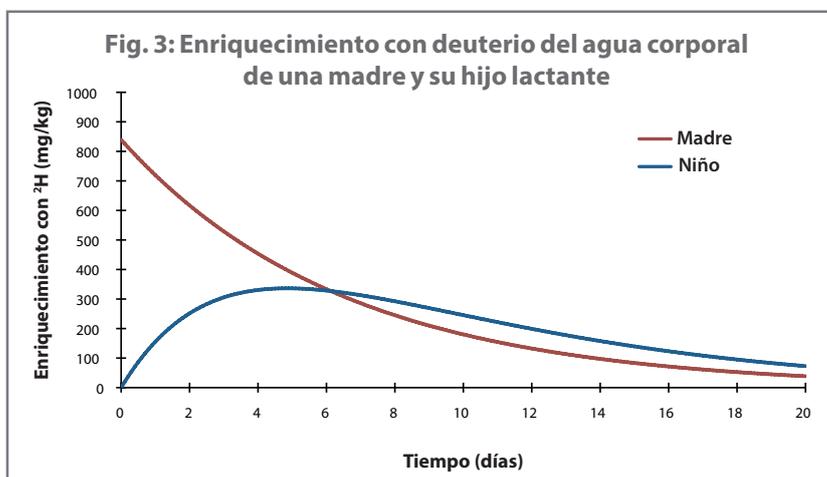


Fig. 3: Enriquecimiento con deuterio del agua corporal de una madre y su hijo lactante

Los métodos utilizados tradicionalmente para determinar la cantidad de leche que consume un lactante pueden requerir mucho tiempo. También pueden alterar el sistema de alimentación del lactante, ya que al aplicar dichos métodos hay que pesar al niño antes y después de cada comida. Existe otra técnica más precisa y muy informativa denominada técnica de la dosis de óxido de deuterio a la madre. Se trata de la única manera de determinar si un niño se alimenta exclusivamente de leche materna.

Una madre lactante ingiere una dosis de óxido de deuterio que se distribuye por todo su cuerpo y se incorpora en su leche (figura 2). Durante un período de 14 días se toman muestras de saliva u orina de la madre y el niño que indican los cambios en la concentración isotópica. De ese modo, se puede conocer la ingesta de leche materna del niño, saber si este ha consumido agua procedente de otras fuentes, y tener una idea de la composición corporal de la madre.

Una vez que la madre ha ingerido la dosis de agua marcada, el deuterio desaparece progresivamente de su cuerpo y aparece en el cuerpo del niño (figura 3). El deuterio presente en el cuerpo del niño procede exclusivamente de la leche consumida durante la lactancia materna. Como el deuterio se elimina del cuerpo de la madre, el enriquecimiento de su leche disminuye y, por tanto, el enriquecimiento en el cuerpo del niño también desciende. Se usa un modelo matemático para determinar la cantidad del deuterio administrado a la madre que aparece en la saliva del niño. Ello depende de la cantidad de leche materna que ha consumido el niño. El modelo también proporciona una estimación de la cantidad de agua procedente de fuentes distintas de la leche de la madre y, por consiguiente, permite saber si el niño se alimenta exclusivamente con leche materna.

## Evaluación del gasto energético total

Al determinar la cantidad de alimentos que necesita una persona, es importante calcular en primer lugar la cantidad de energía que gasta. Si el agua marcada con hidrógeno 2 (óxido de deuterio) se mezcla con agua marcada con oxígeno 18, la combinación resultante se denomina agua doblemente marcada. Los investigadores pueden usar ese tipo de agua para obtener una estimación del gasto energético diario total (figura 4). El gasto energético total también se emplea para determinar el nivel de actividad física de una persona.

La persona participante ingiere una dosis de agua doblemente marcada, que se distribuye por toda el agua corporal. Cada vez que la persona respira o hace ejercicio, una parte del oxígeno y el hidrógeno marcados se elimina en su orina, transpiración y respiración. El deuterio solo se elimina en el agua, mientras que el oxígeno 18 se elimina en el agua y el dióxido de carbono.

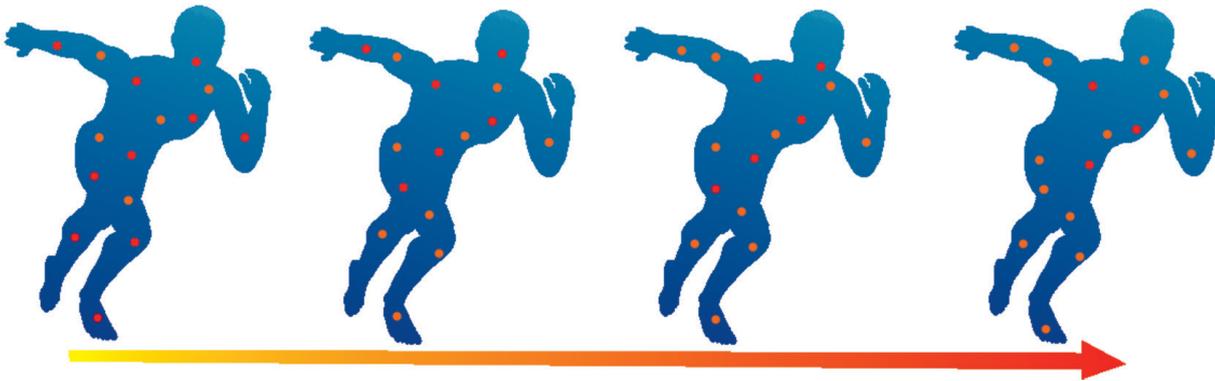


Fig. 4: Método del agua doblemente marcada

Después de ingerir una dosis de agua doblemente marcada, el agua corporal se enriquece con deuterio y oxígeno 18. A medida que pasa el tiempo, el deuterio (puntos naranjas) y el oxígeno 18 (puntos rojos) desaparecen del cuerpo y esa tasa de disminución es un indicador directo del gasto energético..

La diferencia de las tasas de eliminación del deuterio y el oxígeno 18 es una medida del índice de producción de dióxido de carbono, sobre cuya base se puede calcular el gasto energético (figura 5). En las muestras de orina tomadas durante un período de 14 días se observa la disminución de los isótopos introducidos. Una disminución muy lenta significa que el gasto energético es reducido, mientras que una disminución más brusca y rápida es indicio de un elevado gasto energético. La técnica del agua doblemente marcada es ideal para medir el gasto energético diario total en condiciones de vida cotidiana normales, y el OIEA la está utilizando en proyectos destinados a abordar la obesidad infantil y la calidad de vida de las personas de edad.

### Evaluación de la vitamina A que almacena un cuerpo

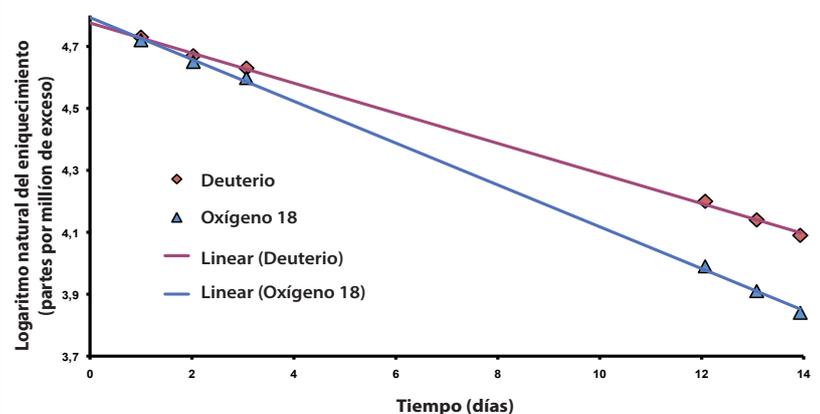
La técnica de dilución de isótopos estables se emplea en estudios realizados para determinar el cambio de la vitamina A en el cuerpo durante una intervención (por ejemplo, enriquecimiento y suplementación con vitamina A, o enfoques basados en los alimentos que promueven el consumo de una gran variedad de alimentos nutritivos). Los métodos de isótopos estables (figura 6) son el único medio no invasivo para determinar que los niveles de vitamina A son demasiado elevados. Ello puede ocurrir cuando los suplementos de vitamina A y los programas de enriquecimiento con vitamina A se aplican en las mismas comunidades.

Los isótopos estables del hidrógeno ( $^2\text{H}$ ) y el carbono ( $^{13}\text{C}$ ) se pueden usar para marcar la vitamina A.

### Evaluación de la biodisponibilidad de hierro y zinc

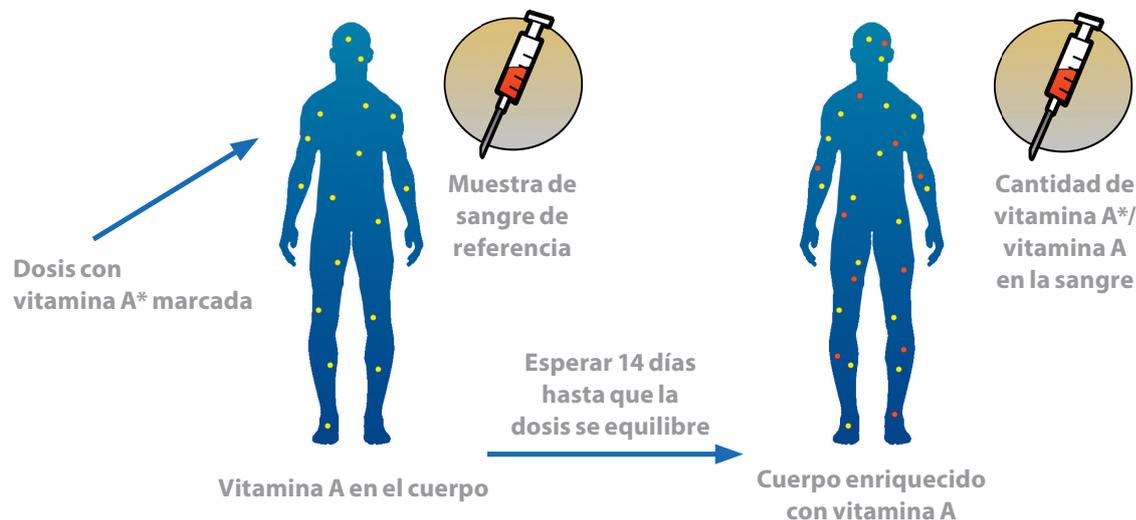
Es importante evaluar la biodisponibilidad (absorción y utilización) de nutrientes de los alimentos porque generalmente las personas

Fig. 5: Tasa de eliminación del deuterio y el oxígeno 18 del cuerpo



Los gradientes de las líneas del gráfico anterior son una medida de la tasa de eliminación del deuterio y el oxígeno 18 del cuerpo. El oxígeno se elimina con más rapidez que el deuterio porque el oxígeno se elimina en el agua y el dióxido de carbono, mientras que el deuterio solo se elimina en el agua. Por consiguiente, la diferencia entre los gradientes de las líneas es una estimación derivada del índice de producción de dióxido de carbono.

comen más de un tipo de alimento al mismo tiempo y algunos de ellos podrían contener potenciadores o inhibidores de la absorción. Los estudios sobre la biodisponibilidad del hierro y el zinc en los alimentos que utilizan isótopos estables pueden poner de manifiesto grandes diferencias de absorción entre distintas combinaciones de alimentos. Los isótopos estables del hierro y el zinc se usan para determinar la biodisponibilidad del mineral a partir de un alimento de prueba que se ha enriquecido o bioenriquecido o que se consume en la misma comida como posible inhibidor (por ejemplo, ácido fítico en cereales, frutos secos, semillas y legumbres sin refinar) o potenciador (por ejemplo, vitamina C) de la absorción de minerales. Los isótopos estables del hierro y el zinc se pueden añadir a un alimento de prueba.



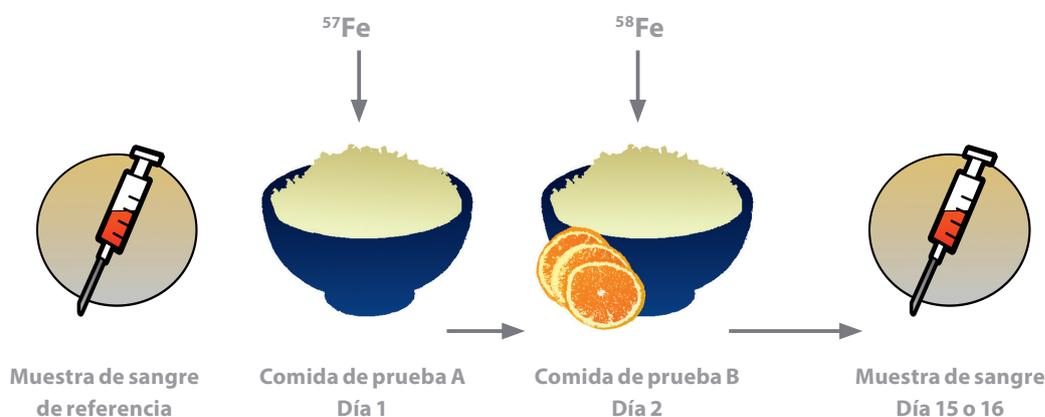
**Fig. 6: Evaluación del nivel de vitamina A**

Para evaluar el nivel de vitamina A, se administra una dosis de vitamina A marcada con un isótopo estable después de tomar una muestra de sangre de referencia. Es necesario que transcurra un período para que la dosis se equilibre con la reserva de vitamina A del cuerpo antes de tomar la muestra de sangre de seguimiento con miras a su análisis mediante espectrometría de masas. A partir de la dilución de la dosis de vitamina A marcada con isótopos medida con precisión, se puede calcular la cantidad total de vitamina A intercambiable en el cuerpo. Se trata del medio más preciso de estimar de forma no invasiva el nivel de vitamina A a lo largo de toda la escala, que va desde deficiente hasta normal y excesivo.

En la figura 7 se describe un ensayo destinado a evaluar la incorporación del hierro en los glóbulos rojos tras el consumo de una comida basada en cereales y de la misma comida con una naranja, que contiene vitamina C (un potenciador de la absorción de hierro). Se toma una muestra de sangre de referencia y se consume una comida de prueba (A) que contiene una cantidad conocida de un isótopo estable del hierro ( $^{57}\text{Fe}$ ). El día siguiente se consume una comida de prueba (B) que contiene una cantidad conocida de un segundo isótopo estable del hierro ( $^{58}\text{Fe}$ ) y un posible potenciador o inhibidor de la absorción de hierro. La mitad de los participantes en el estudio recibieron las comidas de prueba en el orden inverso.

Dos semanas después se toma la segunda muestra de sangre. Tras procesar las muestras de sangre, se analizan los isótopos del hierro con un espectrómetro de masas apropiado. Los porcentajes de isótopos estables del hierro antes y después del consumo de las comidas de prueba se emplean para determinar la cantidad de hierro absorbido de las comidas e incorporado en los glóbulos rojos, lo que pone de manifiesto los efectos de los potenciadores o inhibidores presentes en la comida.

Por Michael Amdi Madsen, Oficina de Información al Público y Comunicación del OIEA



**Fig. 7: Evaluación de la absorción de hierro**