

MISCELÁNEAS

JORNADAS CIENTÍFICAS DE CIENCIA NUCLEAR Y FISIOLÓGÍA DE ALTURA. INTRODUCCIÓN A LA CIENCIA NUCLEAR Y FISIOLÓGÍA DE ALTURA: VISIÓN GLOBAL DE RESULTADOS

SCIENTIFIC CONFERENCE OF NUCLEAR SCIENCE AND HIGH ALTITUDE PHYSIOLOGY

Dr. San Miguel-Simbrón J L*

* Especialista Médico Pediatra, Subespecialista Pediatra Inmunólogo, Docente investigador Titular Emérito, IINSAD; Jefe de la Unidad de Crecimiento y Desarrollo, Laboratorio de Biología Atómica, UCREDE-LABA-IINSAD, Facultad de Medicina, UMSA.

Unidad de Crecimiento y Desarrollo Infanto-Juvenil, Instituto de Investigación em Salud y Desarrollo, Facultad de Medicina, Universidad Mayor de San Andrés (UMSA), Av. Saavedra 2246. La Paz, Bolivia.

Autor para correspondencia: José Luis San Miguel Simbrón, josanto10@yahoo.es

RESUMEN

Se presentaron resultados de estudios de investigación científica sobre fisiología de altura a través de la utilización de técnicas nucleares en la primera Jornada Científica de Ciencia Nuclear. Se ha tenido como objetivo el poder difundir resultados de proyectos de investigación basados en los principios fisiológicos realizados a través del uso de trazadores isotópicos estables, como el óxido de deuterio, para determinar el agua corporal total y la composición corporal, constituida por la masa grasa y la masa libre de grasa; así mismo establecer el consumo de leche materna en condiciones de actividad diaria libre junto a la composición corporal de las madres en etapa de lactancia, en residentes permanentes de gran altitud.

La meta de las jornadas fue incentivar, promover y favorecer que los resultados y/o productos de la investigación científica provenientes del uso de la ciencia nuclear asociada al conocimiento científico alcanzado proveniente de la Fisiología de Altura, permitan orientar y consolidar Políticas de Salud para residentes permanentes de gran altitud; así mismo favorecer la formación de recurso humano del pregrado de nuestra universidad y que la sociedad en general de nuestro medio sea informada y beneficiada en la mejora de su estado fisiológico y de salud en un medio de gran altitud.

Se obtuvo como resultados una plena participación en investigación de los universitarios del pregrado de Medicina, quienes fueron activos en el trabajo de investigación y se involucraron en actividades de investigación en nuestros laboratorios de isótopos estables. Los resultados alcanzados favorecerán un mejor conocimiento del agua corporal total, la masa grasa y la masa libre de grasa, junto al ejercicio físico estudiado a gran altitud.

Palabras clave: Isótopos estables, deuterio, agua corporal, composición grasa, infección crónica, residentes de gran altitud.

ABSTRACT

Results of scientific research studies on height physiology were presented through the use of nuclear techniques in the first Scientific Conference on Nuclear Science. It has been aimed at disseminating results of research projects based on physiological principles carried out through the use of stable

isotopic tracers, such as deuterium oxide, to determine total body water and body composition, consisting of fat mass and fat free dough; likewise, establish the consumption of breast milk in conditions of free daily activity together with the body composition of the nursing mothers, as permanent residents of high altitude.

The goal of the conference was to encourage, promote and encourage the results and / or products of scientific research from the use of nuclear science associated with the scientific knowledge obtained from Height Physiology, to guide and consolidate Health Policies for residents high altitude permanent; likewise, to favor the formation of human resources of the undergraduate of our university and that the society in general of our environment be informed and benefited in the improvement of its physiological and health status in a high altitude environment.

The results were full participation in research of undergraduate students of Medicine, who were active in the research work and engaged in research activities in our stable isotope laboratories. The results achieved will favor a better knowledge of total body water, fat mass and fat free mass, together with the physical exercise studied at high altitude.

Keywords: *Stable isotopes, deuterium, body water, fat composition, chronic infection, high altitude residents.*

INTRODUCCIÓN

En nuestro medio ambiente de altitud y de latitud subtropical la temática nuclear es una ciencia emergente, se trata de una práctica de campo y de clínica distinta en investigación científica y como una disciplina formativa de estudio tanto para el nivel de pre como del postgrado en salud. Lo anterior se refiere al aprendizaje y utilización de la tecnología nuclear, tal el caso de los isótopos estables como el carbono 13 (^{13}C) y del deuterio (^2H) usados en investigación científica en poblaciones de un contexto de gran altitud, siendo estas poblaciones ciudadinas como de las ciudades de La Paz y de El Alto.

La calidad que pudiera alcanzarse en esta temática, desde el punto de vista de la salud global, depende de la capacidad de comprensión desde un amplio campo de tradiciones intelectuales y de las disciplinas científicas que se involucran en el tema.

La visión global e integradora de la Fisiología Humana junto a la aplicación de la Biofísica, permite llegar con mayores fundamentos a la visión de la Salud Global en poblaciones residentes permanentes de gran altitud. Esa salud global que es entendida como la que oferta oportunidades reales para una salud colectiva con equidad en el pensamiento y las acciones en salud.

La fisiología integrada permite comprender y reflexionar sobre la interacción del medio

ambiente y el cuerpo de un ser humano. Si tomamos como ejemplo agua ambiental, esta se encuentra en nuestro medio ambiente para nutrir nuestro organismo y desde el cuerpo se logra eliminar agua que ha sido utilizada en el metabolismo celular, siendo un vehículo muy eficiente para eliminar los metabolitos o “desechos” que generamos cada día de nuestra vida; entendiendo que una molécula de agua puede permanecer alrededor de 10 días en el cuerpo; y que la reserva total del agua corporal, puede cambiarse en alrededor de 50 días. **Por lo tanto, es una realidad la interrelación, el estado de armonía e integración que tenemos con al agua de nuestro medio ambiente y el organismo humano. Debemos afirmar que el agua de gran altitud es diferente al agua del nivel del mar, como el espectrograma que** muestra mayor cantidad de componentes, probablemente orgánicos en el agua de gran altitud, al realizar el análisis de agua de nivel del mar y agua de la ciudad de La Paz.

Desde la presión barométrica, la temperatura ambiental, la humedad, la radiación ultravioleta, entre otros y del agua que consumimos se encuentran diferencias suficientes para que la fisiología de altura sea ciencia que se diferencia de la fisiología que encontramos a nivel del mar. Concluimos que no visibilizar la gran cantidad de componentes que nos afectan en nuestro funcionamiento sería un error y no buscaríamos día a día diferencias que debemos saber

estudiar para constituir el conocimiento científico necesario y suficiente para comprender y mejorar la funcionalidad de nuestros organismos a gran altitud.

Ni que decir del componente genético que se activa y desarrolla debido a la hipoxia de nuestro medio de gran altitud, para ello solo basta comprender al maravilloso conmutador que es la familia de los factores inducibles por hipoxia (HIF, en inglés). Los mismos operan en la transcripción de unión con el ADN como respuesta al decremento de presión parcial del oxígeno, así se activan genes responsables de la codificación de proteínas que se requieren para administrar oxígeno a los tejidos y para influir sobre el metabolismo energético, como es el caso del HIF-1. Entre los genes afectados se encuentran los genes del factor de crecimiento endotelial vascular que mejora la angiogénesis, genes relacionados con la eritropoyetina para llevar a una mayor producción de glóbulos rojos, entre otros.

Considerando los factores que se involucran en la búsqueda del conocimiento científico, es dable entender que investigar sobre la fisiología de gran altitud amerita un análisis integrador de todo ello. La evaluación del estado de hidratación de un organismo, es uno de los temas más complejos que se pueda realizar, ya que si bien el concepto de homeostasis pareciera que regula absolutamente todo y logra un estado constante y perfecto de equilibrio, aquello no ocurre en la realidad, aplicándose probablemente mucho mejor el concepto de homeocinesis, que refleja un estado de movimiento y desequilibrios-equilibrios constantes en el organismo humano. En ese estado de situación, el agua corporal al igual que el agua del medio ambiente se encuentra en constante cambio.

En el ser humano se ha descrito a lo largo de su crecimiento y desarrollo que el agua corporal de la masa libre de grasa (MLG), denominado factor de hidratación varía desde el recién nacido con valores de 80%, hasta en el adulto con el 73.2%, estos son valores promedios del factor de hidratación, y fueron obtenidos en la década de los 80 por Fomon y colaboradores, obviamente en sujetos residentes del nivel del mar. En nuestro

medio de gran altitud, no se ha estudiado este componente, por lo que se utilizan los valores generados a nivel del mar. En ese sentido, los resultados que se han presentado en la Jornada Científica de Ciencia Nuclear y Fisiología de Altura, fueron elaborados, analizados e interpretados en base a constantes y variables que fueron generadas en poblaciones habitantes de nivel del mar, lo cual no deja conclusiones definitivas ni mucho menos, pero si ha abierto un campo de investigación que debemos saber sostener y modificar acorde a la mejora de la consistencia del conocimiento que vayamos trabajando y generando en el tiempo.

La medición del agua corporal total necesita de la administración oral de agua marcada con deuterio (^2H), y posterior al equilibrio que se produce en el pool del agua corporal, el enriquecimiento isotópico de la muestra de saliva pueden ser analizadas para calcular el espacio de dilución a través del uso de principios fisiológicos de dilución isotópica y la ley de masas. Para calcular el espacio de dilución a nivel corporal existen dos acercamientos metodológicos, uno se refiere al método de la meseta y el otro la extrapolación retrospectiva. Se indica que ambos métodos en niños y adultos darían resultados similares. Se asumen convencionalmente ajustes que son suficientes para cualquier inconsistencia en la obtención de datos del agua corporal total. Esta situación es declarada por autores en los resultados obtenidos en sus estudios realizados a nivel del mar. Sin embargo, en cuanto al factor de hidratación de 0.732 en adultos a nivel del mar, no se han descrito resultados por debajo de este valor. Cuando en circunstancias de medio ambiente muy diferentes como el de gran altitud, podría darse el hecho de que el factor de hidratación este hasta un 3% más reducido que el valor de 73.2%, ello solo será demostrado al realizarse estudios en altitud que evalúen este componente en forma precisa.

Se ha logrado establecer el agua corporal total de sujetos residentes de gran altitud, en los que se ha calculado la masa libre de grasa (MLG) y la masa grasa (MG) por el modelo de dos compartimentos. La MLG se calcula dividiendo el ACT sobre el factor de hidratación, tomando en cuenta datos de referencia de hidratación de

Fomon (1982) específicos para edad y sexo. La MG se calcula como la diferencia entre el peso corporal menos MLG.

Ahora bien, al reflexionar sobre los patrones de crecimiento de individuos en diferentes continentes, estos se han restringido a las mediciones antropométricas, puntualmente a la medición de peso, talla e índice de masa corporal y algunos pliegues subcutáneos. Estas aproximaciones pueden describir el aumento en tamaño corporal y la adiposidad regional a través de los pliegues subcutáneos, sin embargo no pueden establecer la composición corporal al no diferenciar específicamente la masa grasa y la masa libre de grasa del cuerpo. El Reino Unido de Gran Bretaña ha generado datos de referencia, al igual que USA con el trabajo del CDC, y las mismas referencias internacionales de la OMS del 2006 elaboradas en 6 países desarrollados del mundo.

En ese sentido, el autor del presente artículo, San Miguel (2011), fue invitado por la OPS/OMS a Lima, Perú como experto a la reunión de Expertos sobre el Uso de los Patrones internacionales de crecimiento infantil de poblaciones de altitud. Se expuso sobre los estudios realizados en altitudes de 3600 y 4000 metros sobre el nivel del mar, en estos estudios se ha aplicado el patrón de crecimiento de la OMS-2006, sin embargo se ha explicado que debe complementarse con la determinación de la composición corporal de los niños y niñas estudiadas a gran altitud. San Miguel y col., vienen realizando dicha evaluación utilizando la dilución del deuterio, que aporta un cálculo preciso de la MG y la MLG ello aportará un mejor conocimiento sobre el crecimiento a gran altitud.

Se confirma que el conocimiento de la composición corporal es tan relevante como que permite disponer de información sobre la MLG de los infantes, siendo este el más importante componente funcional de la masa corporal.

COOPERACIÓN TÉCNICA EN CIENCIA NUCLEAR A GRAN ALTITUD

Los problemas de salud que tienen las poblaciones vulnerables como los niños, niñas y mujeres en edad fértil, mismas que padecen de problemas de salud asociadas a la anemia ferropénica y otras

deficiencias de micronutrientes; también con el sobrepeso y la obesidad. Los estados anteriores están relacionados con las enfermedades vasculares, cardíacas y cerebrales que alcanzan costos elevados para un estado tanto a nivel social como a nivel económico.

Ante ello, la ciencia nuclear permite evaluar la composición corporal y establecer la efectividad de intervenciones diversas con altos niveles de precisión. La malnutrición, con el retraso del crecimiento infantil, el sobrepeso, la obesidad y procesos inflamatorios crónicos son estudiados en nuestro medio de gran altitud con la aplicación de la ciencia nuclear.

La Agencia Internacional de Energía Atómica "IAEA", con grados de dependencia de Naciones Unidas (UN) realiza apoyo a los países miembros de la UN, a través de: becas, talleres, capacitación de personal, visitas en misión de expertos y principalmente dotación de equipos. De esta manera, los países como Bolivia, reciben equipos y material que ayudan y cooperan con la capacidad instalada de nuestra universidad para mejorarla Capacidad Instalada para la investigación científica.

Lo anterior es posible a través de la generación de proyectos de investigación, como los Proyectos de Investigación Coordinada (PIC), con alta calidad en investigación científica.

Otro programa es el de la Cooperación Técnica (CP), que también se basan en proyectos de investigación en interacción con otros países.

La IAEA, como parte de NU, ayuda a los estados miembros para alcanzar sus metas sociales y económicas. La ciencia nuclear aporta las herramientas para el seguimiento de la composición corporal, infecciones, micronutrientes, el agua corporal total, el consumo de leche materna, por lo tanto busca la mejora en los cuidados de salud. En este nivel, la ciencia nuclear, utiliza los isótopos estables, **no radiactivos**. El isótopo estable se puede dosificar, para ser administrado al sujeto de estudio, directamente en agua, en cápsulas, y también en alimentos. Isótopos estables como el deuterio (^2H), el carbono ^{13}C y el oxígeno 18, se incorporan a productos del metabolismo como ser el agua, la urea, y el dióxido de carbono.

Mediante el uso de esta tecnología se puede lograr la estimación de compartimentos corporales como la masa grasa y la masa libre de grasa; la absorción de nutrientes, el metabolismo de micronutrientes, el gasto de energía, el consumo de leche materna y el diagnóstico de patologías.

La Unidad de Crecimiento y Desarrollo (UCREDE) del Instituto de Investigación en Salud y Desarrollo (IINSAD), ha logrado a través de proyectos de CT, instalar, estandarizar, desarrollar y consolidar su Laboratorio de Biología Atómica (LABA), con el apoyo principal de la UMSA y también del IAEA, tanto en la dotación de equipos como en la capacitación de personal. Así, desde hace más de 10 años se han podido estudiar a grupos vulnerables residentes de gran altitud, en su composición corporal, agua corporal total y el consumo de leche materna, con el propósito de orientar en problemas de salud de nuestro medio de altitud. Así mismo, se han producido publicaciones de nivel nacional e internacional, al igual que tesis de maestrías referidas a temas dominantes de salud en nuestro contexto.

“JORNADAS CIENTÍFICAS DE CIENCIA NUCLEAR Y FISIOLÓGIA DE ALTURA”

En poblaciones residentes permanentes de gran altitud

Las jornadas científicas se desarrollaron en fechas 10 al 12 de junio de 2019, bajo el auspicio del Decanato de la Facultad de Medicina, Enfermería, Nutrición y Tecnología Médica de la UMSA, en el Auditorium de la misma. Se contó con la participación de Autoridades Universitarias, Facultativas y de los Ministerios de Salud y de Energías en la inauguración.

El día de la inauguración, se pudo realizar una visita de parte de autoridades universitarias al Laboratorio de Biología Atómica (LABA) dependiente de la UCREDE, donde se mostró la infraestructura, el espacio y equipamiento con el que se cuenta para generar conocimiento científico a gran altitud sobre el agua corporal y la composición corporal.

En los 3 días de las jornadas se obtuvo una participación de alrededor de 280 asistentes, estos principalmente del sector del pregrado universitario.

El objetivo de las jornadas fue:

Difundir resultados de proyectos de investigación científica basados en principios fisiológicos realizados a través del uso de trazadores isotópicos estables, como el óxido de deuterio, para determinar el agua corporal total y la composición corporal, constituida por la masa grasa y la masa libre de grasa; así mismo establecer el consumo de leche materna en condiciones de actividad diaria libre junto a la composición corporal de las madres en etapa de lactancia, en residentes permanentes de gran altitud.

Así mismo, se ha establecido el propósito de las jornadas, siendo este:

Incentivar, promover y favorecer que los resultados y/o productos de la investigación científica provenientes del uso de la ciencia nuclear asociada al conocimiento científico alcanzado proveniente de la Fisiología de Altura, permitan orientar y consolidar Políticas de Salud para residentes permanentes de gran altitud; así mismo favorecer la formación de recurso humano del pregrado de nuestra universidad y que la sociedad en general de nuestro medio sea informada y beneficiada en la mejora de su estado fisiológico y de salud en un medio de gran altitud.

Ciencia nuclear: uso del Deuterio (^2H):

1. En lactantes de altitud

El porcentaje de masa grasa (MG), evaluado por técnicas nucleares, sería mayor en un 36% de los lactantes, una tercera parte de los niños tendrían un % de MG más elevado, tomando en cuenta el uso del modelo de dos compartimentos.

Los niños y niñas sin retraso del crecimiento, los que crecen bien en sus dos primeros años de vida, tenían el Agua Corporal Total y la Masa Libre de Grasa mayor que los niños con retraso del crecimiento.

Se estima en base a los datos del estudio que en niños y niñas menores de dos años que viven en un medio urbano marginal a gran altitud, el retraso de crecimiento está relacionado a sobrepeso y obesidad.

En los niños y niñas menores de dos años con

talla baja se estima que tienen menor masa libre de grasa y menor agua corporal total en comparación con sus pares de talla normal.

2. En preescolares de gran altitud

El porcentaje de masa grasa (MG), evaluado por técnicas nucleares, sería mayor en los preescolares de Bolivia al compararlos con los de Uruguay.

Se estima por Análisis de Bioimpedancia Eléctrica (ABE) a 50 KHz, que Bolivia fue el segundo país en tener los valores más elevados de ABE.

En relación al agua corporal total y la masa libre de grasa, se estima que los varones tienen valores mayores que las mujeres.

El gasto energético en reposo es mayor en los varones, con una diferencia estadísticamente significativa.

3. En escolares de gran altitud

Este proyecto se ha constituido en la primera oportunidad para evaluar la doble carga de la malnutrición escolar mediante el uso de técnicas isotópicas en un medio de gran altitud.

La elevación del porcentaje de masa grasa, medida por deuterio, se presentó en 14 escolares, fue del 16.6 %.

La concentración de hemoglobina, de acuerdo de puntos de corte para gran altitud, identifica una frecuencia de anemia del 53 %.

La ferritina sérica, que identifica las reservas de hierro, muestra una deficiencia de hierro del 94.7%.

Masa grasa medida por deuterio

Se ha tomado en cuenta, el punto de corte de Dwyer (1996) que establece como elevación del porcentaje de masa grasa (% MG) a los valores que están por encima de 20 % de grasa en varones y de 30% en mujeres.

En varones el %MG fue 15.6 ± 9.1 , en las mujeres $18.3 \pm 9.5\%$.

4. En lactancia materna exclusiva a gran altitud

Se ha encontrado una correlación positiva entre el volumen de leche materna y el indicador

peso/longitud de los lactantes y una correlación negativa entre el volumen de leche materna consumido con la composición corporal de la madre.

Resultados relevantes

En lactantes menores de 6 meses, mediante el principio de dilución isotópica, que aplica la ciencia nuclear, se ha medido por primera vez en nuestro medio, la cantidad real y precisa de leche materna que reciben nuestros niños y niñas; por otro lado también la cantidad de agua extra a la leche materna, resultados que mejoran la definición de lactancia materna exclusiva.

De esta manera, se podrá discernir con altos niveles de precisión lo que es: 1. La Lactancia Materna Exclusiva, 2. La Lactancia Materna Predominante y 3. La Lactancia Materna Mixta, en los grupos que se estudien en nuestro medio ambiente de gran altitud y desde ya validar al concepto de Lactancia Materna Exclusiva.

5. En lactancia materna mixta a gran altitud

En lactantes mayores de 6 meses de edad (n=12) el volumen de leche materna (VLM) consumido por el lactante fue de 532.1 mL/día y el consumo de agua de otras fuentes fue en promedio de 343.2 mL/día.

El promedio de masa grasa (MG) de las madres medido por tecnología nuclear fue de 36.2 %, con una frecuencia de exceso de grasa de 75% (n=18), por lo tanto con obesidad.

A mayor IMC y MG de la madre menor el VLM. Mujer en etapa de lactancia materna normohidratada producirá un buen volumen de leche materna. El consumo de leche materna en los lactantes menores de dos años de edad, tiene una buena relación con los indicadores nutricionales de los lactantes.

6. En universitarios de gran altitud

Los valores promedio de la presión arterial sistémica, tanto sistólica como diastólica son más elevados en los varones con una diferencia estadísticamente significativa.

Los valores promedio de presión arterial sistémica son más bajos que los valores promedio de nivel del mar.

La asociación de peso corporal con los litros de agua corporal ha mostrado una $r = 0.829$, y ($p < 0.000$); y entre la talla corporal y el contenido en litros del agua corporal total es de $r = 0.818$, ($p < 0.000$).

El uso de técnicas nucleares, ha permitido mediante el análisis del deuterio en los sujetos estudiados de gran altitud, establecer la composición corporal, determinándose el porcentaje del agua corporal total y la masa grasa corporal.

Se estima que en mujeres la masa libre de grasa corporal (MLGC) esta disminuida y la masa grasa corporal (MGC) esta incrementada. La diferencia del agua al momento basal y post ejercicio entre varones y mujeres no es significativa. El **gasto energético** en varones al momento basal y post ejercicio tiene una diferencia estadísticamente significativa. El **consumo de energía** de los universitarios, muestra promedios de 1900 kcal/día, y no existen diferencias significativas entre sexos.

El uso de técnicas nucleares, ha permitido a través del análisis del deuterio estudiar el agua corporal total, la composición corporal, y se asocia fuertemente con determinaciones

similares mediante el uso del análisis la impedancia bioeléctrica.

Los valores de signos vitales fueron estudiados en universitarios habitantes de gran altitud, en 108 sujetos de ambos sexos. Se seleccionó a los universitarios acorde al exceso de grasa que presentaron, evaluados por tecnología nuclear y por análisis de impedancia bioeléctrica y luego acorde al sexo. Los resultados del cuadro 1 muestran en los universitarios sin exceso de grasa valores promedio de presión arterial sistólica y diastólica tanto en varones como en mujeres más bajos que los valores promedio del nivel del mar; situación que podría estar relacionada con ser habitantes permanentes de gran altitud.

Los valores de frecuencia respiratoria identifican el incremento en promedio del número de movimientos respiratorios por minuto a gran altitud, situación que mejora la cantidad de oxígeno ofertada por los pulmones para la hematosiis en un minuto, siendo de 10 Litros de aire que se moviliza en altitud vs. los 6 litros de aire a nivel del mar.

Así mismo, la saturación de O_2 presento valores más bajos que a nivel del mar.

Cuadro No. 1
Características de valores de signos vitales basales de ambos sexos.

	Sin Exceso de grasa		Con Exceso de grasa		p
	Varones n= 38	Mujeres n= 18	Varones n= 8	Mujeres n= 44	
Presión Sistólica (mmHg)	107.2 ± 10	100.2 ± 11	101.1 ± 8	101.1 ± 9	0.19
Presión Diastólica (mmHg)	73.3 ± 10	67.8 ± 8	71.4 ± 11	68.9 ± 6.5	0.15
Frecuencia respiratoria (movi/min)	20.2 ± 2.7	20.0 ± 3.1		19.2 ± 3.3	0.04
Saturación O2	91.4 ± 2.3	92.4 ± 1.6		90.8 ± 2.9	0.66

En el cuadro 2, se verifica a través de la evaluación de la masa grasa corporal por tecnología nuclear y por análisis de impedancia bioeléctrica en ambos sexos el estado de obesidad, siendo llamativo que el 71 % de las mujeres universitarias presenten obesidad.

Cuadro No. 2
Características de la masa grasa corporal de ambos sexos.

Total de sujetos estudiados N = 109	Mujeres N = 62	Varones N= 46
Masa grasa corporal:		
Normal	18 (29.0 %)	38 (82.6 %)
Obesidad	44 (70.96 %)	8 (17.3 %)

El uso de la tecnología nuclear, con la aplicación del principio de dilución isotópica utilizando el deuterio, ha permitido evaluar con un alto grado de precisión al momento el agua corporal total y la masa grasa corporal en universitarios habitantes permanentes de gran altitud. Asumiendo los criterios de inclusión de los estudios realizados y la selección de universitarios sin exceso de grasa corporal, se verifica que el ACT en los varones en promedio es del 61% y en las mujeres del 55%, valores similares a los del nivel del mar.

En el otro extremo los universitarios con exceso de grasa corporal muestran el ACT en varones en valores del 52% (es un 9% menos de agua que los varones sin exceso de grasa) y las mujeres tienen un 47% (es un 8% menos de agua que las mujeres sin exceso de grasa). Estos componentes podrían ser de gran ayuda para la terapia que involucra el manejo de líquidos corporales en centros hospitalarios y clínicas donde se trata este tipo de situaciones clínicas y quirúrgicas en nuestro medio de altitud. Cuadro 3.

Cuadro No. 3
Características del agua corporal total y masa grasa determinada por Isótopo Estable Deuterio en ambos sexos.

	Sin Exceso de grasa		Con Exceso de grasa		p
	Varones n= 20	Mujeres n= 12	Varones n= 8	Mujeres n= 19	
Agua corporal Total (%)	61.3	54.7	52.0	47.0	0.000
Masa grasa (%)	16.1	25.1	28.8	35.6	0.000

En el cuadro 4, se muestra resultados de la actividad física que los universitarios desarrollaron, a través de la prueba de la caminata de los 6 minutos, que fue adaptada para los universitarios de nuestro medio de altitud, en tres etapas de

6 minutos cada una. Entre los resultados resalta que entre las universitarias mujeres con exceso de grasa, en la tercer etapa, una de ellas solo pudo cubrir una distancia menor a 400 metros en 6 minutos.

Cuadro No. 4
Características de distancia recorrida en la caminata de 6 minutos, por sexo.

	Sin Exceso de grasa		Con Exceso de grasa		
	Varones n= 39	Mujeres n= 18	Varones n= 8	Mujeres n=44	
Distancia 1	581	592	610	572	Mínimo 375
Distancia 2	608	608	625	589	
Distancia 3	625	653	674	610	
Total (metros)	1814	1853	1909	1771	

PSIQUIATRÍA

Importancia de la hidratación en la salud mental

El profesor Garitano, resaltó que el contenido de agua en el cerebro es del 70%.

El agua es un nutriente crucial y la euhidratación es necesaria para para el funcionamiento diario óptimo. La medidas de desempeño cognitivo en la atención del individuo, habilidades de

pensamiento crítico y memoria.

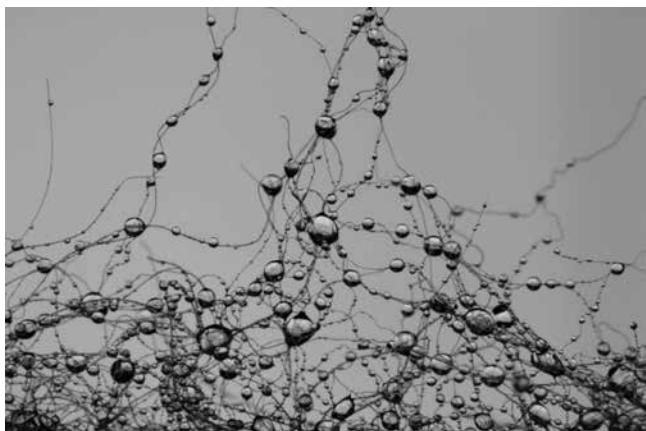
Tradicionalmente, 2% o más de déficit de agua corporal se pensaba que producía deterioro en el desempeño cognitivo.

Recientemente hay evidencia de que la deshidratación leve, una pérdida de agua corporal de 1-2% puede deteriorar el desempeño cognitivo.(0,75-1,5Kg).

Así como existe una sinaptogenesis desde el

recién nacido, que se incrementa a los 3 meses y es muy importante a los 2 años de vida, se resalta la sinapsis del agua, ya que es un facilitador de primer nivel para un buen funcionamiento en la plasticidad cerebral.

La sinapsis del agua



Estado del arte de isotopos estable y el agua corporal

El profesor Villarroel, indicó entre las aplicaciones del óxido de deuterio que este es usado para medir el agua corporal total, la masa libre de grasa y la masa grasa en diferentes poblaciones, también es usado para evaluar la ingesta de leche materna y al mismo tiempo la composición corporal de la madre que esta dando de lactar. Junto al oxígeno 18, el deuterio evalúa el gasto energético en condiciones de vida libre.

En la búsqueda bibliográfica resalta estudios donde se establece que existen diferentes métodos que estudian la composición corporal en niños con sobrepeso y obesidad, siendo la dilución del óxido de deuterio el método de referencia para estos estudios.

Así mismo resalta estudios realizados sobre la composición corporal en poblaciones de gran altitud, publicados en la revista Cuadernos de la Facultad de Medicina.

MISCELÁNEAS

PRINCIPIO Y PRÁCTICA DE LA CIENCIA NUCLEAR EN SALUD: EVALUACIÓN DEL AGUA CORPORAL TOTAL Y LA COMPOSICIÓN CORPORAL, EN POBLACIÓN RESIDENTE DE GRAN ALTITUD, LA PAZ, BOLIVIA

PRINCIPLE AND PRACTICE OF NUCLEAR SCIENCE IN HEALTH: EVALUATION OF TOTAL BODY WATER AND BODY COMPOSITION, IN HIGH ALTITUDE RESIDENT POPULATION, LA PAZ, BOLIVIA.

San Miguel Simbrón José Luis*

Cuadro N° 2

Composición Corporal de mujeres en etapa de lactancia, agua corporal y masa grasa mediante uso de isotopo estable (deuterio) en residentes de gran altitud.

	n= 24
Agua corporal total (ACT kg)	29.2 ± 3.3
% agua corporal total (% ACT)	46.7 ± 2.8
Masa grasa corporal (MGC kg)	22.9 ± 5
% masa grasa corporal (% MGC)	36.2 ± 3.9

Valores expresados en media y desvío estándar.

Expositores de conferencias en las jornadas científicas de ciencia nuclear y fisiología de altura.

- **Coordinador General Académico: Dr. Dr. José Luis San Miguel Simbrón.**

Investigadores Conferencistas.

Unidad de Crecimiento y Desarrollo (UCREDE):

1. Dr. José Luis San Miguel Simbrón.
2. Dra. Ana María Aguilar Liendo.
3. Dra. Noelia Urteaga Mamani.
4. Lic. Maruska Muñoz Vera.

Cátedra de Fisiología-Biofísica:

1. Dr. Javier Peñaranda Méndez. Decano Facultad de Medicina – Auspiciante de las Jornadas Científicas.
2. Dr. Jorge Fernández Dorado.
3. Dr. Martín Villarroel Mareño.
4. Dra. Aida Virginia Choque.

Profesores invitados.

1. Dr. Oscar Vera Carrasco.
2. Dr. Fernando Garitano Zavala B.

REFERENCIAS

1. Guyton AC, Hall JE. *Tratado de fisiología médica*. 13th ed. Barcelona:Elsevier; 2016.
2. San Miguel JL. *Principio y práctica de la ciencia nuclear en salud: Evaluación del agua corporal total y la composición corporal, en población residente de gran altitud*, La Paz, Bolivia. Cuadernos 2018;59(1):75-80.
3. Tresguerres JA, Ariznavarreta C, Cachofeiro, y Col. *Fisiología Humana*. 4ta. ed. México:Mc Graw Hill. 2010.
4. International Atomic Energy Agency. *Assessment of body composition and total energy expenditure in human using stable isotope techniques*. IAEA Human Health Series No. 3, IAEA, Vienna, 2009.
5. San Miguel Simbrón JL, Muñoz M, Urteaga N, Espejo E. *La ciencia nuclear en investigación científica en poblaciones residente de gran altitud: Estudio de agua corporal y ejercicio a gran altitud*, La Paz, Bolivia. Colección de Altura; Capítulo: Agua corporal y ejercicio en habitantes de gran altitud. UCREDE-IINSAD, La Paz 2017: 10 pág.
6. San Miguel Simbrón JL, Espejo E, Muñoz M, Aguilar Liendo AM, Urteaga N. *La ciencia nuclear en investigación científica en poblaciones vulnerables a gran altitud: Estudio de Seno Materno y Lactancia Materna parcial a gran altitud*, La Paz, Bolivia. Colección de Altura; Capítulo:Lactancia materna parcial en habitantes de gran altitud. UCREDE-IINSAD, La Paz 2017: 10 pág.
7. Cole TJ, Freeman JV, Preece MA. *Body mass index reference curves for the UK*. Arch Dis Child 1995;73:25-29.
8. WHOMulticentre Growth Reference Study Group. *WHO Child Growth Standards: Length/height-for-age, weight-for-age, weight-for-length, weight-for-height and body mass index-for-age: Methods and development*. Geneva: WorldHealthOrganization, 2006.
9. *Informe de la Reunión de Expertos sobre el Uso de los Patrones Internacionales de Crecimiento Infantil en Poblaciones Alto-Andinas*. Lima 21 y 22 de noviembre 2011/Lima: Organización Panamericana de la Salud, 2012.
10. Peronnet F, Mignault D, Du SP, Vergne S, Le BL, Jimenez L, Rabasa-Lhoret R. *Pharmacokinetic analysis of absorption, distribution and disappearance of ingested water with D2O in humans*. Eu J ApplPhysiol 2012;112:2213-2222.
11. Wells JCK, Fewtrell MS. *Measurement body composition*. ArchDisChild 2006;91:612-617.
12. San Miguel S. JL. *Metabolismo de proteínas en niños residents de gran altitud: Estudio piloto sobre la utilización de técnicas con isótopos estables*. Scientifica 2007; 5: 5-13.
13. San Miguel JL, Spielvogel H, Berger J, Araoz M, Lujan C, Tellez W, Caceres E, Gachon P, Coudert J, Beaufriere B. *Effect of high altitude on protein metabolism in Bolivian children*. High AltitudeMedecine&Biology 2002, 3: 377-386.
14. San Miguel JL. *Salud y Tecnología nuclear a gran altitud*. SCIENTIFICA 2010 ; 8: 30-32.
15. Urteaga N, San Miguel JL, Aguilar AM, Muñoz M, Slater C. *Nutritional status and human milk intake of exclusively breastfed infants at high altitude in La Paz, Bolivia*. Br J Nutr , 2018;120:158-163.
16. Lukaski HC, Johnson PE, *A simple, inexpensive method of determining total body water using a tracer dose of D20 and infrared absorption of biological fluids* The American Journal of Clinical Nutrition 1985 Feb;41: 363-370.
17. Westerterp KR: *Body composition, water turnover and energy turnover assessment with labeled water*. ProcNutrSoc 1999; 58: 945- 951.
18. Lukaski HC, Johnson PE, *A simple, inexpensive method of determining total body water using a tracer dose of D20 and infrared absorption of biological fluids* The American Journal of Clinical Nutrition 1985 Feb;41: 363-370.
19. Parker L, Reilly JJ, Slater C, et al. *Validity of six field and laboratory methods for measurement of body composition in boys*. Obes Res 2003;11:852-858.
20. Berger J, San Miguel JL, Aguayo VM, Tellez W, Lujan C, Traissac P. *Definición de la anemia en la altura: Efecto de una suplementación con hierro y folatos sobre los indicadores hematológicos y evaluación del estado nutricional de los niños del altiplano boliviano*. Informe de Estudio ORSTOM/IIBBA a OPS 1994, 110 pag., 2 versiones: español y francés. Centro de Documentación OPS/OMS, BO, WH 170, B 496 B.
21. Gartner A, Berger J, Simondon A, Maire B, Traissac P, Ly C, San Miguel JL, Simondon F, and Delpuech F. *Change in body water distribution index in infants who become stunted between 4 and 18 months of age* .Eur J ClinNutr 2003;57: 1097-1106.
22. Berger J, Aguayo V, San Miguel JL, Lujan C , Tellez W, Traissac P. *Definition and prevalence of anemia in Bolivian women of childbearing age living at high altitude: the effect of an iron-folate supplementation*. NutrRev 1997;55, 247-56.
23. San Miguel Simbrón JL. *Reflexiones sobre la memoria del agua y los espectros infrarrojos en el área de salud: a propósito de determinar la composición corporal con isótopos estables*. Cuadernos 2015;56(2):96-106.
24. San Miguel Simbrón JL, Muñoz M, Urteaga N, Espejo E. *Evaluación de lípidos y lipoproteínas en escolares residentes de gran altitud*. Cuadernos 2015;56(1):7-13.
25. San Miguel Simbrón JL, Muñoz Vera M, Urteaga Mamani N, EspejoAliaga E. *Deficiencia de hierro y anemia en escolares residentes de gran altitud: asociación con infección*. Cuadernos 2014;55(2):24-33
26. Beaufriere B, San Miguel JL, Spielvogel H, Gachon P, Coudert J. *Protein metabolism and altitude*. International Atomic Energy Agency, *Co-ordinated research programme on application of stable isotope tracer method to studies of amino acid, protein, and energy metabolism in Protein metabolism and altitude*. Nahres 1994-21: 53-58, Vienna.
27. Kemper H.C.G, Coudert J and San Miguel JL. *General conclusions from the study on 10- to 12-year-old bolivian boys and suggestion for future research*. Int J SportsMed 1994; 15: S112-S113.