



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Evaluación del Gasto Energético en Reposo por Calorimetría Indirecta en escolares de 8 – 10 años en altura intermedia. Bogotá 2012-2013

Claudia Yadira Gómez Martínez

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Medicina, Departamento de Ciencias Fisiológicas
Bogotá, Colombia
2014

Evaluación del Gasto Energético en Reposo por Calorimetría Indirecta en escolares de 8 – 10 años en altura intermedia. Bogotá 2012-2013

Claudia Yadira Gómez Martínez

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito para optar al título de:
Magister en Fisiología

Director (a):

Nutricionista Dietista MSc. Docente Departamento de Nutrición Humana
Sandra Patricia Guevara Núñez

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Medicina, Departamento de Ciencias Fisiológicas
Bogotá, Colombia
2014

(Dedicatoria)

La perseverancia refleja siempre el estado de nuestra vida interior, de nuestra filosofía y de nuestra perspectiva.

David Guterson

La buena didáctica es aquella que deja que el pensamiento del otro no se interrumpa y que le permite, sin notarlo, ir tomando buena dirección.

Enrique Tierno Galván

A Dios, por guiarme en cada paso que he dado para el logro de este sueño; porque cada prueba y obstáculo me permitieron aprender de mis errores y me dieron la fuerza para seguir luchando y alcanzar mi objetivo.

A toda mi familia, por su amor, confianza, tolerancia y apoyo incondicional en la realización de esta etapa de mi proyecto de vida.

Agradecimientos

A mi Directora de Tesis, Sandra Patricia Guevara Núñez, por su orientación, permanente colaboración y contribución a mi formación académica en el trabajo de tesis.

A la estadística, Jeimy Paola Aristizabal Rodríguez, por su asesoría e invaluable aporte con el análisis de los datos encontrados en el trabajo de campo de este proyecto.

A los Directivos y personal docente de las Instituciones Educativas Distritales Tenerife Granada Sur, Tabora Sede B -Santamaría del Lago, Robert F. Kennedy y Rafael Bernal Jiménez Sede B, quienes apoyaron el desarrollo de este proyecto.

A los padres de familia y escolares, por su colaboración y participación activa en el desarrollo de este estudio.

Al personal docente y administrativo del Departamento de Ciencias Fisiológicas de la Universidad Nacional de Colombia, por el apoyo en la realización de este trabajo.

A las demás personas que hicieron parte de la ejecución de este proyecto y que indirectamente me permitieron alcanzar esta meta.

Resumen

Se evaluó y analizó el gasto energético en reposo (GER) de escolares residentes a una altura intermedia, en Bogotá, con edades comprendidas entre los 8 y 10 años, quienes pertenecen a Instituciones Educativas Distritales (IED) y se encontraban en adecuado estado nutricional. Este estudio prospectivo en el cual se evaluaron 84 escolares (43 niñas y 41 niños), se desarrolló mediante el equipo Vmax 29c de calorimetría indirecta y a partir de los datos obtenidos se calculó el gasto energético total (GET). El GER promedio en las niñas fue de 1343 Kcal y en los niños fue de 1382 kcal, y el GET fue de 1539 Kcal y 1575 kcal, respectivamente. El mejor modelo de regresión para determinar el GER de escolares entre 8 y 10 años de estas IED, incluyó las variables de género, frecuencia cardíaca (FC) y circunferencia muscular del brazo (CMB), dada su alta correlación con el GER. Al comparar los resultados del GER obtenidos en este estudio, se concluyó que las recomendaciones de la FAO/OMS/ONU subestiman el GER y que las de la población colombiana lo sobreestiman. Este estudio es de gran utilidad para la población de escolares sanos de ambos géneros a una altitud moderada o intermedia, puesto que permite estimar el gasto energético a partir de otras variables como frecuencia cardíaca y circunferencia muscular del brazo, comparables con los resultados obtenidos por calorimetría indirecta.

Palabras clave: Gasto energético en reposo, gasto energético total, calorimetría indirecta, escolares, recomendaciones de energía.

Abstract

We evaluated and analyzed the resting energy expenditure (REE) school residents at medium altitude in Bogota, aged between 8 and 10 years, who belong to District Educational Institutions (DFI) and were in adequate nutritional status. This prospective study in which 84 students (43 girls and 41 boys) were evaluated using the computer developed Vmax 29c and indirect calorimetry data obtained from the total energy expenditure (TEE) was calculated. The average REE for girls was 1343 Kcal and children was 1382 kcal , and the GET was 1539 kcal and 1575 kcal, respectively. The best regression model to determine the REE school between 8 and 10 years of these FDI variables included gender , heart rate (HR) and arm muscle circumference (AMC) , given its high correlation with REE . When comparing the results of REE obtained in this study, it was concluded that the recommendations of the FAO / WHO / UNU underestimate the REE and the Colombian population overestimate it. This study is useful for the population of school healthy for both genders at moderate or intermediate altitude, since it allows estimating energy expenditure from other variables such as heart rate and muscle arm circumference, comparable with the results obtained by indirect calorimetry.

Keywords: Resting Energy Expenditure, Total Energy Expenditure, Indirect Calorimetry, School, Energy Recommendations.

Contenido

	Pág.
Lista de gráficos.....	XIV
Lista de abreviaturas.....	XV
Lista de tablas	XVI
Introducción	1
Planteamiento del problema.....	3
Justificación	5
1. Marco teórico.....	7
1.1 Población escolar	7
1.1.1 Composición corporal	7
1.1.2 Crecimiento	7
1.1.3 Estado nutricional	8
1.2 Metabolismo energético	9
1.2.1 Aspectos generales	9
1.2.2 Aspectos fisiológicos del oxígeno y dióxido de carbono.....	12
1.2.3 Componentes del gasto energético.....	14
1.2.4 Factores que afectan el gasto energético en reposo.....	18
1.2.5 Factores que afectan la termogénesis por alimentos y el gasto de energía por actividad física.....	27
1.3 Evaluación del gasto energético.....	27
1.3.1 Calorimetría directa	29
1.3.2 Agua doblemente marcada.....	29
1.3.3 Calorimetría indirecta.....	30
1.3.4 Registro de frecuencia cardíaca.....	34
1.4 Recomendaciones de energía.....	35
1.4.1 Necesidades energéticas FAO/OMS 1985 y 2001	35

1.4.2 Necesidades Energéticas Estimadas (NEE). Instituto de Medicina.....	37
2. Objetivos de la investigación.....	41
2.1 Objetivo general.....	41
2.2 Objetivos específicos.....	41
3. Sujetos y métodos.....	43
3.1 Tipo y diseño general del estudio.....	43
3.2 Localización.....	43
3.3 Universo.....	43
3.4 Población de estudio.....	43
3.4.1 Criterios de inclusión.....	44
3.4.2 Criterios de exclusión.....	44
3.5 Metodología.....	44
3.6 Variables evaluadas.....	45
3.7 Técnica de toma de mediciones.....	46
3.7.1 Mediciones antropométricas.....	46
3.7.2 Patrón de referencia para valoración nutricional.....	47
3.7.3 Patrón de referencia para valoración de los parámetros hematológicos.....	47
3.7.4 Muestra para hemograma.....	48
3.7.5 Cuestionario de actividad física.....	48
3.7.6 Evaluación del Gasto Energético en Reposo (GER).....	48
3.7.7 Determinación del Gasto Energético Total (GET).....	50
3.8 Análisis estadístico.....	50
3.8.1 Estadística descriptiva.....	50
4. Consideraciones éticas.....	53
5. Resultados.....	55
5.1 Tamizaje nutricional.....	55
5.1.1 Talla para la edad.....	55
5.1.2 Índice de masa corporal para la edad.....	56
5.2 Resultados en la población muestra de estudio.....	58
5.2.1 Parámetros hematológicos, variables relacionadas con estado nutricional, composición corporal.....	58
5.2.2 Variables relacionadas con el Gasto Energético.....	61
5.2.3 Nivel de Actividad física.....	62
5.2.4 Correlación de variables.....	62

5.2.5 Comparación de GER y GET obtenidos vs las recomendaciones FAO/OMS/ONU 2001, NEE (Instituto de Medicina E.U.) y de la población colombiana (ICBF).	65
5.2.6 Modelo de regresión lineal	66
6. Discusión.....	71
7. Conclusiones y recomendaciones.....	75
7.1 Conclusiones.....	75
7.2 Recomendaciones.....	77
A. Anexo: Consentimiento informado	79
B. Anexo: Asentimiento informado	83
C. Anexo: Formato de registro.....	87
D. Anexo: Base de datos de las variables evaluadas.....	91
E. Registro Fotográfico	95
F. Anexo: Glosario.....	97
Bibliografía	99

Lista de gráficos

	Pág.
Gráfico 1. Energía proveniente de los alimentos	10
Gráfico 2. Distribución porcentual según indicador Talla/Edad (n = 544 escolares)	56
Gráfico 3. Distribución porcentual según indicador Talla/Edad, por género(n = 544 escolares)	56
Gráfico 4. Distribución porcentual según indicador IMC/Edad (n = 544 escolares).....	57
Gráfico 5. Distribución porcentual según indicador IMC/Edad, por género (n = 544 escolares)	57
Gráfico 6. D.S. de T/E, según género Gráfico 7. D.S. de IMC/E, según género.....	60
Gráfico 8. Correlación de la edad, talla, peso e IMC con el GER en niños y niñas de 8 – 10 años.	63
Gráfico 9. Correlación de la antropometría del brazo y el porcentaje de grasa corporal con el GER.	64
Gráfico 10. Correlación de la frecuencia cardiaca, consumo de oxígeno (VO_2), producción de dióxido de carbono (VCO_2) y Cociente Respiratorio (RQ) con el GER	64

Lista de abreviaturas

Abreviatura	Término
AF	Gasto de Energía por Actividad física
ATP	Adenosin Trifosfato
CI	Calorimetría Indirecta
DLW	Método de Agua Doblemente Marcada
ENSIN	Encuesta Nacional de la Situación Nutricional
FC	Frecuencia Cardíaca
GEB	Gasto Energético Basal
GER	Gasto Energético en Reposo
GET	Gasto Energético Total
IMC/E	Índice de Masa Corporal para la Edad
MET	Índice de Consumo de Oxígeno
MG	Masa Grasa
MLG	Masa Libre de Grasa
NAF o PAL	Nivel de Actividad Física
NEE	Necesidades Energéticas Estimadas
RQ	Cociente Respiratorio
TA	Termogénesis por alimentos
T/E	Talla para la edad
VO ₂	Consumo de Oxígeno
VCO ₂	Producción de Dióxido de Carbono

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. Crecimiento físico de los escolares por grupos de edad y género	8
Tabla 2. Coeficientes de actividad física según el nivel de actividad. Instituto de Medicina	39
Tabla 3. Parámetros de clasificación nutricional según Z-score	47
Tabla 4. Rangos de normalidad de parámetros hematológicos	47
Tabla 5. Número de escolares de la muestra final del estudio, por IED y género	58
Tabla 6. Media, DS y límites de los parámetros hematológicos evaluados en los escolares, según género	58
Tabla 7. Media, DS y límites de las variables relacionadas con el estado nutricional de los escolares, según género	59
Tabla 8. Media, DS y límites de las variables relacionadas con la composición corporal de los escolares, según género.	60
Tabla 9. Media, DS y límites de las variables relacionadas con el Gasto Energético en Reposo (GER) de los escolares, según género	61
Tabla 10. Número de escolares con niveles de actividad bueno, regular y malo, según género.	62
Tabla 11. GER promedio obtenido en el estudio y comparado con las recomendaciones FAO/OMS/ONU 2001, Instituto de Medicina e ICBF, según género	65
Tabla 12. GET obtenido en el estudio y según las recomendaciones FAO/OMS/ONU 2001, por género	66

Introducción

El gasto energético en reposo (GER) representa entre el 65-75% del gasto energético total (GET) en la mayoría de los individuos sedentarios (Bandini & otros, 2002). Diversos estudios demuestran que el GER depende especialmente de la masa de grasa libre, aunque también de la edad y el sexo, los cuales son factores determinantes (Cunningham, 1991), (Rodríguez & otros, 2002), (Goran & otros, 1994).

La mayoría de estudios se han generado en países desarrollados, en Colombia no se han tomado como referencia estudios en los cuales se cuantifique de forma precisa las necesidades de energía para los diferentes grupos etarios, dado que las actuales recomendaciones del Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF) se establecieron a partir de la ingesta en el año 1992 y aún no hay nuevas recomendaciones de calorías y nutrientes para la población colombiana.

Las primeras recomendaciones de calorías y nutrientes se basaron en la ingesta energética; no obstante, dada la variabilidad y el alto grado de subjetividad que se presentaba en la ingesta en personas similares, se desarrollaron métodos como la calorimetría indirecta (CI) que permitieron dar unas recomendaciones con una precisión cercana a lo real (Ramírez, 1992).

El método de CI permite evaluar el GER de los individuos de manera precisa, sencilla, fácil y a menor costo, comparado con otros más exactos como la calorimetría directa (CD) y el de agua doblemente marcada.

El grupo etario correspondiente a la edad escolar, es considerado una población con variaciones determinantes en contextura física y composición corporal, por consiguiente, la valoración de su crecimiento y desarrollo junto con una alimentación equilibrada que satisfaga sus necesidades nutricionales es importante (Mata-Meneses, Moya-Sifontes,

Córdova, & Bauce, 2007). Por ello, conocer específicamente el GER de escolares en adecuado estado nutricional y los posibles factores determinantes del mismo, es elemental para evaluar con mayor precisión las causas que provocan los desbalances energéticos y/o metabólicos y actuar en consecuencia para mejorarlos.

En consideración con lo anterior, el presente estudio permitirá conocer el gasto energético en reposo de una muestra de escolares entre 8 y 10 años por calorimetría indirecta a altitud intermedia, para obtener el gasto energético total y comparar los resultados con las recomendaciones de energía para Colombia, las de FAO/OMS/UNU 2001 y las del Instituto de Medicina de Estados Unidos.

El alcance de este estudio como un primer acercamiento a la determinación del GER de escolares entre 8 y 10 años determinado a partir de calorimetría indirecta, podrá contribuir con el análisis de las recomendaciones de calorías, datos disponibles para Colombia hace dos décadas, y a partir de los resultados de este estudio evaluar si los valores promedio están subestimando o sobreestimado las necesidades de energía para este grupo de escolares e identificarlas principales diferencias entre géneros y los valores de GER a una altitud intermedia de 2600 msnm. Lo anterior, considerando que la información obtenida en este estudio no puede ser extrapolada a todos los escolares colombianos entre 8 y 10 años por razones metodológicas que advierten la necesidad de realizar más estudios en esta población.

Planteamiento del problema

En el año 2001, el grupo de expertos de FAO/OMS/UNU demostró que las recomendaciones de energía del año 1985 sobreestiman las necesidades de energía en escolares (5-12% solamente en niños entre 7 y 10 años) y subestiman en adolescentes (12%).

Las recomendaciones de FAO/OMS/UNU-1985 para niños y adolescente se estimaron con base en ecuaciones de regresión, mientras que las actuales referencias (FAO/OMS/UNU -2001) tomaron como punto de partida los estudios que utilizaban la técnica de agua doblemente marcada e incluyeron estudios que empleaban el método de monitoreo minuto a minuto de la frecuencia cardiaca; así mismo, determinaron la adición o sustracción de 15% de energía en niños activos o poco activos, respectivamente. Estas consideraciones son importantes, teniendo en cuenta que el método de dilución isotópica por deuterio tiene alta precisión y mayor validez que si se dispusiera de datos determinados a partir de recomendaciones teóricas.

Actualmente, las recomendaciones de energía para Colombia no se encuentran actualizadas, fueron estimadas en la década del 80 y aún se encuentra en evaluación una propuesta de estas recomendaciones. Es fundamental que en la niñez se evalúe la recomendación de energía por las demandas para el crecimiento, y en caso contrario, por las implicaciones que tiene el exceder el consumo de calorías para el sobrepeso y la obesidad.

Por lo anterior, es conveniente determinar las necesidades reales de energía, considerando los cambios en composición corporal y el proceso de crecimiento y desarrollo que se está llevando a cabo en los escolares, para finalmente definir su propia composición corporal y estado nutricional. Las implicaciones de la sobrestimación de las recomendaciones de energía estarán reflejadas en problemas de sobrepeso y obesidad al llegar a la adolescencia, que posiblemente se relacionarán con trastornos de

alimentación que se podrían generar para contrarrestar esta problemática de exceso de peso que ya está presente tanto en la población escolar como adolescente.

Si bien, en Colombia la determinación de las necesidades energéticas no se ha realizado a partir de mediciones reales en la población, la calorimetría indirecta podría emplearse para determinar el gasto energético, al ser catalogada como un método fiable y eficaz para estimar el gasto energético en reposo y considerada como uno de los pilares de investigación en las últimas décadas, debido a factores confluente tales como el mayor interés de la población por los temas nutricionales, la alimentación y el ejercicio. Por ello, la determinación del gasto energético en reposo se considera fundamental en la evaluación de las recomendaciones tanto de referencia internacional como nacional con el fin de demostrar las necesidades de energía para el gasto en reposo y a partir de este valor determinar el gasto energético total.

Justificación

Actualmente, se utilizan las recomendaciones de energía establecidas en Colombia en la década del 80, puesto que las nuevas aún no han sido aprobadas por el Ministerio de Protección Social, o se hace uso de las recomendaciones de energía de referencia internacional (FAO/OMS/UNU 2001). No obstante, el empleo de una u otra no es confiable, puesto que la primera se realizó a partir de supuestos teóricos y la última incluyó población de países desarrollados.

En comparación con estimaciones previas realizadas por los expertos de la FAO/OMS/UNU en 1985, las necesidades energéticas propuestas para el 2001 son en promedio 12% y 5% menores para niños y niñas entre 7 y 10 años de edad, respectivamente. Adicionalmente, los requerimientos de energía fueron ajustados a partir de los 6 años de edad por la actividad física asociada con diversos estilos de vida, basados en evaluaciones del esfuerzo físico habitual de niños y adolescentes en distintas sociedades.

Dada la necesidad de determinar estas recomendaciones de energía de forma más precisa, la evaluación del gasto energético en reposo mediante calorimetría indirecta es una herramienta útil, teniendo en cuenta sus ventajas de alta precisión en comparación con otros métodos de cuantificación de las demandas de energía. Además, no se cuenta con estudios de carácter científico que hayan caracterizado a la población colombiana en relación con el gasto energético en reposo y/o que emplearan esta técnica; realmente es un campo poco explorado en Colombia.

Por otra parte, el conocimiento del gasto energético en reposo (GER) de escolares con adecuado estado nutricional permitirá identificar el comportamiento energético de esta

población objeto de estudio en una altura determinada. Lo anterior, podría coadyuvar con el desarrollo de más investigaciones en este campo a través de calorimetría indirecta, para evaluar de forma más detallada este grupo poblacional en diferentes condiciones relacionadas con nutrición, salud, altura sobre el nivel del mar, aspectos socioeconómicos y culturales; con el fin de establecer requerimientos y recomendaciones de energía precisos así como metas nutricionales en busca de una mejor calidad de vida a lo largo del ciclo vital.

De ahí que, el presente estudio permitirá caracterizar el gasto energético en reposo de escolares con adecuado estado nutricional y, establecer indirectamente diferencias entre el gasto energético en reposo determinado por calorimetría indirecta y las recomendaciones de energía para la población escolar entre 8 y 10 años, así como las diferencias por género.

Los resultados de este estudio pueden ser el primer referente nacional para evaluar, comparar y realizar los ajustes respectivos y necesarios a las recomendaciones de energía, dada su utilidad en la planeación dietaria y en los programas de alimentación y nutrición dirigidos a esta población, teniendo en cuenta que la población objeto de estudio son escolares entre 8 y 10 años y que sus condiciones geográficas de altitud intermedia, en teoría impone una carga biológica adicional por hipoxia hipobárica y por temperatura medio ambiental que puede afectar el desempeño de un organismo y expresarse en la demanda calórica que debe generarse para un estado saludable.

1. Marco teórico

1.1 Población escolar

Los escolares son una población en constante crecimiento y desarrollo, por tanto, esta etapa del ciclo vital les permite adquirir capacidades y habilidades. El progreso en estas características depende del balance energético, el cual debe ser continuo para llegar a la adolescencia con un estado nutricional y de salud acorde con la nueva etapa de crecimiento y desarrollo que se inicia.

De igual forma, en esta etapa el niño comienza a establecer patrones de conducta y de comportamiento más firmes; de ahí que, es importante ser disciplinado en todo lo que corresponde a la alimentación: horarios de las comidas, variedad de menús, entre otros. El niño necesita y debe tener una alimentación variada que le permita crecer, desarrollarse y mantenerse sano.

1.1.1 Composición corporal

El crecimiento de la capa grasa subcutánea tienen una tendencia diferente al resto de los tejidos: aumenta desde el nacimiento hasta los 9 meses, a partir de esta edad tiene una velocidad de crecimiento muy lenta hasta los 6 a 8 años. Cuando empieza a aumentar de nuevo en forma muy rápida, se presentan diferencias entre géneros, dado que las mujeres acumulan grasa subcutánea más rápidamente y en mayor magnitud que los hombres (Mora, Rey, Peña, Rodríguez, Guevara, & Jáuregui, 1993), (Castro & Durán, 2003).

Estas diferencias son de alrededor de 2% en los niños de 5 años. Durante la infancia intermedia, entre los 5 y 8 años de edad, ocurre una "onda de grasa" o "rebote de adiposidad" preadolescente, el cual es crucial para el desarrollo de la obesidad. La grasa corporal total sigue en aumento durante la adolescencia a un ritmo estimado de 1,4 Kg/año en las niñas y 0,6 Kg/año en los niños. El porcentaje de grasa corporal aumenta desde un 20% hasta 26% en las niñas entre 9 y 20 años, pero disminuye en los niños desde alrededor de 17% hasta 13% después de los 13 años a medida que aumenta con rapidez la masa libre de grasa (MLG)(Baumgartner, 2005).

1.1.2 Crecimiento

"El niño crece y se desarrolla de manera gradual y progresiva en las tres áreas: biológica, psicológica y social, a la vez que se va apropiando de la cultura, donde él es transformado y a la vez transforma su entorno.

A pesar de seguir patrones de crecimiento similares, se presentan diferencias interpoblacionales entre los grupos étnicos y entre cada individuo (propio ritmo de crecimiento), debido a la situación socioeconómica y emocional y la alimentación; no obstante, para comprender y evaluar el proceso de manera global, se han establecido características comunes del crecimiento físico por edades o momentos del desarrollo” (Castro & Durán, 2003):

Tabla 1. Crecimiento físico de los escolares por grupos de edad y género

GÉNERO	EDAD (años)	PESO (Kg/año)	TALLA (cm/año)
Femenino	6-8	2 – 2.5	5 – 6
	8-10	3 - 4	5 – 6
	10-11	4.5	6.5
	11-12	4.5	6.5
Masculino	6-8	2 – 2.5	5 – 6
	8-10	2.5 – 3	5 – 6
	10-11	3.9	5.8
	11-12	4.5	6.4

Fuente: Castro, C. C: Durán, S. E. Capítulo 37. Crecimiento y desarrollo. Facultad de Medicina. Universidad Nacional de Colombia 2003.

“La lenta ganancia de peso y talla en la edad escolar comparada con otras etapas, se debe a la desaceleración característica del periodo posnatal en sus etapas infantil y pre-escolar.

Los patrones convencionales de normalidad han sufrido variaciones resultantes de tendencias seculares demostradas, tales como el alcance de una estatura final mayor, adolescencia más temprana, mayor aceleración del crecimiento físico, incremento del tamaño corporal y logro de la madurez en un período de tiempo más corto. Estas tendencias se han atribuido al mejoramiento de factores ambientales y condiciones nutricionales, con disminución contigua de la morbilidad” (Mora, Rey, Peña, Rodríguez, Guevara, & Jáuregui, 1993).

1.1.3 Estado nutricional

Siendo el estado nutricional el resultante del balance entre la ingesta y las necesidades energéticas y de nutrientes del organismo, éste es dependiente de la interacción entre la dieta, factores relacionados con la salud y el entorno físico, social, cultural y económico. En este orden de ideas, la malnutrición describiría una condición patológica a causa del desequilibrio en el estado nutricional, por un déficit en la ingesta de nutrientes, un estado de sobrenutrición o una alteración en la utilización de los nutrientes en el organismo.

Según la ENSIN 2010, los indicadores Talla para la Edad e Índice de Masa Corporal para la Edad, permitieron evidenciar que aproximadamente entre el 58% y 60% de los niños colombianos entre 5 y 17 años de edad presentan un adecuado crecimiento en talla y, el 80% de estos niños presentaron un adecuado peso con relación a la talla. Los

porcentajes restantes corresponden a problemas de retraso en crecimiento y sobrepeso u obesidad, respectivamente; siendo más prevalente la desnutrición y obesidad en los niños y el sobrepeso en las niñas. Los problemas de malnutrición por exceso se evidencian en mayor porcentaje en las ciudades capitalinas (Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, 2010), valores que aún no se evalúan específicamente por altitud sobre el nivel del mar.

1.2 Metabolismo energético

1.2.1 Aspectos generales

Los procesos que se producen para lograr que los nutrientes pasen de la boca a la sangre, a través del intestino se denominan: digestión y absorción. Posteriormente se realiza la utilización de las moléculas más sencillas obtenidas de las proteínas, las grasas, y los carbohidratos, los cuales tienen la capacidad de metabolizarse en las células por medio del ciclo de Krebs a la forma energética indispensable para el organismo que es el ATP. Para resumir, la energía que está contenida en los enlaces químicos de los alimentos se libera por procesos y en la etapa final o metabolismo, esta misma energía es utilizada para realizar los procesos fisiológicos indispensables para mantener la vida (Guevara, 2010).

El metabolismo transforma la energía química de los nutrientes en sustancias propias como la fosfocreatina y el adenosintrifosfato (ATP). Luego la energía del ATP puede utilizarse nuevamente para el trabajo mecánico (músculos), la síntesis de numerosas sustancias como proteínas estructurales, enzimas, urea, etc., y la conformación de gradientes de concentración (Na, K, Ca, entre otros) cuya energía potencial posibilita la estimulación eléctrica de las células o el transporte secundario activo de otras sustancias. Durante todas estas transformaciones energéticas siempre se libera calor. Si los nutrientes se oxidan ("se queman") totalmente, es decir que con O_2 se degradan a CO_2 y H_2O , su contenido energético biológicamente aprovechable corresponde a su valor calórico (Silbernagl & Despopoulos, 2008).

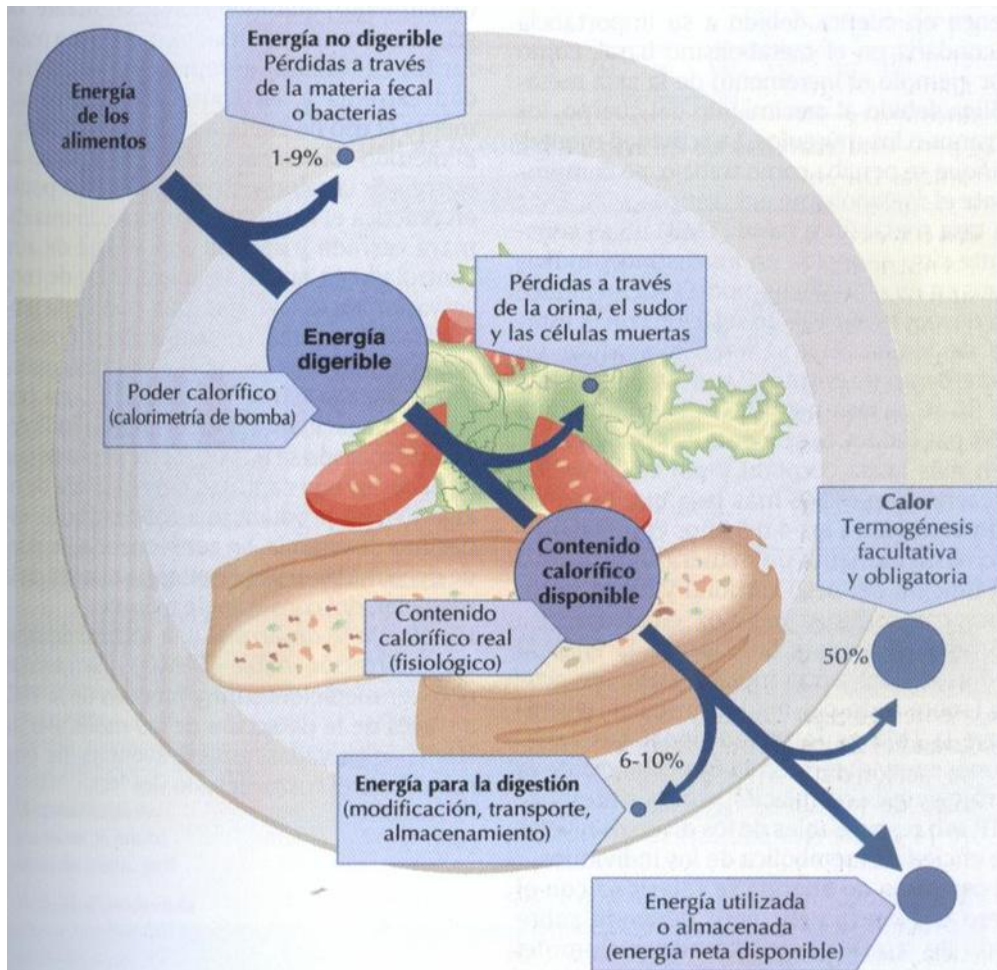
El concepto de balance metabólico fue propuesto por Boussingault, quien planteó que existe un equilibrio entre las sustancias que se ingieren y las que el organismo elimina. El mismo principio se aplica a la energía, porque cuando el organismo la utiliza se transforma en calor (Burkirk & Méndez, 1980), de esta manera se entiende que en el organismo se cumplen los principios de la termodinámica: la energía se transforma.

Para entender los procesos entre la ingesta y el gasto energético es fundamental describir el aprovechamiento de energía posterior al consumo de alimentos y los componentes del gasto energético.

Cuando los alimentos son ingeridos, inicialmente hay energía bruta que corresponde al 100% y al efectuarse la digestión, la energía digerible abarca entre 91 y 99%, por lo tanto la energía no digerible está representada por las pérdidas en heces que es la diferencia, entre 1 -9%. Posteriormente sigue el proceso de absorción partir del cual una parte de la energía se pierde en la orina, finalmente se cuenta con la energía metabolizable o rendimiento calórico, el cual se distribuye para cada uno de los

componentes del gasto energético como metabolismo basal, actividad física y efecto térmico(Guevara, 2010) (Ver gráfico 1)

Gráfico 1. Energía proveniente de los alimentos



Fuente: Biesalski H. Grim P. Nutrición. Texto y Atlas. Editorial Médica Panamericana. 2008

La energía digerible está representada por los nutrientes tras su digestión, los cuales son absorbidos a nivel intestinal. Gran parte de esa energía se utiliza metabólicamente y otra parte normalmente pequeña, se pierde a distintos niveles, destacando las pérdidas urinarias, especialmente en forma de urea. La urea, producto final de la degradación catabólica de las proteínas (junto a CO_2 y H_2O), aún posee una apreciable energía química en sus enlaces moleculares (1,2 Kcal/g). (Mataix Verdú & Martínez Hernández, 2009).

La energía resultante de deducir a la energía digerible las pérdidas urinarias es lo que se ha denominado energía metabolizable, la cual se podría medir determinando la energía residual de heces y orina mediante bomba calorimétrica y restando este valor de la energía bruta. Con el fin de estimar de un modo sencillo esa energía metabolizable, se

establecieron unos factores calculados inicialmente por Atwater, que son los valores por los que se debe multiplicar los hidratos de carbono, grasa y proteína (y alcohol). Estos factores se utilizan en la práctica diaria para determinar el valor calórico utilizable de los alimentos: 9 Kcal/ g en caso de grasa, 4 Kcal/g en hidratos de carbono y proteínas y 7 Kcal/g para el alcohol; son también conocidos como valores fisiológicos de combustión(Guevara, 2010).

La energía metabolizable corresponde a la energía que queda posterior a la absorción y por medio de las reacciones en la célula se convierte en ATP, el cual es la energía que el organismo utiliza para efectuar las funciones vitales.

El 50% de la energía metabolizable (también denominada contenido calorífico fisiológico) de los nutrientes energéticos metabolizados se convierte en energía calórica de inmediato. Un pequeño porcentaje se utiliza para la digestión, la modificación, la distribución y el almacenamiento de los nutrientes energéticos; este efecto térmico postprandial de los alimentos suele denominarse “acción dinámica específica”. El efecto térmico de los alimentos proteicos oscila entre 14 y 20%, el de los hidratos de carbono entre 4 y 10% y el de los lípidos entre 2 y 4%. La energía real que pasa a constituir ATP procede del 40% remanente. En consecuencia, siempre se consume más energía que la que finalmente se transforma en ATP(Biesalski & Grim, 2008).

Para entender el mecanismo refinado a través del cual el organismo en sus células produce ATP, es necesario definir el metabolismo como el conjunto de reacciones que se generan para sintetizar compuestos (anabolismo) o reacciones que consumen energía y para degradar compuestos (catabolismo) o reacciones que liberan energía. El ATP (adenosintrifosfato) es la molécula que participa permanentemente entre las reacciones de anabolismo y catabolismo y el acople de las mismas intercambiando energía entre las células (Guevara, 2010).

Los principales aspectos del metabolismo celular son expuestos por (Voet & Voet, 2006) y (Teijón, Garrido, Blanco, Villaverde, Mendoza, & Ramírez, 2006)a continuación:

El cuerpo humano obtiene la energía de los alimentos. Para utilizar la energía química es necesario que ésta se transforme y se almacene en adenosin trifosfato, éste es capaz de almacenar energía química en gran cantidad y a partir del mismo, el organismo obtiene la energía que necesita para sus procesos biológicos.

Este proceso energético caracterizado por una serie de reacciones que sufren los nutrientes al interior del organismo para convertirse en energía útil, se caracteriza por una fase anabólica que va acompañada de la acumulación de energía y que al ser requerida se transforma en adenosin trifosfato (ATP) y por una fase catabólica que libera la energía necesaria.

El ATP está conformado por tres enlaces de fosfato de alta energía, la cual se libera al romperse uno de estos enlaces. La formación de un enlace fosfoanhidro (entre dos P) es una reacción fuertemente endergónica que requiere 7.5 Kcal y la hidrólisis de este enlace libera la misma cantidad de energía.

La respiración aeróbica (o aerobia) es un tipo de metabolismo energético en el que los seres vivos extraen energía de moléculas orgánicas, como la glucosa, por un proceso

complejo en el que el carbono es oxidado y en el que el oxígeno procedente del aire es el oxidante empleado. En otros metabolismos, el oxidante es distinto al oxígeno (respiración anaeróbica).

El oxígeno como cualquier gas atraviesa sin obstáculos las membranas biológicas, traspasa primero la membrana plasmática y luego las membranas mitocondriales, siendo en la matriz de la mitocondria donde se une a electrones y protones (que sumados constituyen átomos de hidrógeno) formando agua. En esa compleja oxidación final y en los procesos anteriores se obtiene la energía necesaria para la fosforilación del ATP.

Durante la realización de actividad física en el organismo se generan una serie de procesos para obtener ATP como fuente energética inmediata. Los tres sistemas suministradores de energía son:

- ❖ Anaeróbico aláctico: Primera forma de obtención de energía, fundamental cuando el O_2 transportado es insuficiente para cubrir las necesidades de los músculos. Se produce poco ATP pero la recuperación es rápida (aproximadamente en 1 minuto se ha recuperado el 90%). Esta vía se agota a los 15-20 seg.
- ❖ Anaeróbico láctico: Se desarrolla mediante la glucogenólisis o degradación del glucógeno y por la glucólisis o degradación de la glucosa, puesto que el único nutriente que puede producir energía sin la utilización de O_2 son los hidratos de carbono. Durante este proceso que finalmente degrada la glucosa a ácido pirúvico en el músculo se producen tres moléculas de ATP. La recuperación de esta vía es lenta (aproximadamente 1 hora)
- ❖ Aeróbico: Se conoce como la vía oxidativa aeróbica. En este sistema los sustratos son oxidados hasta formar CO_2 y H_2O , extrayendo de éstos toda la energía disponible. Los ácidos grasos y el ácido pirúvico procedente de la glucosa pueden oxidarse aeróbicamente, produciendo mayor cantidad de energía. La recuperación de esta vía es larga (aproximadamente 48 horas en el caso que se acabarán los depósitos de glucógeno).

1.2.2 Aspectos fisiológicos del oxígeno y dióxido de carbono

Los aspectos fisiológicos del oxígeno como del dióxido de carbono son expuestos por (Guyton & Hall, 2006) y éstos se presentan a continuación:

- Los objetivos de la respiración son propiciar oxígeno a los tejidos y retirar el dióxido de carbono. Para conseguir estos objetivos la respiración se puede dividir en cuatro funciones principales:
 1. Ventilación pulmonar, se refiere al flujo de entrada y salida de aire entre la atmósfera y los alvéolos pulmonares.
 2. Difusión de oxígeno y de dióxido de carbono entre los alvéolos y la sangre.
 3. Transporte de oxígeno y de dióxido de carbono en la sangre y los líquidos corporales hacia las células de los tejidos corporales y desde las mismas.

4. Regulación de la ventilación y otras facetas de la respiración.

- Después que los alvéolos se hayan ventilado con aire atmosférico, la siguiente fase del proceso respiratorio, es la difusión del oxígeno desde los alvéolos hacia la sangre pulmonar y la difusión del dióxido de carbono en la dirección opuesta, desde la sangre.
- El aire alveolar no tiene en modo alguno las mismas concentraciones de gases que el aire atmosférico, hay varias razones para estas diferencias. En primer lugar, el aire alveolar es sustituido sólo de manera parcial por el aire atmosférico en cada respiración; en segunda instancia, el oxígeno se absorbe constantemente hacia la sangre pulmonar desde el aire pulmonar; tercero, el dióxido de carbono está difundiendo constantemente desde la sangre pulmonar hacia los alvéolos; y por último, el aire atmosférico seco que entra en las vías respiratorias se humedece, incluso antes de que llegue a los alvéolos.
- El oxígeno se absorbe continuamente desde los alvéolos hacia la sangre de los pulmones y continuamente se respira oxígeno nuevo hacia los alvéolos desde la atmósfera. Cuanto más rápidamente se absorba el oxígeno, menor será su concentración en los alvéolos y cuanto más rápidamente se inhale nuevo oxígeno mayor será su concentración.
- El dióxido de carbono se forma continuamente en el cuerpo y después se transporta por la sangre hacia los alvéolos; se elimina continuamente por la ventilación. Las concentraciones y las presiones parciales tanto del O_2 como del CO_2 en los alvéolos están determinadas por las velocidades de absorción o excreción de los dos gases y por la magnitud de ventilación alveolar.
- En condiciones normales aproximadamente el 97% del O_2 que se transporta desde los pulmones a los tejidos es transportado en combinación química con la hemoglobina de los eritrocitos. El 3% restante se transporta en estado disuelto en el agua del plasma y de las células de la sangre. Cuando la PO_2 es elevada, como en los capilares pulmonares, el O_2 se une a la hemoglobina, pero cuando la PO_2 es baja, como en los capilares tisulares, el O_2 se libera de la hemoglobina. Ésta es la base de casi todo el transporte del O_2 desde los pulmones hacia los tejidos.
- Cuando las células utilizan trifosfato de adenosina (ATP) para obtener energía, se convierte en adenosin difosfato (ADP). En condiciones de funcionamiento normales, la velocidad de utilización del O_2 por las células está controlada en último término por la velocidad del gasto energético en el interior de las células, es decir, por la velocidad a la que se forma ADP a partir de ATP.
- Todos los alimentos energéticos se oxidan en las células y liberan grandes cantidades de energía durante este proceso. La cantidad de energía liberada por la oxidación completa de un alimento se llama energía libre de la oxidación de alimentos; esta energía se expresa habitualmente en calorías por mol de sustancia. La energía proveniente de la oxidación de los macronutrientes se utiliza para transformar el ADP en ATP que luego se consume en distintas reacciones del organismo con estos fines: transporte activo de las moléculas a

través de las membranas celulares, contracción de los músculos y ejecución del trabajo mecánico, distintas reacciones de síntesis para crear hormonas, membranas celulares y muchas otras moléculas esenciales del organismo, conducción de los impulsos nerviosos, división y crecimiento celulares, y muchas otras funciones fisiológicas.

- Más del 95% de la energía consumida por el organismo proviene de reacciones con los distintos alimentos, se puede también calcular la tasa metabólica de todo el cuerpo con mucha precisión a partir de la tasa de utilización de O₂.
- Cualquier trastorno o situación que reduzca la cantidad de O₂ transportada a los tejidos aumenta habitualmente la producción de eritrocitos. A mayor altitud sobre el nivel del mar, donde la cantidad de O₂ en el aire está muy reducida, se transporta una cantidad insuficiente de O₂ a los tejidos y la producción de eritrocitos se ve muy aumentada.

1.2.3 Componentes del gasto energético

El cuerpo utiliza la energía procedente de los carbohidratos, las proteínas, las grasas y el alcohol de la dieta. La energía procedente de los macronutrientes está almacenada en los enlaces químicos de los alimentos y se libera cuando éstos se metabolizan. Aunque finalmente toda la energía adquiere la forma de calor, que se disipa hacia la atmósfera, previamente procesos celulares específicos hacen posible su uso para todas las tareas necesarias para mantener la vida. Entre estos procesos están las reacciones químicas desarrolladas para la síntesis y el mantenimiento de los tejidos corporales, la conducción eléctrica de la actividad nerviosa, el trabajo mecánico de los músculos y la producción de calor para mantener la temperatura corporal (Frary & Johnson, 2009).

Las necesidades energéticas se definen como la ingesta energética con la dieta que es necesaria para mantener el equilibrio energético en individuo sano de una edad, un sexo, un peso, una estatura y un nivel de actividad física definidos. En niños, las necesidades de energía incluyen las necesidades asociadas al depósito de tejidos (Frary & Johnson, 2009).

La regulación de la ingesta energética parece ser un determinante importante del mantenimiento del equilibrio energético en personas jóvenes de peso corporal normal. La energía ingerida a través de los alimentos no es aprovechada en su totalidad (López, Martínez, & Martínez, 2003).

El gasto energético está compuesto por el metabolismo durante el sueño, el costo energético de mantenerse despierto, la termogénesis y el costo energético de la actividad física. Las necesidades totales de energía de un individuo sano son la suma de los diferentes componentes que se pueden dividir en cuatro principales sub-grupos: gasto energético basal (GEB), termogénesis por alimentos (TA), gasto de energía por actividad física (AF) y crecimiento. Las necesidades de energía pueden verse afectadas por el estado nutricional, enfermedades subyacentes, el consumo de energía, las pérdidas de energía, la edad y el género. Estudios como el de Goran y colaboradores (1991) han encontrado que la masa libre de grasa (MLG), el género y las grasas son determinantes

importantes del gasto energético total (GET) en niños pre-púberes. Durante la pubertad y la adolescencia, el gasto de energía se ve afectado por el género, la composición corporal y la estación, pero no por la pubertad (European Society of Paediatric Gastroenterology, Hepatology and Nutrition - ESPGHAN, 2005).

Los componentes del gasto energético son los siguientes (European Society of Paediatric Gastroenterology, Hepatology and Nutrition - ESPGHAN, 2005):

- **Gasto Energético Basal (GEB) o Tasa Metabólica Basal (TMB):** Es la cantidad de energía necesaria para que se desarrollen los procesos vitales en el organismo, constituye el 60-75% del gasto energético total; es la fracción del gasto energético consumida por un sujeto que está acostado, en posición decúbito, en reposo físico y mental, tras 10 a 12 horas de ayuno y en condiciones de neutralidad térmica. Varios factores influyen en el metabolismo basal como el tamaño corporal, la distribución de la masa magra y grasa, la edad, el sexo, situaciones especiales como embarazo, fiebre, algunas enfermedades, factores genéticos, la actividad del sistema nervioso simpático y función tiroidea, entre otros (López, Martínez, & Martínez, 2003).

El GEB puede ser mayor en condiciones como inflamación, fiebre, enfermedades crónicas (cardíacas o pulmonares), o puede disminuir en respuesta a la poca ingesta de energía.

En la práctica, se mide el gasto energético en reposo (GER) en lugar del GEB. El GER comprende el GEB y la TA, no difiere en más del 10% del GEB y se evalúa en reposo físico y mental, tras 3 a 4 horas de ayuno y en condiciones de neutralidad térmica.

- **Termogénesis inducida por alimentos (TA) o Efecto Térmico de los Alimentos (ETA):** Refleja la cantidad de energía necesaria para la digestión de los alimentos, la absorción y parte de la síntesis y, se ve afectado por la vía de administración del sustrato (oral, enteral o parenteral). La termogénesis inducida por la dieta normalmente representa alrededor del 10% de las necesidades energéticas diarias.
- **Gasto de energía por Actividad física (AF):** Es la cantidad de energía gastada por los movimientos diarios y la actividad física. En los niños mayores, la actividad representa una proporción importante del gasto total de energía. “Estudios en humanos indican una elevación a corto tiempo en la GER en respuesta a eventos individuales de ejercicio”(Speakman & Selman, 2003).

El gasto de energía por actividad física (AF) pero no el tiempo de actividad total, está inversamente relacionado con la masa grasa (MG) en niños y adolescentes. Esto es probable porque la AF es el componente más modificable del GET, el balance de energía es más una función del gasto de energía por AF que del tiempo de actividad y porque a pesar de una incidencia incrementada de la obesidad, el consumo de energía de niños y adolescentes no ha cambiado perceptiblemente durante las cuatro décadas anteriores (Roemmich, Clark, Walter, Patrie, Weltman, & Rogol, 2000).

El gasto de energía por AF no está relacionado con la MLG en niños y adolescentes. La falta de relación con la MLG podría ser una función del comportamiento de la actividad física - no del peso -, incluyendo el movimiento y otras actividades sedentarias incluidas en gasto de energía por AF (Roemmich, Clark, Walter, Patrie, Weltman, & Rogol, 2000).

El recordatorio de actividad física no debe ser usado para determinar el GET de niños y adolescentes en una investigación, pero puede servir en estudios poblacionales prolongados, si se utiliza un valor apropiado de MET, término definido como el índice de consumo de oxígeno, utilizado para medir el gasto energético de una actividad determinada, dependiendo de la duración y la intensidad de la misma. En este sentido, es necesario utilizar y desarrollarse métodos más exactos para calcular el gasto de energía de niños y adolescentes (Roemmich, Clark, Walter, Patrie, Weltman, & Rogol, 2000).

Para obtener el GET en los niños normalmente se multiplica el GER por un factor de actividad y por el factor de crecimiento. El comité de expertos de la ONU (reporte 2001) recomendó reducir o incrementar en un 15% los requerimientos para aquellas poblaciones menos o más activas que el promedio, ofreciendo definiciones de éstas, a partir de los 6 años de edad (Sancho, Dorao, & Ruza, 2008).

Por otra parte, el gasto de energía por AF también se ha asociado con el peso del cuerpo. Algunos estudios como el de Abbott y Davies encontraron que este gasto de energía ajustado por el peso del cuerpo estaba significativamente correlacionado con el peso corporal, indicando una relación inversa importante entre AF y tamaño del cuerpo, por ejemplo, si los niños son más pesados gastan menos calorías. De ahí que, es importante tener en cuenta todas las actividades que se realizan en el tiempo libre, para ajustar las variables de gasto de energía apropiadamente, puesto que un ajuste inapropiado podría resultar en conclusiones engañosas (Abbott & Davies, 2004).

Técnicas diferentes se han utilizado para evaluar la actividad física, tales como cuestionarios, diarios, recordatorios de siete días, sensores de movimiento y agua doblemente marcada. Muchos de estos métodos calculan el gasto de energía asociado con la actividad. No obstante, los cuestionarios son más ampliamente utilizados para obtener información sobre la actividad física debido a su bajo costo, simplicidad y brevedad (Martínez, López, Varo, Sánchez, & Martínez, 2005).

En estudios como el de Rush, EC y cols., que buscan evaluar la composición corporal y la actividad física de niños entre 5-14 años de edad, se han utilizado cuestionarios relacionados con las actividades desarrolladas fuera de la escuela y los patrones de sueño. Los niños y sus respectivos padres fueron entrevistados para obtener información concerniente a los tiempos de inactividad y la actividad fuera del horario escolar. A partir del requisito estándar para la educación física en el currículo de las escuelas de Nueva Zelanda para niños de 5-16 años permitido dentro de la escuela, se estimaron los tiempos de actividad. Las horas de sueño se determinaron pidiendo el tiempo en que el niño iba a la cama y el

tiempo en que se levantó en la semana y los fines de semana. El tiempo dedicado a ver la televisión se obtuvo como el tiempo promedio por día de la semana y el fin de semana que se dedica a ello. Preguntas de la actividad para las actividades extraescolares se realizaron en relación a las actividades sentado o de pie, caminar y correr (Rush, Plank, Davies, Watson, & Wall, 2003).

Sin embargo, la revisión sistemática de Adamo y cols., mostró que las medidas indirectas sobrestimaban la actividad física evaluada en contraste con el método de acelerometría y monitoreo de la frecuencia cardiaca. En relación con los métodos indirectos, los resultados de esta evaluación indican que los investigadores deben ser cautelosos con la interpretación de los resultados cuando no se están proveyendo datos equivalentes (Adamo, Prince, Tricco, Connor-Gorber, & Tremblay, 2009).

Adicionalmente, métodos directos como el monitoreo de la frecuencia cardiaca (FC) también se ha criticado por la influencia de edad, tamaño corporal, proporción de masa muscular utilizada, estrés emocional y condición cardiovascular sobre la respuesta de la frecuencia cardiaca; así mismo, el método de agua doblemente marcada está limitado para capturar patrones, intensidad o duración de la actividad física (Adamo, Prince, Tricco, Connor-Gorber, & Tremblay, 2009).

Esta evaluación sistemática demuestra la oportunidad para aclarar que las discrepancias importantes en el resultado dependen de la herramienta de medición. La creación de pautas de actividad física aceptables y la determinación de las mismas están influenciadas por el método de valoración y la selección de herramientas de medición apropiadas, la cual debe tener en cuenta algunos factores únicos en la población pediátrica (Adamo, Prince, Tricco, Connor-Gorber, & Tremblay, 2009).

No sólo es relevante tener en cuenta el método de evaluación de la actividad física, sino también que, los niveles altos de actividad que puede ser conseguida por el ser humano no puede ser sostenida por un período largo y generalmente puede tener menos impacto sobre el balance de energía de 24 h., que el esperado; en contraste, la actividad menor que puede ser mantenida desde el principio hasta el fin del día puede hacer una diferencia de aproximadamente 20 % del gasto de energía en 24 horas (Dauncey, 1990).

Así mismo, se han realizado análisis estadísticos para determinar si la edad, el sexo, la etnia y tendencia temporal (año del estudio) afectaba la medición del nivel de actividad física (NAF). No obstante, se logró establecer que sólo la edad está significativamente asociada a las mediciones de NAF en niños y adolescentes (McCurdy & Xue, 2004).

- **Crecimiento:** A partir del tercer año de edad, los niños experimentan un crecimiento lento y continuo que pasa por la edad escolar hasta el comienzo de las manifestaciones puberales o etapa preadolescente, dependiendo la velocidad de crecimiento de la etapa de la vida, y a su vez del sexo, edad, actividad física y del estado fisiológico, metabólico y nutricional. La velocidad de crecimiento en

peso y talla es mayor en niñas que en niños (Mata-Meneses, Moya-Sifontes, Córdova, & Bauce, 2007).

Los rápidos cambios en la maduración de los órganos y la mayor velocidad de crecimiento durante los dos primeros años de vida y más tarde durante la adolescencia imponen necesidades extra de calorías en comparación con los adultos. La energía necesaria para mantener el crecimiento acelerado representa un 30-35% de los requerimientos de energía en recién nacidos a término y es mayor en recién nacidos prematuros, y disminuye a 3% en el segundo año (European Society of Paediatric Gastroenterology, Hepatology and Nutrition - ESPGHAN, 2005).

El crecimiento supone un 35% de los requerimientos energéticos diarios durante los primeros 3 meses de vida, que disminuyen progresivamente (6% a los 6 meses, 5% a los 12 meses, 3% en el segundo año de vida), y posteriormente permanece en torno al 1 o 2% hasta la adolescencia (Sancho, Dorao, & Ruza, 2008).

- **La recuperación del crecimiento:** Los niños necesitan más calorías para corregir su déficit de crecimiento (peso, talla). En estos casos, las necesidades de energía se pueden calcular sobre la base del percentil 50 de peso y la altura de la actual edad, en lugar del peso actual. Esta diferencia aporta calorías extra (por encima de las necesidades diarias) para lograr la recuperación del crecimiento. Por otra parte, el cálculo se puede basar en el peso real multiplicado por 1,2 a 1,5, o incluso en un 1,5 a 2 veces en los casos graves de falta de desarrollo, para proporcionar las calorías adicionales necesarias para alcanzar el crecimiento (European Society of Paediatric Gastroenterology, Hepatology and Nutrition - ESPGHAN, 2005).

1.2.4 Factores que afectan el gasto energético en reposo

Deben ser tomados en cuenta en el momento de la medición del gasto energético factores tales como:

- **Edad:** En los primeros años de vida el metabolismo basal es el más alto de toda la vida y después va disminuyendo gradualmente (Kcal/kg/min), explicado en el acelerado recambio de tejidos corporales en el período de crecimiento que se visibiliza en una mayor producción de calor y la disminución de la actividad física que desencadena la ganancia de peso con la edad después de la finalización del crecimiento.

Durante los años de la edad adulta, se plantea la hipótesis de que el GER disminuye de 1 a 2% por decenio, si se asume una estabilidad de peso durante este período (Gallagher & Elia, 2007). El ejercicio puede ayudar a mantener una mayor masa corporal magra, y por tanto, un mayor GER (Frary & Johnson, 2009).

Como está determinado por la masa magra, el GER es máximo durante períodos de crecimiento rápido. La energía adicional necesaria para sintetizar y depositar el tejido corporal es de aproximadamente 5 Kcal/g de tejido ganado. Los lactantes en crecimiento pueden almacenar hasta el 12% al 15% del valor energético de los alimentos en forma de nuevo tejido. A medida que el niño se hace mayor, la necesidad calórica para el crecimiento se reduce a aproximadamente el 1% de las necesidades energéticas totales (Frary & Johnson, 2009).

Actualmente, según, las recomendaciones de FAO/OMS/UNU-2001, la energía necesaria para síntesis de tejido corporal y crecimiento que se debe tener en cuenta corresponde a 2 Kcal/g de tejido ganado, valor que se estimó con base en el GET calculado con las ecuaciones cuadráticas de la mediana del peso corporal en la mitad de cada año de edad, el cual debe ser adicionado al GET (Torun, 2005).

- **Género:** El metabolismo basal de los hombres es inferior al de las mujeres, así mismo, el gasto energético de las niñas es menor que en los niños, explicado en parte por la mayor masa muscular que poseen los hombres y la mayor masa grasa que tienen las mujeres, lo cual sugiere una regulación diferente de la utilización de energía entre los dos sexos (Gallagher & Elia, 2007).
- **Estado nutricional:** El gasto energético total es muy alto en los obesos extremos y aumenta cuando aumenta el IMC, por tanto tienen que consumir niveles muy altos de energía alimentaria para mantener su exceso de peso (Das & al., 2004), (Rodríguez, y otros, 2002). El GER permanece bajo durante la restricción calórica prolongada, esto puede deberse a la disminución de la masa libre de grasa asociada a pérdida de peso y a una mayor eficiencia metabólica derivada de la poca ingesta de energía (Gallagher & Elia, 2007), (Florito, 2001).

Composición corporal: Los compartimentos de la composición corporal en términos de grasa o tejido adiposo y MLG tienen requerimientos energéticos específicos muy diferentes. Holliday (1971, 1986) planteó que la disminución del GER durante el crecimiento y desarrollo es secundaria a los cambios en la composición corporal, a pesar del aumento significativo de la masa de tejidos del músculo esquelético y adiposo conforme aumenta la edad, los cuales representan tejidos de bajo índice metabólico en estado de reposo (Gallagher & Elia, 2007). El músculo esquelético es el segundo componente más variable, después de la masa grasa. En general, el crecimiento y desarrollo es un período de acumulación rápida de músculo esquelético, con dimorfismo sexual marcado en la adolescencia (Baumgartner, 2005).

La masa grasa es el componente más variable de la composición corporal; la variabilidad entre un individuo y otro va desde 6% hasta 60% del peso corporal total, situación que está sujeta a los cambios propios de la edad (Baumgartner, 2005). En el cálculo de GER, la grasa de cuerpo y la distribución en el mismo parecen tener un papel adicional en niños con un grado más alto de adiposidad (FY Chan, y otros, 2009).

La masa libre de grasa (MLG) aumenta durante el crecimiento, es relativamente estable a lo largo de la madurez y disminuye durante la senectud. Los cambios

con la edad muestran un dimorfismo sexual marcado que se inicia alrededor de los 13 años, cuando los niños desarrollan más masa muscular y ósea que las niñas (Baumgartner, 2005). La masa corporal magra es uno de los factores más influyentes en un patrón de variación del GER, aunque algunos sujetos con la misma masa magra pueden presentar variaciones, por ello se considera que la variación residual de la tasa metabólica en reposo es heredable y parece estar correlacionada con muchos factores fisiológicos y genéticos (Speakman & Selman, 2003).

Se ha determinado que en niños no obesos, la masa libre de grasa (MLG) explica el 73,1% de la variabilidad del GER, a lo que el género, edad y superficie corporal añaden un 3,8%, 2,6% y 2,6%, respectivamente. En el grupo de obesos, la MLG fue también el determinante más importante del GER con un 72,3%, seguido del perímetro de la cintura y de la edad con 2,5% y 2.1%, respectivamente. Estos resultados muestran que el mayor determinante del GER es la MLG en ambos grupos. La masa grasa, el desarrollo puberal y la obesidad de los padres no determinan de manera significativa el GER de los niños y adolescentes (Rodríguez, y otros, 2002).

Lo anterior también se corrobora en estudios como el de Marugán de Miguelsanz, JM y cols., en el cual el GER ajustado por MLG mostró una media significativamente mayor en el grupo con delgadez constitucional (CL) ($41,39 \pm 2,26$ Kcal/kg MLG) que los controles ($37,37 \pm 3,08$ Kcal/kg MLG) (Marugán de Miguelsanz JM, 2011). Otros investigadores también encontraron que la masa magra corporal fue el mejor predictor del gasto energético basal, mientras que el sexo o la edad tuvieron una influencia mucho menor. Lo que sugiere que las estimaciones del gasto energético basal a partir de la superficie corporal total debían su utilidad a una oculta correlación con la masa magra corporal en cada sexo. Esto se correlacionaría con la sugerencia de Benedict, de que la masa corporal activa determina el gasto energético basal (Florito, 2001).

- **Altura sobre el nivel del mar:** La altitud considerada como la distancia de un punto de la Tierra respecto al nivel del mar es definida de acuerdo a los siguientes parámetros: a nivel del mar (0–1000 m), baja altitud (1000–2000 m), moderada o intermedia altitud (2000–3000 m), alta altitud (3000– 5000 m), y altitud extrema (5000–8848 m) (Gore, Clark, & Saunders, 2007).

La presión barométrica a nivel del mar es de 760 mm Hg mientras que en Bogotá esa presión es de 560 mm Hg. Esta disminución de la presión barométrica es la principal causa de todos los problemas de hipoxia en la fisiología de las grandes alturas porque, a medida que disminuye la presión barométrica, la presión parcial de O₂ disminuye de manera proporcional. Incluso a alturas elevadas el CO₂ se excreta continuamente desde la sangre pulmonar hacia los alvéolos, y el agua se evapora en el aire inspirado desde las superficies respiratorias. Estos dos gases diluyen el O₂ de los alvéolos, reduciendo de esta manera la concentración de O₂ (Voet & Voet, 2006).

Durante la estadía en altitud se producen una serie de cambios metabólicos y de utilización del sustrato energético. Al llegar a altitud se produce un aumento del

metabolismo basal, fenómeno que tiende a normalizarse con la estadía prolongada (Venegas, 1999).

Dado que el ser humano puede habitar a diferentes altitudes, ha desarrollado procesos de adaptación (genotípica); por ello, han surgido ciertas características del desarrollo, comportamiento, morfología o fisiología en dicho ambiente como resultado de la selección natural, y a fin de mejorar su oportunidad para sobrevivir y dejar descendencia fértil. Una persona que permanece a alturas elevadas durante días, semanas o años se aclimata cada vez más a la PO₂ baja, de modo que produce menos efectos adversos sobre el cuerpo, y es posible que la persona trabaje más sin los efectos de la hipoxia o ascienda a alturas todavía mayores. Los principales mecanismos mediante los cuales se produce la aclimatación son: un gran aumento de la ventilación pulmonar, aumento del número de eritrocitos, de la capacidad de difusión pulmonar, de la vascularización de los tejidos periféricos y de la capacidad de las células tisulares de utilizar el O₂ a pesar de un PO₂ baja (Voet & Voet, 2006).

No obstante, también se ha involucrado la aclimatación o cambios compensatorios en el ser humano que viaja y permanece algún tiempo en estos sitios geográficos de grandes altitudes. Dicha aclimatación parece caracterizarse por un progresivo aumento en la contribución relativa de la oxidación de las grasas para satisfacer los requerimientos energéticos en reposo, el cual es más marcado en el ejercicio. La utilización de este sustrato se sustenta en el aumento de los niveles de norepinefrina desde las primeras horas de la estadía en altitud, estabilizándose en los días siguientes; este aumento de la norepinefrina en plasma estimula la lipólisis a nivel del tejido adiposo, liberando ácidos grasos libres (AGL) y glicerol en el torrente sanguíneo, lo que permitiría ahorrar glicógeno muscular (Venegas, 1999).

De ahí que, se sugiere que los seres humanos que viajan a grandes alturas experimentan un aumento en el GEB (cantidad mínima de energía necesaria para mantener la vida con procesos como la regulación de la temperatura corporal, la frecuencia cardíaca y la respiración). Este GEB se incrementa aproximadamente 17-27% en las primeras semanas tras la exposición a gran altura y poco a poco vuelve a los valores basales del nivel del mar, es decir, requieren más oxígeno a pesar de la baja disponibilidad de oxígeno. No obstante, el límite máximo de oxígeno que puede requerir un individuo se reduce cerca del 20-30% durante las primeras semanas y vuelve gradualmente a la normalidad en el transcurso de 1 año (a pesar de que no vuelve a la pre-exposición del nivel del mar de referencia) (Beall, 2007).

Por otro lado, las poblaciones nativas en grandes alturas como tibetanos y andinos tienen una tasa metabólica basal normal, esto implica que sus adaptaciones funcionales no supongan aumento de los requerimientos de oxígeno basal y por tanto, estas poblaciones nativas de gran altitud tienen adaptaciones que no provocan el consumo de oxígeno elevado. Sin embargo, los estudios han demostrado que los parámetros funcionales similares con relación a la entrega de oxígeno se alcanzan de manera diferente entre los nativos tibetanos en comparación con los andinos de gran altitud (Beall, 2007).

- **Raza y etnicidad:** Estas diferencias en el GER se han evidenciado en edades tempranas en niños prepúberes (Gallagher & Elia, 2007). El GET y GER relacionado con la actividad son similares en niños caucásicos y afroamericanos solamente después del ajuste por composición corporal (Sun & colaboradores, 1998).

Las diferencias también se han encontrado en relación con el VO_2 máx., el cual ha sido 15% más bajo en niños prepúberes afroamericanos versus caucásicos, independiente de la masa magra y grasa; revelando por tanto una capacidad aeróbica más baja relacionada con la resistencia de ejercicio reducida en niños afroamericanos. Todo ello atribuido a la masa libre de grasa que contiene más masa ósea y menos músculo esquelético comparado con los niños caucásicos (Trowbridge & colaboradores, 1997).

- **Fiebre y enfermedad:** Aumento del 13% por cada °C mayor de lo normal. Las enfermedades infecciosas además de disminuir la ingesta energética, aumenta el catabolismo. El GER aumenta de manera típica de acuerdo con la gravedad y la fase de la enfermedad (Gallagher & Elia, 2007).
- **Condición física:** Se describe mayor metabolismo basal en atletas entrenados. Se considera que en los deportistas (atletas entrenados) puede aumentar el metabolismo basal al aumentar las necesidades de proteínas (Hidalgo & Güemes, 2007).

Otros factores asociados son la genética, hormonas tiroideas y medicamentos.

Los factores determinantes del GER anteriormente mencionados han sido un objeto de investigación muy importante en la población escolar. El estudio realizado por Azcona y Frühbeck cuyo propósito fue valorar el GER en niños y adolescentes obesos y con normopeso a fin de poder evaluar la contribución de factores conocidos determinantes tales como edad, sexo, estadio puberal y composición corporal, evidencia una correlación del GER con el sexo ($r = 0,31$; $p < 0,001$), la talla ($r = 0,62$; $p < 0,001$), el peso ($r = 0,70$; $p < 0,001$), el estadio puberal ($r = 0,39$; $p < 0,001$), el IMC ($r = 0,49$; $p < 0,001$), la masa magra (kg) ($r = 0,67$; $p < 0,001$) y la masa grasa (kg) ($r = 0,40$; $p < 0,001$) y con la edad ($r = 0,40$; $p < 0,001$). No se encontró correlación entre el GER y el índice cintura/cadera ($r = 0,08$; $p = 0,245$) (Azcona & Frühbeck, 2009).

Adicionalmente este estudio encontró que el GER es significativamente superior en los hombres respecto de las mujeres ($p < 0,01$) y que aumenta con la edad. Al realizar un análisis de regresión lineal múltiple, se encontró que la edad y el sexo, la masa magra y la obesidad son las variables que determinan con mayor significación estadística, el GER ($R^2 = 0,57$). Este estudio permitió ratificar que el GER en el grupo de sujetos estudiado depende de la edad, el sexo y la composición corporal del sujeto, siendo el principal determinante la masa magra; y contradice lo expuesto por otros autores, dado que el estadio puberal no contribuye a modificar el GER (Azcona & Frühbeck, 2009).

Por otra parte, al evaluar el GER a partir de las ecuaciones de regresión de Fleisch, Donde $GER = 24 \cdot SC \cdot [54 - (0,885 \cdot Edad)]$ es para niños y $GER = 24 \cdot SC \cdot [54 - (1,045 \cdot Edad)]$ es para niñas, en niños que viven a moderada altitud -Arequipa, 2320 msnm- en relación

al índice nutricional, los resultados evidenciaron que los niños de ambos géneros con obesidad y sobrepeso presentaron mayor gasto calórico en reposo que los niños eutróficos y con bajo peso. A su vez, cuando se comparó por género, al igual que otros estudios, se observaron valores superiores de GER en los niños eutróficos en relación a las niñas eutróficas. En este estudio se observó que los sujetos con mayor porcentaje de grasa presentan un mayor GER. Este fenómeno se debe a que la masa grasa a pesar de ser metabólicamente menos activa que la masa magra, pero al estar presente en mayor cantidad, contribuye a incrementar el GER, así como a la mayor cantidad de masa magra que también suelen presentarlos sujetos obesos. Finalmente, ratifica que el GER aumenta en función de la edad en ambos géneros (Gómez, y otros, 2011).

El estudio de Dorothy FY Chan, y cols., el cual tenía como objetivo validar ecuaciones existentes para calcular el GER en niños obesos chinos y obtener una nueva ecuación de pronóstico, tomó mediciones de la distribución de la grasa en el cuerpo de esta población objeto y determinó el GER usando un circuito abierto de calorimetría indirecta en un ayuno de 4 horas por un período de 15 minutos. Al analizar las ecuaciones para determinar el GER en los 100 individuos, los resultados arrojaron una mediana de 7,1 MJ/d (1696 Kcal), siendo 7,3 MJ/d y 6,9 MJ/d para niños y niñas respectivamente. La nueva ecuación incluyó el logaritmo de la MLG, el índice de conicidad (Circunferencia de cintura y la relación peso/talla) y el índice de centralidad (relación pliegues subescapular/tríceps). No obstante, esta ecuación sólo puede ser aplicada en individuos que tengan características similares a las de los sujetos de estudio (FY Chan, y otros, 2009).

Los estudios han mostrado que el GER de niños con retraso en el crecimiento ha sido más bajo que los niños eutróficos de la misma edad. Esta reducción se debe al poco tejido metabólico activo, porque ninguna diferencia importante en el GER podía ser detectada después de que las diferencias en la masa corporal magra fueron controladas. Otro hallazgo importante en estos niños fue un cociente respiratorio más alto en el estado de ayuno y a los 30 minutos después de una comida. Estos hallazgos muestran que el niño con retraso en el crecimiento había deteriorado la oxidación de grasas comparado con los niños de control (sin retraso en el crecimiento) que vivían en el mismo ambiente. Por lo tanto, su metabolismo se altera de algún modo hacia la conservación de la grasa. En un seguimiento realizado durante 36 meses, después de los 24 meses se evidenció que las niñas con baja estatura presentaron un GER significativamente más bajo comparado con el grupo que tenía talla adecuada, probablemente como consecuencia de un incremento más bajo de la masa magra. Sin embargo, otros mecanismos pueden estar actuando en la conservación de energía y/o grasa corporal, porque la velocidad de ganancia del peso en las niñas con retraso en el crecimiento fue más alta comparada con las de estatura normal. Parece, por tanto, que en condiciones ambientales donde el consumo de energía y nutrientes es insuficiente o inadecuado, el organismo prefiere disminuir el crecimiento, el gasto de energía y la oxidación de grasa, pero incrementar la ganancia de peso (Martins, y otros, 2011).

Muchas hormonas actúan reduciendo el gasto de energía en las personas con desnutrición, y un decrecimiento en la concentración de triyodotironina representa un factor de ahorro de energía. La reducción en T3 reduce la termogénesis y el consumo de oxígeno, lo cual permite una mayor conservación de energía cuando hay escasez del sustrato (Martins, y otros, 2011).

Por otra parte, algunos estudios centrados en la evaluación de ecuaciones para determinar el GER, han evidenciado errores; tal es el caso de las ecuaciones propuestas por Henry y Rees y por Molnár y colaboradores, las cuales obtuvieron errores inferiores al 5%. Otras ecuaciones a pesar de no tener diferencias estadísticamente significativas sobreestiman los valores de GER por encima del 5%. Esa tendencia ya había sido detectada para las ecuaciones de Harris y Benedict, Schofield, WHO / FAO / UNU (1985) y Tverskaya y cols. Un estudio revela que en promedio las ecuaciones de Harris y Benedict, Schofield, WHO / FAO / UNU, Henry y Rees y Molnár y colaboradores, no se diferencian del método estándar, sin embargo, esas ecuaciones no consiguen estimar los valores con igual coherencia y magnitud (Santos da Fonseca, Da Silva Duarte, & Barbeta, 2010).

Para garantizar una mayor confianza en las mediciones de calorimetría indirecta, se debe llevar a cabo una cuidadosa calibración de los sensores de flujo, y las condiciones estándar para el descanso debe ser respetado. Éstos incluyen la longitud del período de ayuno y el descanso, logrando el estado de equilibrio y la evaluación de los datos para la validez fisiológica (Dos Santos, 2007: 1-301).

Una variedad de factores influyen el GER, sin embargo, el principal determinante es la masa libre de grasa que se reduce en aproximadamente un 2-3% por década en las mujeres y los hombres, según Arciero y colaboradores (1993). Las mujeres tienden a tener un GER significativamente más bajo en todas las edades como resultado de su reducida MLG. La masa extracelular tiene baja actividad metabólica, mientras que la masa celular, la cual corresponde entre el 50 y 60% de la MLG, es responsable de la mayor parte del metabolismo y está compuesta de las vísceras, cerebro, sangre y masa muscular. La mayoría del GER del cuerpo (aproximadamente 60%), está asociado con órganos tales como hígado, riñón, corazón y cerebro, que representan sólo alrededor del 5-6% del peso corporal total. Aunque el músculo esquelético es el mayor componente tisular del cuerpo, representa alrededor del 40% del peso corporal. Su GER estimado es bajo, por lo que su participación en el gasto total de energía del cuerpo es de aproximadamente 20 -25% (Dos Santos, 2007: 1-301).

Otros factores que influyen el GER son sexo y edad, con menores valores en mujeres e individuos viejos; esta relación es parcialmente explicada por los valores de MLG, donde un bajo peso necesariamente demandaría un reducido gasto de energía. Las mediciones del GER y el GET han mejorado el entendimiento de la fisiopatología de la obesidad y tiene el potencial de mejorar el manejo de la obesidad en niños. Las ecuaciones pediátricas de predicción del GER han sido desarrolladas usando variables tales como edad, estatura y peso corporal. Sin embargo, sólo 52-89% de la variabilidad del GER es explicada por estas ecuaciones. Se recomienda que el GER se mida en los niños siempre que sea posible para reducir el riesgo de errores de clasificación y errores con respecto a la estimación de la ingesta y balance de energía (Dos Santos, 2007: 1-301).

Las ecuaciones más extensamente usadas han sido las de Schofield (1985) y FAO/WHO/UNU (1985). Sin embargo, necesitan ser usadas con precaución ya que pueden sobreestimar o subestimar el GER en diferentes grupos. Estudios como los de Firouzbakhsh y colaboradores (1993) y Rodríguez et al (2002) recomiendan que podría

usarse la primera en niños que se encuentren entre el 90 y 110% de su peso ideal y la segunda en niños sanos” (Dos Santos, 2007: 1-301).

Los resultados del estudio de Wells y colaboradores muestran que los niños obesos tienen una masa grasa >30%, sin embargo, algunos niños control (eutróficos) también excedían el 30% de grasa. Al emplearse el método “ajuste de parejas”, las diferencias en tamaño y composición corporal total de niños obesos menos el control revelan que los niños obesos son 3.9 cm más altos que los niños de control. Las mediciones regionales de la composición corporal evidencian que la masa libre de grasa (MLG), masa grasa (MG) y el contenido mineral óseo difieren significativamente entre obesos y el control en las tres regiones (tronco, pierna y brazo); y consistente con los hallazgos, se encuentra que el 73% del exceso de peso de los niños obesos es masa grasa. Por tanto, los incrementos en peso son desproporcionadamente en grasa, aunque la masa magra y el contenido mineral óseo también aumentan (Wells, Fewtrell, Williams, Haroun, Lawson, & Cole, 2006).

Se efectuó un estudio en estudiantes activos entre 7 y 18 años de edad, de colegios oficiales y privados de la zona urbana de Cali, Colombia. La talla encontrada fue inferior a la de la población de referencia (niños y niñas de estas edades participantes en el Comité de expertos de la OMS de 1985) en todos los grupos de edad, estrato socioeconómico y para los dos sexos, fluctuando en la mayoría de las edades alrededor de $Z = -0.5$ DE. Por debajo de -2 DE se encuentra 7% de los hombres y 5% de las mujeres. Las diferencias de talla entre hombres y mujeres es mínima en las edades previas a la adolescencia para aumentar progresivamente desde los 11 años. Los hallazgos en Cali no muestran evidencia de desnutrición por déficit del peso para la talla sino de exceso especialmente en el estrato medio. Los resultados del estudio indican que la población escolarizada de Cali en su conjunto tiene una talla que aunque inferior a la población de referencia internacional es superior a la encontrada en estudios previos y parece ratificar la tendencia secular del crecimiento al presentarse valores de talla superiores en comparación con años anteriores (Gracia, de Plata, Rueda, & Pradilla, 2003).

La curva de crecimiento en talla de cualquier niño es la expresión de su potencial genético y el medio ambiente. Hay influencia marcada de la genética en el crecimiento que es uno de los rasgos más heredables en los mamíferos y el potencial de talla aún no se conoce en el humano. Las características corporales encontradas en los escolares de Cali indican que existe un aumento de talla y se mantienen las diferencias entre los diversos niveles de ingreso. Al mismo tiempo se ha iniciado un aumento de masa corporal asociado con un porcentaje de grasa corporal elevado en todos los niveles socioeconómicos, pero principalmente en la clase media (Gracia, de Plata, Rueda, & Pradilla, 2003).

En un estudio en el que atletas adolescentes que llevaban simultáneamente un diario de actividades (AD), el brazalete SenseWear y un diario de alimentos durante siete días consecutivos para evaluar su gasto energético total (GET) y la ingesta de energía total, se observó que este grupo de personas presentan altas demandas de energía (3196 kcal -AD- y 3012 ± 518 kcal -Brazalete-). Se concluyó que el brazalete estima de forma más precisa el costo de energía de la mayoría de las actividades debido a la mayor objetividad de este método con relación al diario de actividades diarias, y que el balance energético negativo presentado indica el probable subregistro de la ingesta dietética. No obstante, los autores consideran que el AD es una buena elección que puede

proporcionar datos fiables cuando se desea obtener información específica acerca de las actividades o cuando se examine una muestra grande de atletas al mismo tiempo; sin embargo, su uso exige instrucciones claras y motivadoras (Aerenhouts, Zinzen, & Clarys, 2011).

La altura representa un ambiente extremo. El ser humano siempre se ha caracterizado por su adaptabilidad a las diversas adversidades que puede ofrecer nuestro planeta, pero en este caso hay un límite. La disminución de la presión barométrica y, consecuentemente, una menor presión parcial de oxígeno, es un factor muy limitante. A partir de los 5.500 metros la presión barométrica es la mitad que a nivel del mar y la vida permanente por encima de esta cota se considera imposible. Los fenómenos adaptativos reflejan los efectos de la transmisión selectiva de variables genéticas y ambientales a través de cientos de generaciones. En las poblaciones indígenas andinas, estas se centran especialmente en la absorción, distribución y utilización del oxígeno en niños y adultos. Estos factores impactan finalmente en la morfología del pecho, el metabolismo y la hematología (Espinoza, Vega, Urrutia, Moreno, & Rodríguez, 2009).

La localidad de Putre se encuentra a una altitud de 3.500 msnm, con una población de 1.203 habitantes de los cuales el 52,9% es originario Aymará. Se caracteriza por un clima desértico y esteárico de altura, con una amplitud térmica de hasta 30°C, con valores mínimos en la noche de -10°C y hasta 20°C en el día. San Miguel de Azapa con una altitud de 500 metros, es un poblado rural con una población de 833 habitantes con un gran porcentaje Aymará, dedicados a la agricultura del valle de Azapa. Al evaluar sus condiciones se observó una disminución significativa del peso de los niños y niñas de Putre con respecto a la población de Azapa. En la talla sólo se muestra una disminución significativa en niñas de Putre respecto a niñas de Azapa; no se aprecian diferencias en el consumo máximo de oxígeno ni en la distancia recorrida en los 6 minutos de carrera continua entre ambas poblaciones de estudio. Los niños y niñas Aymará de Putre, presentaron peso y talla significativamente menores con respecto a la población Aymará de San Miguel de Azapa, lo que se expresa en un IMC con índices de desnutrición. Valores fisiológicos anormales en altitudes superiores al nivel del mar son muy frecuentes en la altura en niños y estos valores pueden además variar según la etnia y el grado de exposición a la altura, expresando una adaptación fenotípica, caracterizada por una reducción moderada del crecimiento lineal en los niños (Espinoza, Vega, Urrutia, Moreno, & Rodríguez, 2009).

Respecto al consumo máximo de oxígeno (VO_2) en esta investigación, no se encontraron diferencias significativas entre las poblaciones en estudio, con valores de 3277 hasta 3756 litros de O_2 por minuto. Esto indicaría que los niños de Putre expresan una adaptación característica a la altura andina. En población andina, Brutsaert y colaboradores (2003), observaron que los indígenas quechuas están más adaptados que los Aymará a la reducción del consumo máximo de oxígeno (Espinoza, Vega, Urrutia, Moreno, & Rodríguez, 2009).

1.2.5 Factores que afectan la termogénesis por alimentos y el gasto de energía por actividad física.

Los factores relacionados con el efecto térmico de los alimentos y la termogénesis por actividad han sido muy bien descritos en el libro “Krause Dietoterapia” (Frary & Johnson, 2009) y algunas precisiones se describen a continuación:

- La termogénesis por alimentos (TA) varía con la composición de la dieta y es mayor después del consumo de carbohidratos y proteínas que después de consumir grasas. La grasa se metaboliza de forma eficiente, con un desperdicio de sólo el 4%, en comparación con un desperdicio del 25% cuando los carbohidratos se convierten en grasas para su almacenamiento. Las mujeres que siguen un programa alimenticio regular tienen un mayor efecto térmico en este componente, que las mujeres que comen de forma irregular. Los alimentos picantes potencian y prolongan el efecto de la TA, por tanto pueden aumentar el GEB hasta un 33% más que las comidas no picantes, y este efecto puede durar más de 3 horas.
- Con relación al nivel de actividad física, el tamaño corporal y la eficiencia de los hábitos de locomoción individuales son los factores que más influyen en su alta variabilidad. El gasto de energía por AF disminuye con la edad, lo cual se asocia con el aumento de masa grasa y disminución de la masa muscular.
- El ejercicio habitual no produce un aumento prolongado significativo de la tasa metabólica por cada unidad de tejido activo, no obstante, produce una tasa metabólica 8% y 14% mayor en los varones en comparación con las mujeres que tienen una actividad moderada o intensa, respectivamente, debido a su mayor masa muscular. Estas diferencias parecen relacionarse con la persona y no con la actividad.

1.3 Evaluación del gasto energético

El gasto energético basal (GEB) o tasa metabólica basal (TMB) se define como el calor producido por un individuo al menos 12 horas después de la última comida, recostado, despierto, a temperatura ambiente y corporal normal y sin stress psicológico ni físico. La TMB se mide usualmente después del sueño nocturno, sin que la persona se mueva siquiera de la cama. Lo anterior plantea grandes inconvenientes logísticos al momento de diseñar investigaciones clínicas, debido al periodo de espera correspondiente a 10 horas después de la última comida, para alcanzar el estado postabsortivo donde los procesos digestivos han terminado por completo.

El gasto energético en reposo (GER) es medido en condiciones mucho menos rigurosas. Se determina en posición supina, a temperatura termoneutral y no requiere un período de ayuno tan prolongado; generalmente se elige el método de calorimetría indirecta, en el cual se cuantifica a tasa de consumo de O_2 que es convertido a energía y se identifica el cociente respiratorio (RQ). La principal diferencia entre GEB y GER, es que este último incluye la termogénesis inducida por los alimentos, así como componentes debido a stress físico o psíquico y variaciones en la temperatura corporal y ambiental. Sin

embargo, desde el punto de vista operativo, el GER es más funcional que el GEB. Algunos autores citan la diferencia entre estas dos mediciones en alrededor del 3% (Florito, 2001).

Un protocolo para la medición ambulatoria del GER que consiste en ayuno durante la noche, reposo de 5-10 min, 5-10 min de ajuste -estado estable- y 12-16 min de medición en los niños es suficientemente reproducible para propósitos más prácticos. Así mismo, permitir que los niños escuchen música o cintas de historia, probablemente tenga un efecto similar al demostrado en algunos estudios, en los cuales se evidenció que se podrían obtener datos de mayor calidad cuando a los niños se les permite ver televisión durante la medición del GER (Ventham & Reilly, 1999).

Valores razonables del gasto de energía pueden ser derivados de las fórmulas, según Schofield. Sin embargo, estas ecuaciones son especialmente inadecuadas en niños con alteraciones del crecimiento y de la composición corporal. El gasto energético en reposo (GER) puede medirse en lugar de calcularse para estimar las necesidades de calorías, teniendo en cuenta que existe variabilidad individual y sobre o subestimación de las ecuaciones de predicción (European Society of Paediatric Gastroenterology, Hepatology and Nutrition - ESPGHAN, 2005).

El desarrollo de métodos tales como calorimetría indirecta, agua doblemente marcada, registro de la frecuencia cardíaca (FC) y el método factorial ha permitido importantes avances en el conocimiento del gasto energético diario y sus principales componentes (Ventham & Reilly, 1999). En la actualidad, existen métodos directos e indirectos para la determinación del gasto energético. El método directo corresponde a calorimetría directa; mientras que los métodos indirectos incluyen agua doblemente marcada, calorimetría indirecta, acelerómetros, registro diario de actividades, mediciones metabólicas, del estado físico, antropometría, frecuencia cardíaca, cuestionarios autodefinidos y encuestas. Estas herramientas de evaluación han sido utilizadas para medir varias dimensiones y atributos de la actividad física y muchos métodos se han focalizado en la cantidad de energía gastada.

Se han publicado más de 200 ecuaciones; por ejemplo, la ecuación de Harris y Benedict que se ha utilizado con frecuencia desde su publicación (1919) para predecir el GEB en individuos adultos sanos y de peso normal. Sin embargo, existen evidencias de que la frecuencia de error en la estimación del GEB es alta usando esta ecuación (por lo general, sobreestimación), no es adecuada para estimar el gasto energético de individuos desnutridos y no está adaptada a la población pediátrica, aunque se puede utilizar a partir de los 10 años de edad. Fleisch desarrolló fórmulas para el cálculo del gasto energético en función del sexo y la superficie corporal, mientras que Talbot y Lewis diseñaron tablas de gasto energético en niños. Schofield evaluó los datos de 114 estudios sobre gasto energético y publicó otras ecuaciones en 2002 y 2004 para niños y adultos (Sancho, Dorao, & Ruza, 2008).

Estas ecuaciones predictivas se utilizan habitualmente para el tratamiento clínico de niños enfermos, sin embargo, fueron diseñadas para estimar las necesidades de niños sanos en su vida cotidiana y con un nivel normal de actividad física, por lo que no son adecuadas para el cálculo de los requerimientos energéticos en situación de enfermedad. El número de casos en estos estudios ha sido limitado, salvo algunos con más de 40

niños. En general, se ha encontrado que las fórmulas sobreestiman el gasto energético, aunque también se han hallado subestimaciones. Para intentar aproximarse a las demandas energéticas en estas situaciones, se publicaron para adultos coeficientes de estrés, y se encontraron sobreestimaciones con su uso (Sancho, Dorao, & Ruza, 2008).

En los resultados del estudio de M. Alonso Franch y cols., se pudo establecer una relación lineal entre las tres fórmulas (OMS, Schöfield, y las nuevas ecuaciones propuestas por Kuczmarski y colaboradores); sí existen diferencias significativas entre ellas, siendo las ecuaciones de la OMS las que ofrecen un GER mayor al de las otras dos fórmulas, mientras que la de Schöfield en las primeras etapas de la vida es la que ofrece unos valores más bajos para después colocarse entre los valores de la OMS y de Kuczmarski. Según la mayoría de los estudios, parece que las ecuaciones sobreestiman el GER en comparación con la calorimetría, pero no hay consenso entre los investigadores sobre cuál es la ecuación más adecuada. Para algunos autores, la ecuación de OMS es la que más se acerca a los valores de la calorimetría, mientras que, para otros son las ecuaciones de Schöfield (Franch, y otros, 2006), considerando que las del año 2002 y 2004 tratan de corregir la subestimación de la ecuación de 1985 especialmente en los menores de 3 años.

1.3.1 Calorimetría directa

Todos los procesos metabólicos que ocurren en el cuerpo terminan en la producción de calor, dada la relación directa entre el consumo de oxígeno y el gasto energético debido a la utilización de ATP y el restablecimiento de este último en más del 95% con la utilización de oxígeno (Ramírez, 1992).

Comprende la medición directa del calor producido a través de la evaluación de la cantidad de carbono eliminado y nitrógeno excretado, midiendo la pérdida de calor sin indicar qué tipo de combustible está siendo oxidado para producir ese calor. De esta forma la calorimetría directa es un importante método para estudios de termorregulación, pero tiene un valor relativamente menor para propósitos nutricionales (Florito, 2001).

Este método consiste en introducir a un individuo en una cámara hermética aislada donde debe permanecer durante un mínimo de 6-8 horas, y en la cual se registra el calor perdido por radiación, conducción, convección y evaporación. Esta técnica no está influenciada por los procesos metabólicos y por tanto es más precisa para la medición del gasto energético total (cámara de Atwater con una exactitud de 0,1%), por lo que es utilizada para la validación de otros métodos de medición. Los inconvenientes de este método se sustentan en su complejidad y laboriosa técnica, necesita una infraestructura determinada y requiere una gran inversión económica, debe realizarse en un ambiente artificial y es incapaz de cuantificar los distintos componentes del gasto. Por todo ello su utilización está relegada al campo de la investigación (Franch, y otros, 2006).

1.3.2 Agua doblemente marcada

Este método consiste en administrar una solución de agua enriquecida con deuterio y oxígeno. Posteriormente, los isotopos son medidos secuencialmente en una muestra de agua corporal (saliva, orina, plasma) a partir de diversas ecuaciones. La proporción de

cada isótopo eliminado da la medida de dióxido de carbono (CO_2) producido. El empleo de isótopos estables es considerado el método de referencia para la determinación del gasto energético de sujetos en su medio habitual, aunque se requieren equipos relativamente sofisticados para su cuantificación (López, Martínez, & Martínez, 2003).

Es considerada una de las técnicas más exactas para determinar el gasto energético en individuos. Por tanto, se considera el patrón oro para medir la exactitud de otras técnicas establecidas para estimar el gasto energético total (GET). Fue validada en seres humanos a principios de la década de 1980 y se ha comprobado una buena correlación de este método con la calorimetría indirecta tanto en adultos como en lactantes y niños. Puede proporcionar además, información precisa del gasto energético por actividad física, de las tasas de producción de CO_2 , de la ingesta de agua y de las pérdidas insensibles. No obstante, el alto precio del ^{18}O (Oxígeno) y ^2H (Deuterio), considerando que una dosis alcanza generalmente para 14 días y cuesta aproximadamente 800-1.000 euros, la necesidad de un espectrómetro de masas y el alto nivel de experiencia técnica requerido, han limitado la extensión del uso de este método a la investigación clínica. La máxima precisión se ha encontrado con períodos de 6 a 7 días en neonatos y niños, y de 14 días en los adultos (Sancho, Dorao, & Ruza, 2008).

La medición se basa en el equilibrio de las moléculas de oxígeno en el agua corporal y en el CO_2 espirado. Puesto que el ^{18}O (Oxígeno) se elimina como agua y como CO_2 , mientras que el ^2H (Deuterio) sólo como agua, la diferencia en las concentraciones de $^2\text{H}_2\text{O}$ y H_2^{18}O expresa la producción de CO_2 . La producción de CO_2 es un índice de los Requerimientos Energéticos Diarios, y éstos se calculan mediante ecuaciones respirométricas clásicas (ecuación de Weir y adaptaciones de ésta) a partir de la composición de la dieta (Sancho, Dorao, & Ruza, 2008).

1.3.3 Calorimetría indirecta

- **Antecedentes**

En 1777, Lavoisier midió la producción de calor en modelos animales utilizando un calorímetro de hielo y Crawford lo hizo también en Inglaterra quizás un poco antes; a partir de estos estudios, la medición de producción del calor por animales y humanos fueron ocasionales en los siguientes 100 años.

A partir de la clasificación de los alimentos en carbohidratos, proteínas y grasas, en 1840 por Liebig, los estudios se concentraron en la composición y oxidación de los alimentos.

En 1849, Regnault y Riesel realizaron los primeros estudios de calorimetría indirecta al demostrar que de la naturaleza del alimento consumido depende el cociente respiratorio; y en 1866, Pettenkofer y Voit construyeron la primera cámara respiratoria para evaluar el intercambio energético en el ser humano.

En 1894 y 1903, Rubner y Atwater respectivamente, demostraron que la ley de la conservación de energía era aplicable en los seres vivos. Por consiguiente, en la primera mitad del siglo XX, se desarrollaron aparatos para calorimetría directa y estudios del

intercambio de gases (calorimetría indirecta); mientras que en la segunda mitad surgió el concepto de composición corporal.

De ahí que, la investigación se ha intensificado al punto de medir el metabolismo energético en condiciones de vida normal durante 24 horas seguidas, durante las actividades diarias, considerados elementos clave para las primeras recomendaciones de los requerimientos energéticos diarios.

• Características

La calorimetría indirecta estima el gasto energético mediante el intercambio gaseoso (consumo de O_2 y producción de CO_2) y las tasas de oxidación de sustratos. Esta técnica puede ser usada para medir el metabolismo basal o gasto energético en reposo, así como el gasto por actividad física, el efecto termogénico de la dieta y el gasto energético total (Gore, Clark, & Saunders, 2007). El uso de la calorimetría indirecta permite medir con precisión el gasto de energía, mediante técnicas no invasivas y la cooperación mínima por parte de los voluntarios (Franch, y otros, 2006), (Poehlman & Dvorak, 2000), (Gálvez, 2010).

Se considera que el método más eficaz para determinar el gasto energético es la calorimetría indirecta respiratoria, que a su vez proporciona el cálculo del cociente respiratorio, el cual indica los nutrientes que preferentemente oxida el sujeto y permite introducir modificaciones en el soporte nutricional. Su medición exige, además de un utillaje específico un completo conocimiento de las estrictas normas en que ha de realizarse para que sus resultados sean fiables (Marsé, Diez, & Raurich, 2008).

La calorimetría indirecta mide, mediante el análisis de los gases inspirados y espirados, el consumo de oxígeno (VO_2) y la producción de CO_2 , y permite calcular la cantidad de energía producida en el organismo, mediante fórmulas como la de Weir (Sancho, Dorao, & Ruza, 2008):

$$\text{Gasto energético} = (3,94 \times VO_2 + 1,106 \times VCO_2) \times 1,44 - 2,17 \times \text{nitrógeno urinario}$$

Las vías metabólicas que no utilizan oxígeno (p. ej., la glucólisis anaerobia) no aparecen reflejadas. Se asume que este intercambio gaseoso se destina exclusivamente a la degradación oxidativa de sustratos, así mismo, que el nitrógeno producido en la oxidación proteica es recuperado por completo en la orina o añadir el nitrógeno eliminado por pérdidas insensibles (5-8 mg/kg en niños). No obstante, en el cómputo total del gasto energético por la fórmula de Weir, la importancia del nitrógeno urinario es pequeña. Sin la medición del nitrógeno urinario, el gasto energético se modificaría sólo entre 1 y 2%, calculándose según las ecuaciones (Sancho, Dorao, & Ruza, 2008):

$$\text{Gasto energético} = (3,94 \times VO_2 + 1,106 \times VCO_2) \times 1,44$$

$$\text{Kcal/min} = O_2 (\text{l/min}) \times [3,9 + (1,1 \times RQ)]$$

$$RQ = VCO_2/VO_2$$

La calorimetría se ha convertido en la demostración científica de que el metabolismo energético humano produce calor y consume oxígeno. Si bien este hecho se justificó con el empleo de calorimetría directa, la CI la ha reemplazado dados los inconvenientes de la CD en relación con su alto costo y complejidad de la técnica de medición de la misma. De ahí que, la calorimetría indirecta es ahora el pilar para monitorizar las respuestas metabólicas del ser humano, calcular sus necesidades nutricionales, conocer el tipo de sustratos que utilizan (Marsé, Diez, & Raurich, 2008) y evaluar la función pulmonar (dependiendo de las características tecnológicas del equipo que se utilice).

“El principio de la calorimetría indirecta se basa en que todos los procesos metabólicos finalmente dependen de la oxidación biológica, es decir, de la oxidación que se produce en la célula. Por ello, medir la tasa de consumo de oxígeno, acerca a una buena estimación de la tasa de producción de calor, o tasa metabólica. Así, una alta capacidad para consumir y utilizar O_2 indica una alta capacidad metabólica.

La calorimetría indirecta es el método utilizado habitualmente en la práctica clínica para medir el GER. Aunque la calorimetría indirecta permite la medición del gasto energético de forma repetida, sin ser invasiva, no puede usarse fácilmente para medir a sujetos durante su vida cotidiana. Los calorímetros transportables no siempre están disponibles en muchos centros” (Sancho, Dorao, & Ruza, 2008).

Entre las técnicas empleadas en calorimetría indirecta, se encuentran (Sancho, Dorao, & Ruza, 2008):

- *Calorimetría de circuito cerrado:* Se respira en un circuito cerrado una mezcla de gases a la que se ha añadido oxígeno en concentración conocida. El CO_2 que sale se extrae y mide, de tal forma que el aire sirve para ser respirado de nuevo. Se han encontrado problemas de sobreestimación con esta técnica, y es muy sensible a fugas. La ventaja es que no requiere medición de concentración ni de flujo de oxígeno. Se ha empleado en investigación.
- *Calorimetría de circuito abierto.* Requiere una medición exacta del volumen y flujo respiratorio y de las fracciones inspiradas y espiradas de O_2 y CO_2 . Todos los calorímetros están equipados para medir las concentraciones de O_2 y CO_2 en los gases espirados, así como el flujo del aire espirado, la temperatura, la presión barométrica y el tiempo. Se utilizan sensores de oxígeno electroquímicos (polarográficos) o paramagnéticos, que aprovechan la mayor susceptibilidad magnética del oxígeno respecto a otros gases. El CO_2 se suele medir por absorción de infrarrojos. Los sensores de flujo más habitualmente usados son neumotacógrafos, turbinas, anemómetros de hilo caliente o medidores de flujo ultrasónico. No obstante, la mayoría de los instrumentos se hacen progresivamente menos exactos cuando la fracción inspirada de oxígeno (FiO_2) se eleva por encima del 50 al 60%. Las fluctuaciones en la FiO_2 parecen menores cuando el oxígeno proviene de una bombona (recipiente metálico de cierre hermético usado para contener gases a presión), en lugar de proceder de una toma general de pared. Los calorímetros se calibran con el test de combustión de etanol y utilizando mezclas de concentración de O_2 y CO_2 conocidas. Deben

tenerse en cuenta, además, las condiciones de temperatura, humedad y presión atmosférica.

Se deben tener en cuenta las limitaciones de este método: cuando se colectan gases se presenta la posibilidad de error por pérdida, dilución o adición de gases. Además se asume que todo el intercambio gaseoso se realiza en los pulmones y las ecuaciones entre gases tratan al O_2 y CO_2 como gases ideales.

En personas en reposo, son útiles las mediciones de calorimetría indirecta para determinar el efecto del tamaño corporal, crecimiento, patologías, sexo, drogas, nutrición, edad y/o medio ambiente sobre el metabolismo. La tasa metabólica en reposo por unidad de masa corporal es mayor en hombres que en mujeres, en niños que en adultos, en individuos pequeños que en individuos grandes y en condiciones extremas de frío o calor más que en condiciones normales” (Florito, 2001).

Si bien, la calorimetría indirecta permite evaluar lo anteriormente mencionado, es importante conocer que la estimación del gasto energético se realiza mediante el estudio del intercambio gaseoso, al medir el consumo de Oxígeno (VO_2) y la producción de CO_2 (VCO_2); por lo que se asume que la oxidación de los sustratos consume O_2 y produce CO_2 y H_2O , y las pérdidas urinarias de Nitrógeno reflejan la oxidación de las proteínas en el organismo (Florito, 2001).

Siendo una técnica no invasiva, reproducible y fiable, exigente de una metodología estricta, estaría indicada especialmente en situaciones en las que se pueda alterar el metabolismo energético basal así como en grupos de poblaciones con necesidades energéticas basales distintas (malnutridos, adultos mayores).

En este orden de ideas y a partir de la información científica, algunos estudios de calorimetría en escolares y adolescentes han precisado:

- Los niños ganan más masa muscular que las niñas, y ellas tienden a ganar más tejido adiposo principalmente a partir de los 9 años; esta situación influye en el gasto energético, dado que este último está muy relacionado con la masa libre de grasa (Bitar, Fellmann, Vernet, Coudert, & Vermorel, 1999). Por tanto, los resultados en diversos estudios han mostrado que el más importante factor de la composición corporal que explica la variación del gasto energético es la masa corporal magra y que otros factores de la composición corporal podrían también asociarse (Morrison, Alfaro, Khoury, Thornton, & Daniels, 1996).
- El modelo de crecimiento propuesto por algunos investigadores ha resultado en un proceso durante la niñez, más pronunciado en niñas que en niños, en el cual, los niños preobesos tienen un más rápido decline en la tasa metabólica en reposo por kilogramo de peso corporal y un incremento subsecuente de la tasa de crecimiento y desarrollo. Proceso que deja a la más temprana adolescencia en la preobesidad individual (Morrison, Alfaro, Khoury, Thornton, & Daniels, 1996).
- Los dos mayores componentes de la masa corporal magra (músculo y órganos) tienen diferentes tasas metabólicas (órganos más alta). En el crecimiento corporal se presenta un incremento en la proporción de masa corporal magra dada por el

músculo, por tanto, se ha observado un concomitante decremento en la tasa metabólica en reposo por kilogramo de masa corporal magra, según Holliday. (Morrison, Alfaro, Khoury, Thornton, & Daniels, 1996).

- El relativo bajo gasto energético en reposo de los niños obesos sugiere que las intervenciones de control de peso para la obesidad infantil pueden tener una mayor posibilidad de éxito en los niños obesos más jóvenes, quienes tienen una mayor relación de gasto energético en reposo, efecto similar que se observó para el género, teniendo en cuenta que el GER es menor en las niñas, situaciones que también puede tener importantes implicaciones clínicas, dada la alta tasa de obesidad entre las mujeres, para este caso afroamericanas (Tereshakovec, Kuppler, Zemel, & Stallings, 2002).
- El gasto energético en reposo de niños blancos y negros obesos fue mayor que en los niños no obesos. Dado que cambios en el gasto energético en reposo se asocian con la pérdida y aumento de peso, la evaluación de GER en los sujetos obesos puede proporcionar diferente información a la obtenida en los estudios de personas delgadas. Además, aunque la masa grasa tiene una actividad metabólica baja, y por lo tanto una influencia limitada en el GER de individuos delgados, la gran cantidad de tejido adiposo en las personas obesas podría influir en el GER. Los resultados de este estudio son consistentes con la hipótesis de que la masa total de grasa corporal se asoció significativamente con el GER independientemente de las otras variables independientes. Por lo tanto, la composición corporal debe tenerse en cuenta (Tereshakovec, Kuppler, Zemel, & Stallings, 2002).

1.3.4 Registro de frecuencia cardiaca

Es un hecho bien conocido que la relación lineal entre el VO_2 y la frecuencia cardiaca (FC) en ejercicio, ha abierto la posibilidad de evaluar el gasto energético (GE) por el registro minuto a minuto de la misma. La técnica del monitoreo de FC desarrollada por Spurr ha sido validada en relación con métodos de referencia tales como agua doblemente marcada y calorimetría indirecta. El gasto energético se determina con los resultados de FC usando una ecuación de regresión, para ello, los valores de FC se definieron como la media de la FC registrada minuto a minuto en un período específico (Beghin, Michaud, Guimber, Vaksman, Turck, & Gottrand, 2002), (Johansson, Hulthe, Slinde, & Ekblom, 2006).

La FC y el GE son afectados de manera diferente por el tipo de actividad muscular y la FC disminuye más lentamente que el GE en los períodos de recuperación. Esto podría explicar porque el GE es generalmente sobreestimado por el método de grabación de la FC (Ribeyre & al, 2000).

La limitación conceptual de este enfoque es que el GE y la FC no se relacionan linealmente para un individuo en parte porque el volumen de eyección cardiaca cambia con la variación de la frecuencia cardiaca y la postura, incluso, hay una importante variación interindividual de las relaciones entre FC y GE en función de la pendiente, del intercepto y de las características de la curva. Además, la variación en

covariables que afectan la FC, como la emoción, también impactan la relación FC/GE. Por lo tanto, la precisión de la predicción de la frecuencia cardíaca de gasto de energía es mejorada cuando se deriva por separado una ecuación de regresión para relacionar la FC con el GE de cada individuo (Levine, 2005).

Por otro lado, ahora se ha encontrado que la frecuencia cardíaca debe combinarse con la actividad para determinar el GE no sólo para grupos de niños sino también para individuos. En un estudio cuyo objetivo fue pronosticar el GE a partir de la FC y la actividad en niños, se tuvieron en cuenta tres enfoques para pronosticar el GE. Para el método 1, el período entero 24 h fue pronosticado de la misma ecuación de regresión que usa FC. En el método 2, el período de 24 h fue predicho después de dividir el período de 24h en despierto y dormido; y para el método 3, el período de 24 h fue pronosticado después de dividir el período despierto en curvas activa o inactiva, usando la actividad para definir los minutos activos e inactivos (Treuth, Adolph, & Butte, 1998).

Los resultados de este estudio permitieron determinar que las bajas desviaciones estándar indican que el método es aceptable para pronosticar GE en personas individuales y que las correlaciones importantes observadas en relación con la edad demuestran que las ecuaciones de regresión deben ser desarrolladas sobre una base individual. Así mismo, se evidenció que cuando el GE fue pronosticado con el método 3 (condiciones activas e inactivas) los errores fueron más bajos (-2.9 ± 5.1 %) en comparación con la medición realizada en el día entero combinado (Treuth, Adolph, & Butte, 1998).

1.4 Recomendaciones de energía

1.4.1 Necesidades energéticas FAO/OMS 1985 y 2001

Los requerimientos de energía (ER), publicados en el Informe del Comité FAO / OMS / UNU en 1985 han sido el fundamento para la investigación nutricional, recomendaciones dietéticas y políticas de alimentos de todo el mundo. En ese informe se planteó que las necesidades energéticas son determinadas por el gasto de energía; por lo tanto, las estimaciones de requerimiento de energía se deben basar en el gasto energético y, en los niños se debe realizar una asignación adicional para el crecimiento (Johansson, Hulthe, Slinde, & Ekblom, 2006).

Con el fin de ser reconocidos y aceptados por los gobiernos y los responsables políticos de todo el mundo, las recomendaciones dietéticas internacionales requieren la aprobación y el apoyo formal de los organismos de las Naciones Unidas que tradicionalmente han convocado los órganos internacionales de expertos: la FAO, la OMS y, más recientemente, la UNU. Los debates y conclusiones del taller del International Dietary Energy Consultancy Group (IDECG) indicaron que, aunque más información podría ser necesaria en algunas áreas específicas, ya era tiempo para una revisión de las recomendaciones de energía de 1985. Esto fue aprobado cinco años más tarde y se decidió celebrar la nueva consulta en el año 2001, la cual fue publicada en el 2004 (Torun, 2005).

Muy poca información estaba disponible en 1981 para el Gasto Energético Total (GET) de niños. Además, la escasez de información sobre el tiempo asignado a las diferentes actividades de los niños de 10 años, y el costo de la energía de esas actividades, no permitieron realizar estimaciones confiables del GET para el cálculo de las necesidades de energía. En consecuencia, las estimaciones de requerimientos de energía para 1-10 años de edad fueron sobre la base de los aportes de energía reportados de salud de niños bien nutridos, en el supuesto de que esas tomas mantendrían el equilibrio energético y el crecimiento sería adecuado (Torun, 2005).

En el reporte de la OMS/FAO/UNU (WHO, 1985) actualmente no vigente, las necesidades de energía en los niños desde el nacimiento hasta los 10 años se establecieron empleando el criterio de evaluar la ingesta energética de niños que crecían y se desarrollaban normalmente. De allí en adelante, las necesidades de energía de los niños y adultos se establecían empleando la estimación del metabolismo basal (MB) según ecuaciones de regresión, al cual luego se adicionan METs mediante un método factorial que da cuenta de la actividad física, el crecimiento y la termogénesis dietaria. Este tipo de esquema se sigue aplicando en el reporte FAO/WHO (2004), pero solamente para los adultos (Bitar, Fellmann, Vernet, Coudert, & Vermorel, 1999). Estas estimaciones se obtuvieron de una revisión de datos publicados de ingesta alimentaria que involucraron alrededor de 6.500 niños, en su mayoría de los países más desarrollados, industrializados. Una asignación adicional de 5% se incluyó en las recomendaciones nutricionales para permitir el rendimiento de un nivel deseable de actividad física, basado en una percepción de tendencia secular hacia el sedentarismo y la suposición de que el consumo de energía modula la actividad física y consecuentemente el gasto de energía de los niños de 1-10-años (Torun, 2005).

Comparativamente, para el nuevo reporte vigente de la OMS/FAO/UNU 2001, la estimación de la necesidades de energía en los niños y adolescentes se realizó tomando como punto de partida los estudios que utilizaron la técnica de agua doblemente marcada, en los cuales, la mayoría de los datos existentes se obtuvieron de población perteneciente a los países industrializados; así mismo, se incluyeron estudios que emplearon el método de monitoreo minuto a minuto de la frecuencia cardiaca, en los cuales, la población de estudio fueron niños y adolescentes de un espectro más amplio de países. Lo anterior, con el fin de abarcar datos sobre niños y adolescentes con una mayor variedad de estilos de vida (FAO, 2001).

Por consiguiente, se emplearon los datos existentes de 801 niños y 808 niñas a partir de estudios desarrollados fundamentalmente en niños con estado nutricional normal de Europa y EE.UU. (56% y 68% de niños y niñas, respectivamente) e incluyeron datos provenientes de América Latina (Brasil, Chile, Colombia, Guatemala y México), constituyendo el 26% de los datos en niños y 14% en las niñas. Otro aspecto que ha sido mejor establecido en este nuevo reporte es la determinación del costo del crecimiento infantil y adolescente, puesto que consideró el empleo de métodos más adecuados para evaluar los cambios en la masa grasa y magra (FAO, 2001), (CEPAL, 2007).

El crecimiento se calculó a partir de cifras estimadas para la ganancia de tejidos y su correspondiente equivalente energético según la edad del niño. Se abandona el uso de los factores de actividad física, razón por la cual, el grupo de expertos consideró como alternativa agregar al valor promedio calculado mediante las ecuaciones de regresión

establecidas en el reporte de la evaluación de las recomendaciones de energía realizada en el 2001, un 15% en niños activos, y restar 15% al valor promedio en los niños menos activos, dejando al criterio de los usuarios el establecer tal nivel de actividad (CEPAL, 2007). Lo anterior correspondería al uso de un nivel de actividad física equivalente a 1,40 o 1,65 o 1,90 para los niños y niñas entre 8 y 10 años que se categoricen en la realización de actividad física ligera, moderada o pesada, respectivamente (FAO, 2001).

“Entre los cambios conceptuales más importantes a tener en cuenta se encuentran (Torún, 2007):

- ✓ Los requerimientos de niños desde la infancia hasta el final de la adolescencia se calcularon en base a: (I) gasto total de energía medido con agua doblemente marcada (ADM) o por la relación entre frecuencia cardíaca y consumo de oxígeno, y (II) la energía depositada en tejidos de crecimiento estimada por mediciones de composición corporal y la velocidad de crecimiento a distintas edades.
- ✓ Los requerimientos de energía fueron ajustados a partir de los 6 años de edad por la actividad física asociada con diversos estilos de vida, basados en evaluaciones del esfuerzo físico habitual de niños y adolescentes en distintas sociedades (FAO, 2001).

Por consiguiente, estas diferencias importantes en las cifras de energía requerida, derivadas de la mayor robustez de la metodología de Agua Doblemente Marcada, determinaron una reducción en las necesidades de energía de entre 16 y 20% en el <1 año de edad; de 18 a 20% más bajos en niños(as) menores de 7 años, y de 5 a 12% más bajos en niños de hasta 10 años de edad. De los 12 años en adelante las cifras son mayores en el nuevo reporte, llegando a subir en promedio 12% en ambos sexos, hasta completar los 18 años de edad. Sin cambios significativos para niñas entre 7 y 12 años y niños entre 11 y 12 años. Las nuevas recomendaciones difieren de las anteriores en algunos aspectos conceptuales y en términos cuantitativos para varios grupos etarios, lo que tiene implicaciones en varios ámbitos de la salud, nutrición y economía (Torún, 2007).

Las fórmulas de la FAO/OMS/UNU 2001 utilizadas en el presente estudio fueron:

- Niñas: $GET \text{ (Kcal / día)} = 263,4 + 65,3 \times \text{Peso en kg} - 0.454 \times (\text{Peso en kg})^2$
- Niños: $GET \text{ (Kcal / día)} = 310,2 + 63,3 \times \text{Peso en kg} - 0.263 \times (\text{Peso en kg})^2$

1.4.2 Necesidades Energéticas Estimadas (NEE). Instituto de Medicina.

Las NEE son el promedio de la ingesta energética con la dieta que se prevé que permitirá mantener el equilibrio energético en un individuo sano, de una edad, sexo, peso, estatura y nivel de actividad definidos compatibles con una buena salud, es equivalente al GET. Los Institutos Nacionales de la Salud, Salud de Canadá y la Academia Nacional de Ciencias del Instituto de Medicina (IOM) de Alimentación y Nutrición convocó un panel multidisciplinario de expertos para revisar la literatura científica con respecto a los

macronutrientes y la energía y el desarrollo de estimaciones de ingesta diaria que son compatibles con una buena nutrición durante toda la vida y que pueden disminuir el riesgo de enfermedades crónicas (Brooks, Butte, Rand, Flatt, & Caballero, 2004).

Las recomendaciones anteriores de la ingesta de energía utilizaron el método factorial para evaluar el GET. El primer problema de este método es el grado de validez de las ecuaciones usadas para predecir el gasto energético, el segundo es que una amplia gama de actividades se llevan a cabo durante la vida normal, y no es factible medir el costo de la energía de cada una. Otra preocupación es que la medición de los costos de energía de actividades específicas por sí mismas impone restricciones. Además, el gasto de energía durante el sueño, una vez considerado como equivalente del GEB, es generalmente algo más bajo (-5% a -10%) que el GEB. Por último, el método factorial no da cuenta de la cantidad de energía gastada en actividades físicas espontáneas. Por lo tanto, el método factorial está obligado a subestimar las necesidades de energía habituales (Brooks, Butte, Rand, Flatt, & Caballero, 2004).

No obstante, debido a las limitaciones del método factorial y la creciente disponibilidad de datos obtenidos a partir del método de agua doblemente marcada (DLW), el panel decidió estimar las necesidades de energía a partir de medidas de GET derivadas de DLW (Brooks, Butte, Rand, Flatt, & Caballero, 2004). Las NEE son el promedio de la ingesta energética con la dieta que se prevé que permitirá mantener el equilibrio energético en un individuo sano, de una edad, sexo, peso, estatura y nivel de actividad definidos compatibles con una buena salud. Estas ecuaciones se crearon a partir de experimentos basados en agua doblemente marcada. Además de las necesidades del GET, los niños precisan calorías adicionales para favorecer el depósito de los tejidos necesarios para el crecimiento (Frary & Johnson, 2009).

Dado que la base de datos contenía tanto GET como GEB, se pudo calcular el nivel de actividad física (NAF) en la mayoría de los individuos. Debido a la dificultad en la estimación de la actividad en el mundo real, los autores categorizaron a los individuos en 4 clases de actividad en función de su NAF y utilizaron estas categorías como una variable independiente en las regresiones. Las categorías se definieron como sedentarios ($NAF \geq 1,0$ y $<1,4$), poco activo ($NAF \geq 1,4$ y $<1,6$), activo ($NAF \geq 1,6$ y $<1,9$), y muy activo ($NAF \geq 1,9$ y $<2,5$); para cada categoría se determinó un coeficiente de AF (Brooks, Butte, Rand, Flatt, & Caballero, 2004). Por tanto, las ecuaciones incluyen un coeficiente de actividad física que corresponde a estos cuatro niveles (NAF): sedentario, poco activo, activo y muy activo (Frary & Johnson, 2009).

Considerando que $GET = GER + \text{nivel de actividad física} + \text{depósito de energía (calorías por crecimiento)}$, las fórmulas para el cálculo de las necesidades estimadas de energía (NEE) para los individuos entre 3 y 18 años de edad son las siguientes:

- Niños de 3 a 8 años:

$$88,5 - [61,9 \times \text{edad (años)}] + [AF \times (26,7 \times \text{peso (kg)})] + [903 \times \text{talla (m)}] + 20 \text{ (Kcal de depósito de energía)}$$

- Niñas de 3 a 8 años:

$135,3 - [30,8 \times \text{edad (años)}] + [AF \times (10,0 \times \text{peso (kg)}) + [934 \times \text{talla (m)}] + 20$
(Kcal de depósito de energía)

- Niños de 9 a 18 años:

$88,5 - [61,9 \times \text{edad (años)}] + [AF \times (26,7 \times \text{peso (kg)}) + [903 \times \text{talla (m)}] + 25$ (Kcal de depósito de energía)

- Niñas de 9 a 18 años:

$135,3 - [30,8 \times \text{edad (años)}] + [AF \times (10,0 \times \text{peso (kg)}) + [934 \times \text{talla (m)}] + 25$
(Kcal de depósito de energía)

AF es el coeficiente de actividad física que depende de la actividad realizada por el niño, puede ser: sedentario, poco activo, activo o muy activo de acuerdo a las categorías de nivel de actividad física (NAF) (Ver Tabla 2)

Tabla 2. Coeficientes de actividad física según el nivel de actividad. Instituto de Medicina

Nivel de actividad física (NAF)	Sedentario	Poco activo	Activo	Muy activo
	$\geq 1.0 < 1.4$	$\geq 1.4 < 1.6$	$\geq 1.6 < 1.9$	$\geq 1.9 < 2.5$
Coeficiente de actividad física (AF) Niños	1.00	1.13	1.26	1.42
Coeficiente de actividad física (AF) Niñas	1.00	1.16	1.31	1.56

2.Objetivos de la investigación

2.1 Objetivo general

Determinar el gasto energético en reposo por calorimetría indirecta en escolares de 8 a 10 años en altura intermedia.

2.2 Objetivos específicos

- Evaluar el estado nutricional de los escolares entre 8 a 10 años a través de indicadores antropométricos.
- Evaluar condición de normalidad a partir de los datos obtenidos en el cuadro hemático y determinar valores promedio de indicadores bioquímicos en altitud intermedia en escolares.
- Determinar el consumo de oxígeno (O₂) y la producción de dióxido de carbono (CO₂) en reposo de escolares entre 8 a 10 años para evaluar el GER por calorimetría indirecta.
- Determinar las variaciones del gasto energético en reposo en escolares según género en altitud intermedia.
- Comparar el gasto energético total estimado con el GET obtenido según el modelo de regresión de la FAO/OMS/UNU - 2001, las NEE del Instituto de Medicina de Estados Unidos y las recomendaciones de energía para los niños y niñas de 8 a 10 años en Colombia.
- Determinar un modelo de regresión lineal para gasto energético en reposo en escolares de 8 a 10 años.

3. Sujetos y métodos

3.1 Tipo y diseño general del estudio

Este estudio es observacional, prospectivo, de corte transversal, se realizó en población escolar entre 8 – 10 años para caracterizar y analizar el gasto energético en reposo y las variables de estudio seleccionadas.

3.2 Localización

Las Instituciones Educativas Distritales (IED) pertenecen a las localidades de Usme (Colegio Tenerife Granada Sur), Engativá (Colegios Tabora Sede B –Santa María del Lago- y Robert F. Kennedy) y Barrios Unidos (Colegio Rafael Bernal Jiménez Sede B), por su ubicación, estrato socioeconómico 1, 2 y 3y apoyo institucional para el desarrollo del proyecto,

3.3 Universo

El universo estuvo representado por los niños y niñas entre 8 y 10 años 11 meses que se encontraban matriculados en Instituciones Educativas Distritales (IED). El universo estuvo conformado por $n = 633$ niños y niñas en 4 IED, previa autorización de las directivas de los colegios para realizar el estudio.

A partir de un tamizaje nutricional realizado en cada una de las IED, se seleccionaron los 84 escolares en adecuado estado nutricional mediante la clasificación nutricional por los Indicadores Talla/Edad e Índice de Masa Corporal por género y edad.

3.4 Población de estudio

Los escolares se incorporaron al estudio de forma voluntaria, posterior a la entrega de una carta de autorización para el desarrollo del proyecto de tesis de maestría en las IED. Dada la aprobación del rector (a) y coordinador (a) académico, se realizó tamizaje nutricional de los niños y niñas entre 8 y 10 años, con estado nutricional normal, se les entregó el consentimiento informado y la circular para realizar una reunión con los padres de familia, en la cual se explicó detalladamente la metodología del estudio y se resolvieron las inquietudes.

Los niños y niñas con consentimiento informado firmado, se incorporaron al estudio, no obstante, la inclusión dependió de la toma de muestra de sangre, el permiso final de los

padres de familia para que sus hijos fueran a la Universidad Nacional para la evaluación del Gasto Energético en Reposo (GER) y la firma del asentimiento informado por parte del niño.

Se calculó una muestra de 100 niños y niñas en adecuado estado nutricional tomando como referencia un nivel de confianza de 95%, un error admisible de 5% y una desviación estándar del gasto energético en reposo de 0,28 (Bitar, Fellmann, Vernet, Coudert, & Vermorel, 1999). La muestra final fue de 84 niños y niñas.

La pérdida de 16 niños y niñas, se debió a la reclasificación nutricional realizada con base en la evaluación mediante Resolución 2121 del 2010 del Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia, puesto que algunos escolares que se encontraban en adecuado estado nutricional según la interpretación de las tablas de la OMS, utilizadas a nivel internacional se clasificaron en riesgo de talla baja.

3.4.1 Criterios de inclusión

- Niños y niñas que presenten talla e índice de masa corporal adecuado para la edad, según el tamizaje nutricional
- Niños y niñas entre 8 y 10 años y 11 meses de edad
- Niñas quienes NO habían iniciado su desarrollo puberal ni menarquía
- Niños y niñas sanas que no habían padecido procesos agudos en los días previos a la prueba.
- Niños y niñas con hemoglobina dentro de los rangos de normalidad
- Niños y niñas que no realizaban actividad física como disciplina deportiva
- Niños y niñas a quienes los padres o acudientes habían dado su consentimiento para la participación en el estudio
- Niños y niñas que firmaron el asentimiento informado

3.4.2 Criterios de exclusión

- Niñas quienes habían iniciado su menarquía.
- Niños y niñas con afecciones cardíacas y/o respiratorias tanto agudas como crónicas (referidas por los escolares o por los padres de familia).
- Niños y niñas con anemia por valor de hemoglobina.
- Niños y niñas deportistas

3.5 Metodología

3.5.1 Recolección de la información

- Los datos de peso y talla tomados para el tamizaje nutricional se registraron en un formato específico en el que se registró grado, fecha de medición, nombre del escolar, fecha de nacimiento, género, peso en Kg, y talla en cm.

- Previo a las mediciones del Gasto Energético en Reposo, se realizó un piloto con dos niños para estandarizar la técnica en las mediciones antropométricas y el protocolo de medición del GER.
- La toma de muestra de sangre a los niños y niñas que cumplían con los criterios de inclusión se realizó en cada una de las IED, previa comunicación a los docentes, padres de familia y escolares.
- Entrega de comunicación a los docentes y padres de familia, así como de circulares a los escolares informando la fecha de medición del GER.
- El día de evaluación del GER, se realizaron todas las mediciones antropométricas (peso, talla, porcentaje de grasa, circunferencias del brazo y de cintura y pliegues cutáneos), con registro de la información en el formato diseñado para este fin (Ver Anexo C).
- El mismo día de evaluación del GER, se realizó el cuestionario a cada niño (a), de actividad física, el cual evaluó sobre las horas de inactividad física, actividad mínima, traslado al colegio, juegos recreativos, actividades sistemáticas (Ver Anexo C).
- En el formato de registro se anotaron los datos de frecuencia cardiaca (FC), gasto energético en reposo y cociente respiratorio (RQ) cada cinco minutos durante la medición del GER (Ver Anexo C). Se imprimió el reporte que genera el software, el cual refiere por cada minuto los datos de FC, VO_2 , VO_2/Kg , VCO_2 , RQ, volumen espirado (VE).

3.6 Variables evaluadas

Las variables evaluadas en el estudio fueron:

- Género
- Edad
- Peso
- Talla
- Índice de masa corporal total
- Grasa corporal
- Circunferencia muscular del brazo
- Consumo de oxígeno (VO_2)
- Producción de dióxido de carbono (VCO_2)
- Frecuencia cardiaca
- Gasto Energético en Reposo
- Gasto de energía por actividad física
- Gasto Energético Total

3.7 Técnica de toma de mediciones

3.7.1 Mediciones antropométricas¹

3.7.1.1 Talla: Se utilizó un estadiómetro marca SECA, con graduación en centímetros y milímetros, fijo a una pared lisa y sin guarda escobas. Los escolares se tallaron descalzos y las niñas sin accesorios en el cabello que pudieran alterar la lectura de la talla. Se ubicaron de pie sobre el piso, con el peso distribuido en forma pareja sobre ambos pies, los talones juntos y la cabeza en el plano de Frankfort. Los puntos anatómicos: occipital, espalda, glúteos y talones estaban en contacto con la superficie vertical. Se colocó el cursor firmemente sobre el vertex y se realizó la lectura.

3.7.1.2 Peso y porcentaje de grasa corporal: Se usó báscula digital, marca Tanita Ironman Inner Scan con capacidad de peso 150 kg, también conocido como monitor de la composición corporal. Los escolares se midieron descalzos y con el menor número de prendas posibles. El escolar se ubicó con los talones centrados en los electrodos de la báscula o monitor, permaneciendo inmóvil, con el peso del cuerpo distribuido en forma pareja entre ambos pies.

3.7.1.3 Circunferencias: Se empleó una cinta métrica, de fibra de vidrio de 8 mm de ancho, flexible no elástica. Las mediciones de circunferencias se realizaron mediante las técnicas estandarizadas.

- Brazo: Perímetro máximo del brazo a nivel de la marca media acromial-radial (punto mesobraquial), con el codo extendido y los músculos relajados.
- Cintura: Perímetro localizado entre la parte más baja de la caja torácica y la cresta iliaca. Corresponde a lo que se conoce como cintura natural.
- Circunferencia muscular del brazo: Se calculó con la fórmula:

$$\text{Circunferencia del brazo} - (\text{Pliegue del tríceps} * 0,314)$$

3.7.1.4 Pliegues cutáneos: Se usó un adipómetro o calibrador de pliegues marca Slim Guide con precisión de 0,1 mm. Las mediciones de pliegues se realizaron mediante las técnicas estandarizadas.

- Tríceps: Espesor del pliegue cutáneo ubicado sobre el músculo tríceps, en la región mesobraquial, entre el acromion y el punto radial.

¹Tomado de los instructivos del nivel 1, dictado por el Dr. Pedro Alexander, 2011 con fines docentes: Valoración antropométrica según técnica internacional ISAK. Marcaje de puntos anatómicos, medidas de pliegues y circunferencias de mayor utilidad en el área clínica.

- **Bíceps:** Espesor del pliegue cutáneo ubicado en el punto más protuberante del músculo bíceps, visualizado lateralmente.
- **Subescapular:** Tejido adiposo localizado inmediatamente debajo y hacia la derecha (2 cm) del ángulo inferior de la escápula.
- **Suprailíaco:** Espesor del pliegue cutáneo ubicado inmediatamente por encima de la parte superior de la cresta iliaca de la línea media axilar.

3.7.2 Patrón de referencia para valoración nutricional

La clasificación de las mediciones antropométricas se realizaron según los criterios de la Resolución 2121 de 2010, del Ministerio de Salud y Protección Social, por la cual se adoptaron los patrones de crecimiento de la OMS (Ministerio de Salud y Protección Social, 2010):

Tabla 3. Parámetros de clasificación nutricional según Z-score

INDICADOR	PUNTAJE Z	CLASIFICACIÓN
TALLA/EDAD	< -2 DE	Talla baja para la edad
	≥ -2 y < -1 DE	Riesgo de talla baja para la edad
	≥ -1 DE	Talla adecuada para la edad
IMC/EDAD	< -2 DE	Delgadez
	≥ -2 y < -1 DE	Riesgo para delgadez
	≥ -1 y ≤ 1 DE	IMC adecuado para la edad
	> 1 y ≤ 2 DE	Sobrepeso
	> 2 DE	Obesidad

Fuente: Ministerio de Salud y Protección Social. Resolución 2121 de 2010. Colombia.

3.7.3 Patrón de referencia para valoración de los parámetros hematológicos

Los parámetros hematológicos se evaluaron a partir de los siguientes rangos de normalidad (Nathan & Oski, 2009):

Tabla 4. Rangos de normalidad de parámetros hematológicos

Edad	Hb (g/dL)		Hto (%)		No GR 10 ¹² /L		VCM (fl)		HCM (pg)		CMHC (g/dL)	
	Media	-2 DS	Media	-2DS	Media	-2DS	Media	-2DS	Media	-2DS	Media	-2DS
6-12 años	13,5	11,5	40	35	4,6	4	86	77	29	24	34	31

Fuente: Nathan DG, Oski FA. Hematology of infancy and childhood. 7th edition, Saunders Elsevier, 2009: Appendix III.

3.7.4 Muestra para hemograma

Posterior a la selección de los niños y niñas participantes en el estudio, de la aprobación de la participación en el estudio y previa comunicación de la fecha de toma de muestra a los docentes y padres de familia se les realizó un hemograma a fin de evaluar los parámetros hematológicos de los participantes, y validar su inclusión en el presente estudio.

En la IED, un profesional de laboratorio clínico tomó una muestra de sangre, la cual se llevó al laboratorio para evaluar los parámetros hematológicos, a fin de determinar la presencia o no de anemia.

3.7.5 Cuestionario de actividad física

Para evaluar el nivel de actividad física se utilizó un cuestionario validado (PAQ-C) para determinar el nivel de actividad física semanal de los individuos participantes en el estudio. Dicho cuestionario se realizó a los que cumplieron con los criterios de inclusión el mismo día de la medición del GER.

Cuestionario de actividad física para niños. El Cuestionario de Actividad Física para los Niños (PAQ-C), es un instrumento auto administrado de recordatorio de los últimos 7 días; permite evaluar los niveles generales de la actividad. Se han realizado estudios aplicando el cuestionario PAQ-C (Kowalski, 2004), el cual se encuentra aprobado en Colombia y validado por Jan, KF, y cols. y Moore, JB, y cols. (Hernández, 2011).

El PAQ-C fue desarrollado mediante entrevista, se le realizó cada una de las preguntas establecidas en este cuestionario y se registraba inmediatamente la información reportada por el escolar, lo cual proporciona una puntuación de resumen de la actividad física, derivada de cinco ítems. La puntuación de las preguntas permite dividir a los sujetos en dos grupos, sedentarios y activos. Las personas activas tienen puntuaciones ≥ 7 (Hernández, 2011).

3.7.6 Evaluación del Gasto Energético en Reposo (GER)

El equipo de medición por calorimetría indirecta utilizado se denomina Calorímetro Vmax 29c marca Viasys Health Care. Este equipo posee desarrollo tecnológico de la serie Vmax que integra un sistema de gran eficacia y extremadamente flexible que posee conjunto de pruebas para la medición de gasto energético, mecánica respiratoria, función pulmonar, pruebas de esfuerzo y cardiopulmonares con alto grado de precisión y exactitud. Este equipo no es invasivo, trabaja únicamente recibiendo las inspiraciones y espiraciones que el individuo realice y de esta manera obtiene su gasto energético en reposo; por lo tanto no representa un riesgo para la salud.

Las mediciones por calorimetría indirecta de los sujetos se realizaron en un solo momento. Para realizar la prueba de calorimetría indirecta se siguió el siguiente protocolo:

- Para el día de la medición se le solicitó al niño desayunar a las 5:30 a.m., con el fin de cumplir con los criterios para la adecuada realización de la prueba postprandial (3-4 horas en las cuales no puede consumir alimentos, agua, ni realiza actividad física importante).
- Una vez prendido el equipo de calorimetría se esperó 20 minutos para iniciar la calibración del mismo. Durante este tiempo se realizó la valoración antropométrica (peso, talla y pliegues cutáneos) y se diligenció el cuestionario de actividad física.
- Para garantizar la precisión y exactitud de la información que el calorímetro Vmax 29c emita, se debe calibrar tanto el sensor de flujo como los gases; por consiguiente, el equipo se calibró cada día antes de realizar las mediciones en los escolares.
 - ✓ Se calibra el sensor de flujo a través de una jeringa de aguja que se une al neumotacómetro para iniciar una sincronización de los movimientos del embolo de la misma y el ambiente.
 - ✓ Para iniciar el proceso de calibración de los gases, se deben abrir las válvulas de las dos balas que los contienen (en sentido contrario a las manecillas del reloj). Posteriormente, se conecta la línea al analizador de gases y se inicia la calibración hasta alcanzar concentraciones de 16% O₂ y 4% CO₂ en la primera y 26% de O₂ y 0% de CO₂ en la segunda bala.
- Al llegar el sujeto, se registraron datos de identificación en un formato previamente diseñado, al igual que se ingresan los datos personales requeridos por el software del calorímetro Vmax 29c para la medición.
- Previa calibración del equipo (del flujo y de los gases), el niño (a) pasó a la camilla, se le explicó detalladamente cómo se llevaría a cabo la prueba y lo que debe realizar durante ésta, se le acondicionaron los elementos necesarios para la medición:
 - ✓ Se fijaron tres electrodos, dos en cada una de las partes medias de las clavículas y el otro entre la tercera y cuarta costilla izquierda para el registro de la frecuencia cardíaca.
 - ✓ Una vez el neumotacómetro se acopló con el filtro, se unió a la máscara, la cual se le colocó al escolar sostenida por un arnés, para evitar el escape de aire por la nariz y/o por la boca y se le pidió inspiración y espiración por la boca para verificar la comodidad del escolar.
- Posteriormente, se le pidió acostarse en la camilla y durante 5 minutos se realizó la estabilización en reposo para dar inicio. El registro de los resultados en el calorímetro Vmax 29c, se obtuvo posterior a los 25 minutos que el sujeto permaneció conectado al equipo.
- Una vez terminada la prueba y obtenidos los datos necesarios, se imprimió el reporte, el cual presenta información minuto a minuto de la siguiente información: FC, VO₂, VO₂/Kg, VCO₂, RQ, Volumen espirado (VE).

3.7.7 Determinación del Gasto Energético Total (GET)

Una vez obtenida la información del GER de los escolares evaluados, identificado el nivel de actividad física y las calorías necesarias para el crecimiento, se determinó el GET con base en la siguiente ecuación:

$$\text{GET} = (\text{GER} \times \text{AF}) + \text{calorías por crecimiento}$$

AF = 1,13. Se utilizó este factor de actividad física, considerando que la población objeto de estudio tiene un nivel de actividad “poco activo” (Frary & Johnson, 2009).

Calorías por crecimiento: Se adicionaron por género y edad: 16 y 19 calorías para niños y 21 y 23 calorías para niñas, en las edades de 8 y 9-10 años, respectivamente (FAO, 2001).

3.8 Análisis estadístico

3.8.1 Estadística descriptiva

Se evaluaron frecuencias de las variables a estudio y se consolidaron por género para posteriormente caracterizar la población participante con relación a las variables antropométricas, hematológicas y de gasto energético en cuanto a promedio, desviación estándar, mínimos y máximos.

Se realizaron análisis estadísticos de tipo descriptivo y correlacional con el fin de:

- Caracterizar el estado nutricional y la composición corporal y el comportamiento del gasto energético de los escolares entre 8 – 10 años.
- Comparar los resultados del gasto energético en reposo con las recomendaciones de la FAO/OMS/UNU del año 2001 y las de la población colombiana.
- Correlacionar los resultados del gasto energético en reposo con el estado nutricional y la composición corporal de los escolares objeto de estudio.

Los análisis estadísticos permitieron:

- La comparación de valores de media utilizando intervalos de confianza al determinar la desviación estándar.
- Determinar regresión lineal múltiple para establecer la relación de dos o más variables con el GER.

Los programas utilizados para análisis de datos fueron:

- Microsoft Excel 2010. Se crearon bases de datos para registrar la información generada con relación a los datos básicos, variables antropométricas, de composición corporal, de cuadro hemático, actividad física y gasto energético. Estas bases permitieron tabular la información y realizar algunos análisis.
- Programa SPSS versión 19(Licencia de la Universidad Nacional). Se empleó para realizar el análisis estadístico descriptivo y crear el modelo de regresión lineal múltiple.
- Programa R (Software libre). Se utilizó para realizar los análisis de correlación de las diversas variables con el GER, como fundamento para crear el modelo de regresión lineal múltiple.

4. Consideraciones éticas

De acuerdo a la resolución N° 008430 de 1993 del Ministerio de Salud que establece las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud, se determinan las consideraciones para este estudio.

En toda investigación en la que el ser humano sea sujeto de estudio, deberá prevalecer el criterio del respeto a su dignidad y la protección de sus derechos y su bienestar; para esto se establece el riesgo que puede implicar este proyecto investigativo en sus participantes.

- a) De acuerdo al artículo 11 de la resolución mencionada este trabajo investigativo no representó riesgo mayor al mínimo para los escolares porque se realizaron mediciones antropométricas y del gasto energético en reposo, con instrumentos que no representaban un riesgo para la salud del escolar, y se tomó una muestra de sangre en el brazo por un profesional de laboratorio con las debidas normas de bioseguridad.

Se enmarca en la categoría de riesgo mínimo al incluir como estudio prospectivo, un registro de datos a través de procedimientos comunes como lo son la valoración antropométrica, la recolección de datos del gasto energético, extracción de una muestra de sangre pequeña, sin utilizar medicamentos, ni procesos invasivos.

El trabajo se presentó al Comité de Investigación de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Colombia, el cual fue aprobado mediante Acta de Evaluación No. 108 del 09 de Agosto de 2012.

Este trabajo de investigación no presenta dilemas éticos ni conflictos de interés derivados de la investigación como tal o de los procedimientos propuestos.

- b) El procedimiento para la toma de consentimiento informado, consistió en una breve explicación a la madre, padre o tutor y al escolar en la que se mencionaran los diferentes aspectos relacionados con las implicaciones del estudio y sus alcances. Se entregó el formato de consentimiento y asentimiento informado para su firma autorizando u participación. Ver formato de consentimiento informado y de asentimiento (Anexos A y B).
- c) Se tomaron las siguiente medidas preventivas en la toma de la muestra de sangre:
- Lavado de manos, uso de guantes y cambio de los mismos en la toma de muestra de sangre de cada escolar.

- Uso de tapabocas durante la toma de la muestra de sangre.
- No se re-enfundaron agujas y se desecharon en el recipiente adecuado (Guardián), evitando la manipulación.
- Se preservó la técnica aséptica en la obtención de muestras.
- Se informó al paciente sobre el procedimiento.

Los otros procedimientos (toma de mediciones antropométricos y determinación del gasto energético en reposo) se realizaron bajo condiciones asépticas que contemplaron el lavado de manos específicamente.

5.Resultados

5.1 Tamizaje nutricional

La selección de los sujetos requería la identificación de los niños y niñas que cumplieran con los criterios de inclusión de edad y estado nutricional adecuado. Por ello, como se enuncio en la metodología, se realizó un tamizaje nutricional en las cuatro IED.

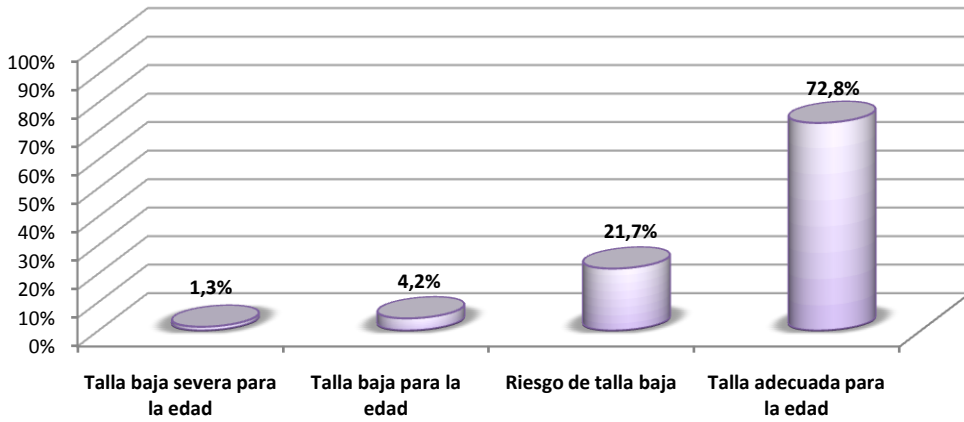
En este tamizaje, en el cual se tomó peso y talla y se registró la fecha de nacimiento de escolares de grados segundo a quinto de primaria (dependiendo de la institución educativa), se evaluaron 663 escolares (316 niñas y 347 niños), 61 de los cuales no tuvieron el dato de la fecha de nacimiento, 23 eran menores de 8 años y 35 mayores de 10 años.

Finalmente, se obtuvo la clasificación nutricional de 544 escolares, de los cuales el 50,4% fueron de género femenino (n = 274) y el 49,6% fueron de género masculino (n = 270). Para esta clasificación nutricional se tomaron los indicadores antropométricos de Talla/Edad e Índice de Masa Corporal/Edad.

5.1.1 Talla para la edad

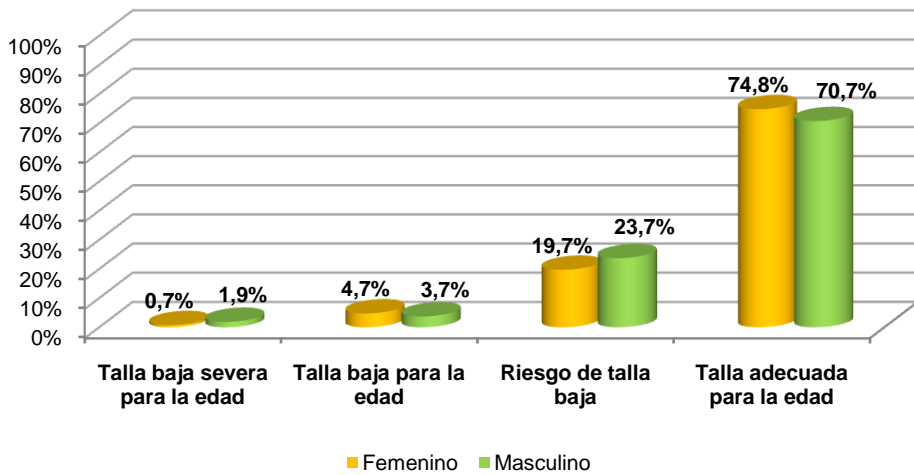
Según este indicador, el 72,8% de la población estudiada presenta una talla adecuada, sin embargo, se evidencia un porcentaje importante de escolares en riesgo de talla baja (21,7%) y en talla baja y retraso en el 4,2% y 1,3%, respectivamente. (Ver gráfico 2).

Gráfico 2. Distribución porcentual según indicador Talla/Edad (n = 544 escolares)



El comportamiento de las niñas y niños con relación a este indicador es muy similar, las diferencias por género se encuentran en mayores porcentajes de distribución de los niños en la clasificación de riesgo de talla baja con respecto a las niñas. (Ver gráfico 3).

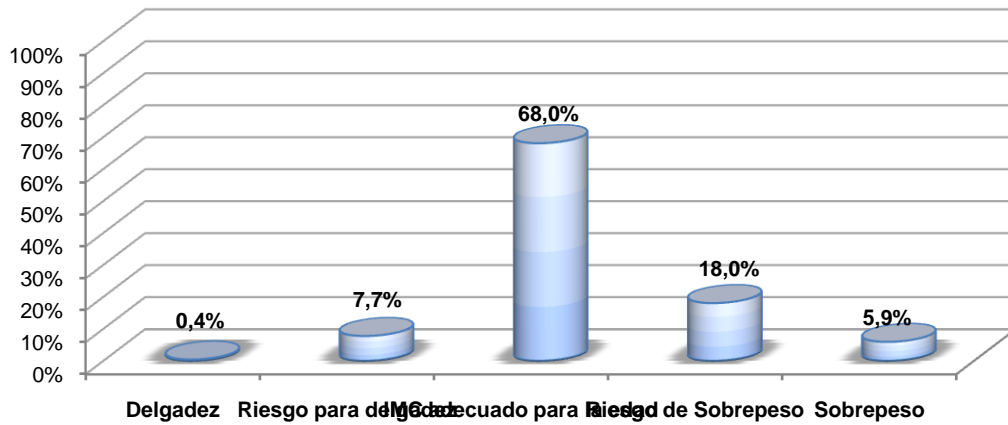
Gráfico 3. Distribución porcentual según indicador Talla/Edad, por género(n = 544 escolares)



5.1.2 Índice de masa corporal para la edad

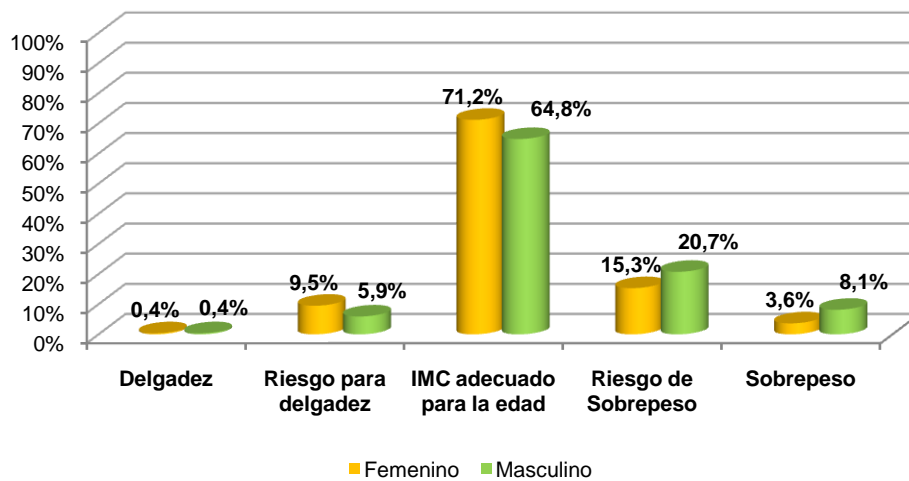
Según este indicador, el 68% de la población estudiada presenta un IMC adecuado, sin embargo, se evidencia un porcentaje importante de escolares en riesgo de sobrepeso (18%), así como en sobrepeso (5,9%) y riesgo para delgadez (Ver gráfico 4).

Gráfico 4. Distribución porcentual según indicador IMC/Edad (n = 544 escolares)



El comportamiento de las niñas y niños con relación a este indicador muestra diferencias por género, al encontrarse mayor prevalencia de riesgo de sobrepeso y sobrepeso en los niños correspondientes a 20,7% y 8,1%, respectivamente con respecto a las niñas, mientras que ellas tienen un mayor riesgo de delgadez (9,5%) con relación a los niños. (Ver gráfico 5).

Gráfico 5. Distribución porcentual según indicador IMC/Edad, por género (n = 544 escolares)



5.2 Resultados en la población muestra de estudio

El estudio se realizó en 4 IED en las Localidades de Usme (1), Engativá (2) y Barrios Unidos (1) - Zona Urbana para una muestra total de 84 escolares en un rango de edad entre 8 y 10 años. La distribución por género de la muestra de estudio fue de 43 niñas (51.2%) y 41 niños (48.8%). Ver tabla 5.

Tabla 5. Número de escolares de la muestra final del estudio, por IED y género.

INSTITUCIÓN EDUCATIVA	NIÑAS	NIÑOS
COLEGIO TENERIFE – GRANADA SUR	9	4
COLEGIO TABORA - SEDE B SANTA MARÍA DEL LAGO	10	5
COLEGIO ROBERT F KENNEDY	6	3
COLEGIO RAFAEL BERNAL JIMÉNEZ	18	29
TOTAL	43 (51,2%)	41 (48,8%)

5.2.1 Parámetros hematológicos, variables relacionadas con estado nutricional, composición corporal

Al analizar los resultados del hemograma, no se evidenciaron diferencias significativas entre género, la media de los parámetros hematológicos evaluados fue superior en las niñas, en un rango entre 0,1 y 0,3 en comparación con los niños. Así mismo, se observa una mayor dispersión en las niñas para el caso de Hb, Hcto y N. GR y en los niños en relación con las otras variables (Ver tabla 6). No obstante, no se evidencian diferencias significativas por género en este grupo.

Tabla 6. Media, DS y límites de los parámetros hematológicos evaluados en los escolares, según género

PARÁMETROS HEMATOLÓGICOS	Media		Desviación estándar		Mínimo		Máximo		Valor – p (* Significancia estadística)
	F	M	F	M	F	M	F	M	
Hb (g/dL)	14,7	14,5	0,691	0,647	13,3	13,4	16,1	16,0	0,4844
Hcto (%)	43,4	43,2	1,651	1,750	39,1	39,8	46,6	46,6	0,6739
N. GR (mill/μL)	5,2	5,1	0,259	0,255	4,6	4,7	5,6	5,6	0,8826
VCM (fl)	84,4	84,1	2,761	3,217	78,1	78,1	89,7	90,1	0,7203
HCM (pg)	28,5	28,3	1,204	1,307	25,8	25,6	31,0	31,1	0,2552
CMHC (g/dL)	33,8	33,7	1,149	1,160	31,3	31,6	35,7	36,2	0,3448

Hb: Hemoglobina, Hcto: Hematocrito, N. GR: Número de glóbulos rojos, VCM: Volumen Corpuscular Medio, HCM: Hemoglobina Corpuscular Media, CHMC: Concentración de Hemoglobina Corpuscular Media.

Tanto el número de glóbulos rojos como el Hcto (descifrado como el porcentaje de la sangre que corresponde a glóbulos rojos) son parámetros que evalúan la cantidad de glóbulos rojos en la sangre; valores reducidos de estos parámetros se interpretan como anemia, originada por disminución de la hematopoyesis medular, destrucción celular, pérdidas directas o indirectas por dilución sanguínea. Por el contrario, valores muy elevados puede interpretarse bajo una condición llamada policitemia o poliglobulia, la cual puede estar causada por un aumento en la producción medular en forma primaria (policitemia vera), secundaria a enfermedades sistémicas (enfermedades pulmonares, enfermedad cardiovascular y renal), o en forma indirecta (deshidratación, hipo ventilación). Un Hcto mayor a 60% se asocia a eritrocitosis, deshidratación intensa y hemoconcentración (Cario, 2005).

Así mismo, a través de la concentración de la hemoglobina (definida como la proteína encargada de transportar el oxígeno en la sangre a través de los eritrocitos) se determina si los eritrocitos pueden cumplir su función de llevar oxígeno a la periferia del organismo, actividad llevada a cabo por la hemoglobina del glóbulo rojo. La disminución de Hb se puede observar en anemias primarias, embarazo, enfermedades renales, enfermedades autoinmunes, problemas de alimentación. Los niveles altos de hemoglobina pueden estar en cardiopatías, deshidratación, enfermedades pulmonares crónicas, estancias en lugares de mucha altitud (Cario, 2005).

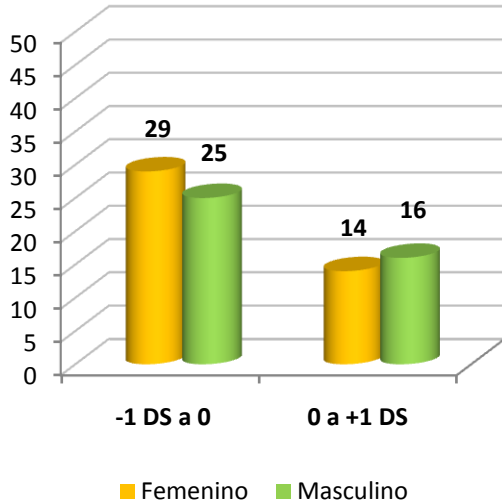
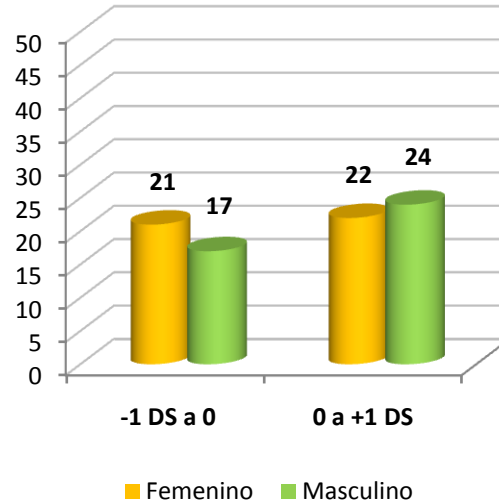
Con base en la anterior fundamentación y de acuerdo a estos análisis se concluye que todas las variables explican normalidad.

Las variables de edad, talla, peso e índice de masa corporal no mostraron diferencias significativas entre género, cabe resaltar que los datos de peso y talla tuvieron una mayor dispersión en las niñas y también la media de estas dos variables fue superior en este género en comparación con los niños (Ver tabla 7).

Tabla 7. Media, DS y límites de las variables relacionadas con el estado nutricional de los escolares, según género

V. RELACIONADAS CON EL ESTADO NUTRICIONAL	Media		Desviación estándar		Mínimo		Máximo		Valor – p (* Significancia estadística)
	F	M	F	M	F	M	F	M	F
Edad (años)	9,4	9,4	0,696	0,701	8,3	8,3	10,9	10,6	0,7709
Talla (cm)	133,5	132,6	7,395	4,968	120,4	123,0	155,8	141,1	0,9607
Peso (Kg)	29,5	28,8	4,659	3,219	21,5	22,9	43,6	34,4	0,6937
IMC (Kg/m ²)	16,4	16,4	1,175	0,996	14,7	14,6	18,3	18,3	0,8508

Los indicadores antropométricos utilizados con el fin de diagnosticar a los escolares con adecuado estado nutricional fueron Talla/Edad (T/E) e Índice de Masa Corporal/Edad (IMC/E). El comportamiento observado de los mismos, evidencia que para el caso de T/E, la tendencia de los escolares es a presentar la talla hasta con -1 DS de la esperada, mientras que en el caso del IMC/E, los niños tienden más a IMC con +1 DS del esperado en comparación con las niñas, quienes paralelamente presentan IMC con -1 y +1 DS (Ver gráficos 6 y 7).

Gráfico 6. D.S. de T/E, según género**Gráfico 7.** D.S. de IMC/E, según género

Con relación a la composición corporal evaluada a partir de la antropometría de brazo, se observa que hay diferencias por géneros en todos los pliegues cutáneos, lo que explica la variación de la composición corporal entre las niñas y los niños. El valor *p* que expresa la diferencia tiene valores más bajos para el pliegue de bíceps, suprailíaco y tríceps, demostrando las variaciones en porcentaje de grasa por segmentos corporales. La circunferencia muscular de brazo no muestra diferencias por género en relación al valor de *p*, lo que permite demostrar que en estas edades aún no hay cambios en la masa muscular por género. Los datos encontrados son similares a los reportados por estudios en composición corporal en escolares. (Ver tabla 8).

Tabla 8. Media, DS y límites de las variables relacionadas con la composición corporal de los escolares, según género.

COMPOSICIÓN CORPORAL	Media		Desviación estándar		Mínimo		Máximo		Valor – <i>p</i> (* Significancia estadística)
	F	M	F	M	F	M	F	M	
C Brazo (cm)	19,7	19,1	1,663	1,582	16,0	16,2	23,8	24,7	0,0381*
C Muscular del brazo (cm)	16,5	16,3	1,157	1,041	13,5	14,2	19,5	19,5	0,5366
P Tríceps (mm)	10,4	8,8	2,733	2,727	6,5	5,0	18,5	16,5	0,0026*
P Bíceps (mm)	6,8	5,4	1,779	1,860	3,0	3,0	11,0	11,0	0,0003*
P Subescapular (mm)	8,0	6,6	2,892	2,730	4,0	3,0	15,0	20,0	0,0121*
P Suprailíaco (mm)	12,1	8,8	5,061	4,985	5,0	3,0	22,5	28,0	0,0005*
Porcentaje de grasa (TANITA)	20,7	17,7	3,827	3,383	10,3	13,1	29,0	24,9	0,0001*
P. Grasa (Sumatoria de 2 pliegues. F. Slaughter)	17,2	14,9	4,19	4,44	10,0	8,5	25,4	31,8	0,0114*
P. Grasa (Sumatoria de 4 pliegues. F. Lohman)	15,3	13,4	6,05	5,53	3,9	3,4	26,1	30,1	0,1709

Adicionalmente, al comparar los valores de porcentaje de grasa determinados a través de bioimpedancia y por fórmulas predictivas, se puede observar que es mayor la media tanto en niños como en niñas en el porcentaje de grasa obtenido a través del primer método, puesto que los otros tienen medias menores pero desviaciones estándar superiores, indicando mayor dispersión en estos últimos valores, soportando un rango de valores mínimos y máximos más amplio. No obstante, se evidencian diferencias significativas entre niñas y niños con relación al porcentaje de grasa obtenido por los dos primeros métodos, lo cual muestra que la fórmula en la que sólo se utilizan dos pliegues corrobora las diferencias por género, comparada con la fórmula de Lohman.

Contrario a la masa grasa, la masa libre de grasa explicada en parte por la circunferencia muscular de brazo no mostró diferencias significativas entre género.

5.2.2 Variables relacionadas con el Gasto Energético

La estadística descriptiva de las variables relacionadas con el GER, evidencian diferencias significativas por género, siendo mayor la media en los niños, datos que se relacionan con lo encontrado en otros estudios y lo que reportan las tablas de recomendaciones de calorías y nutrientes para esta población. Así mismo, se observa la utilización de lípidos, proteínas y carbohidratos como sustratos energéticos, predominando la utilización de proteínas según la media del RQ calculada (Ver tabla 9). Cabe resaltar que los valores de GER entregados por el equipo y los calculados fueron similares.

Tabla 9. Media, DS y límites de las variables relacionadas con el Gasto Energético en Reposo (GER) de los escolares, según género

VARIABLES GER	Media		Desviación estándar		Mínimo		Máximo		Valor – p (* Significancia estadística)
	F	M	F	M	F	M	F	M	
F. Cardíaca (lpm)	90	87	9,614	9,183	68	67	106	104	0,3801
VO2 (L/min)	0,196	0,201	0,030	0,027	0,133	0,123	0,289	0,268	0,1183
VCO2 (L/min)	0,154	0,158	0,026	0,020	0,106	0,113	0,241	0,203	0,1694
RQ	0,80	0,80	0,049	0,059	0,71	0,68	0,91	0,95	0,7343
GER Equipo (Kcal/d)	1343	1382	202,907	181,866	921	884	1967	1825	0,1163
GER Fórmula Weir (Kcal/d)	1342	1378	204,585	178,870	915	873	1968	1818	0,0951

En lo referente a la frecuencia cardíaca se evidencian datos similares entre niñas y niños, asegurando que los escolares tuvieron una valores normales o dentro del rango esperado (70 – 110 lpm). Se observó una estabilización de la frecuencia cardíaca entre los primeros 15 minutos de medición, posteriores a los 5 minutos de estabilización, puesto que inicialmente los escolares tuvieron una buena disposición pero después de este tiempo (15 minutos) estuvieron un poco inquietos a la espera de la finalización de la medición del gasto energético en el calorímetro.

5.2.3 Nivel de Actividad física

Finalmente, en relación con los resultados obtenidos a partir del instrumento validado utilizado para determinar el nivel de actividad de los escolares objeto de estudio, se encontró que el 65,5% de los niños y niñas tienen un nivel de actividad regular, el 27,4% malo y el 7,1% bueno. Esta categorización se basó en la estimación del tiempo que los niños y niñas permanecen acostados, sentados, caminando, realizando actividades recreativas y sistemáticas.

Es pertinente resaltar que el tiempo empleado para las actividades recreativas (manejar bicicleta, patines, jugar fútbol u otros juegos populares como escondidas, "lleva", congelados bajo tierra, policías y ladrones, entre otros) y sistemáticas (práctica de fútbol o taekwondo dirigido) fue baja, puesto que las primeras tienen una duración diaria máxima de 60 minutos y la última de 3-4 horas semanales.

Por consiguiente, podría considerarse que la actividad física que ellos realizan es leve y similar entre niños y niñas, considerando además que los escolares refieren preferencias por los juegos de computador, ya que refieren que no se les permite salir sin la compañía de sus padres y la carga académica es alta.

Tabla 10. Número de escolares con niveles de actividad bueno, regular y malo, según género.

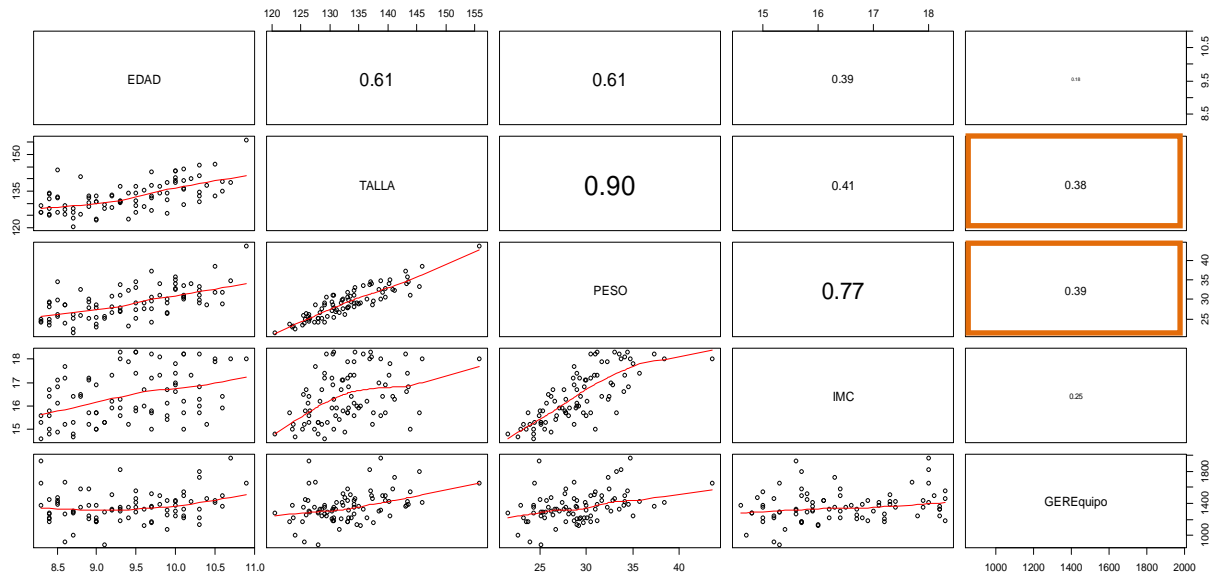
GÉNERO	BUENO	REGULAR	MALO
Femenino	4	26	13
Masculino	2	29	10
TOTAL	6	55	23

5.2.4 Correlación de variables

Se estima que una variable tiene mayor correlación con otra entre más cercano a 1 sea este valor. Los siguientes resultados muestran la correlación de las diferentes variables evaluadas con el Gasto Energético en Reposo, determinándose a partir de la correlación de Pearson en el programa R versión 2.15.3.

5.2.4.1 Correlación de variables asociadas al estado nutricional y la edad con el GER.

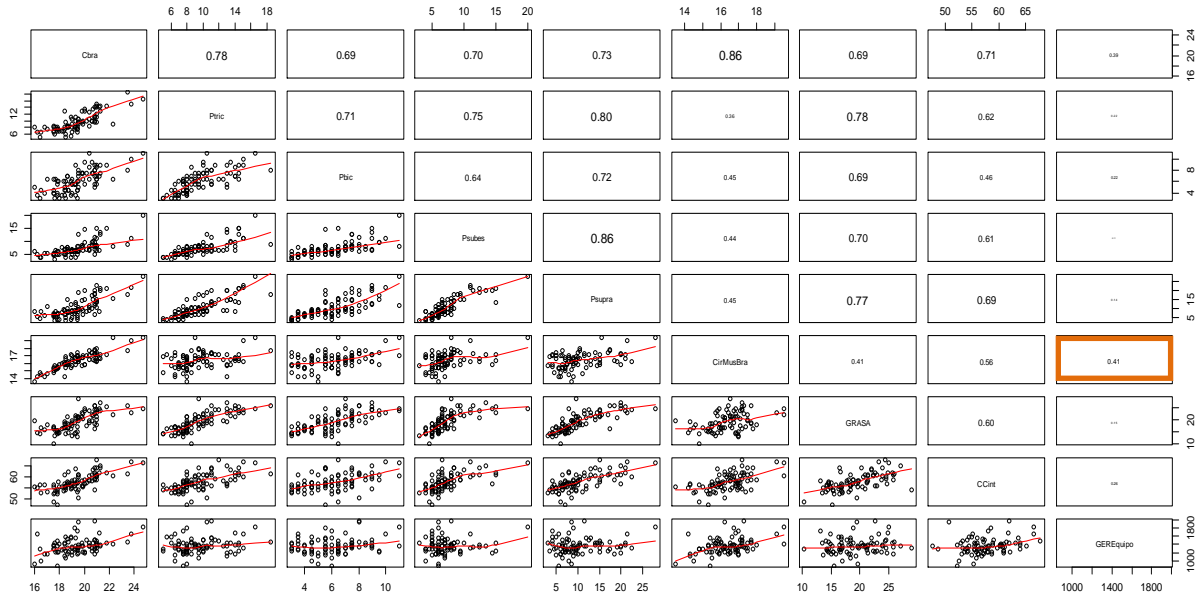
Gráfico 8. Correlación de la edad, talla, peso e IMC con el GER en niños y niñas de 8 – 10 años.



Se evidencia una correlación baja de estas variables con el GER. Las variables que se correlacionan con el GER son peso y talla/estatura con una correlación de 0,38 y 0,39, respectivamente (Ver gráfico 8). En general, se observa una buena correlación entre las variables de peso y talla (0,90) y entre peso e Índice de masa corporal (0,77).

5.2.4.2 Correlación de variables asociadas a la composición corporal con el GER.

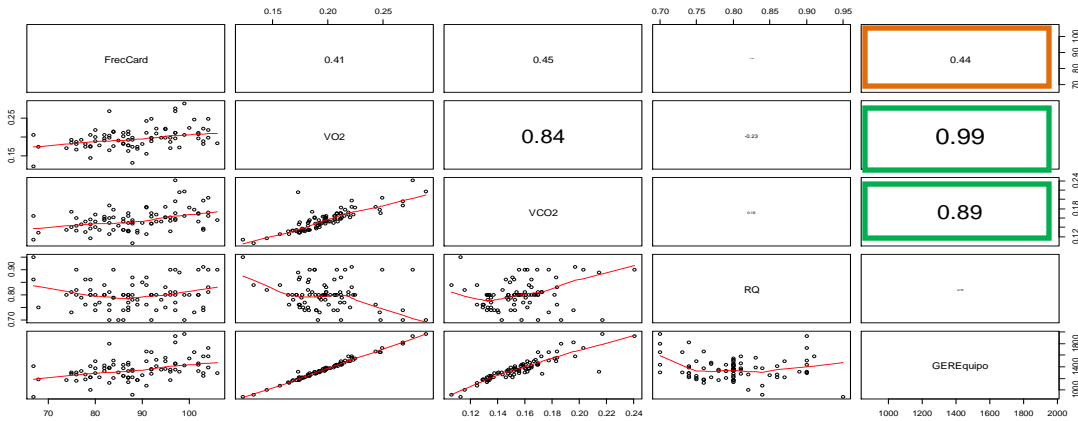
Gráfico 9. Correlación de la antropometría del brazo y el porcentaje de grasa corporal con el GER.



Se evidencia una correlación muy baja de estas variables con el GER. La variable que correlaciona corresponde a la Circunferencia Muscular del Brazo (CMB) con un valor que correspondiente a 0,41 (Ver gráfico 9).

5.2.4.3 Correlación de variables directamente relacionadas con el GER.

Gráfico 10. Correlación de la frecuencia cardiaca, consumo de oxígeno (VO₂), producción de dióxido de carbono (VCO₂) y Cociente Respiratorio (RQ) con el GER



Se evidencia una correlación muy alta de las variables VO_2 y VCO_2 , dado que tienen una relación directa con el GER (0,99 y 0,89 respectivamente), especialmente el VO_2 , considerando que están incluidos en la fórmula y por consiguiente siempre tendrá un R^2 alto. Se destaca una correlación menor de la frecuencia cardíaca (0,44) (Ver gráfico 10).

5.2.5 Comparación de GER y GET obtenidos vs las recomendaciones FAO/OMS/ONU 2001, NEE (Instituto de Medicina E.U.) y de la población colombiana (ICBF).

Al comparar los resultados del Gasto Energético en Reposo (GER) por género con las recomendaciones FAO/OMS/ONU del 2001, se evidencia que el GER obtenido por calorimetría indirecta en la población objeto de estudio corresponde aproximadamente al 75% y 70% del GET de niñas y niños, respectivamente, obtenido por las ecuaciones propuestas por este organismo internacional (Ver Tabla 11). Estos valores porcentuales elevados se relacionan con el hecho de que el GER corresponde a un ajuste de 10% por encima de la tasa metabólica basal.

Se evidencia también que al contrastar el valor de GER obtenido en el estudio con las fórmulas para determinar las Necesidades Estimadas de Energía (NEE), el 80% del GET calculado por esta ecuación correspondería al GER estimado por calorimetría indirecta (Ver Tabla 11).

Para el caso de las recomendaciones para la población colombiana, el 70% de éstas correspondería al GER del presente estudio (Ver Tabla 11).

Tabla 11. GER promedio obtenido en el estudio y comparado con las recomendaciones FAO/OMS/ONU 2001, Instituto de Medicina e ICBF, según género.

GÉNERO	GER Weir (Kcal/día)	GER Calorímetro (Kcal/día)	FAO/OMS 2001 ² GER = 70% del GET	FAO/OMS 2001 ³ GER = 75% del GET	NEE (IM 2002) ⁴ GER = 75% del GET	NEE (IM 2002) ⁵ GER = 80% del GET	ICBF 1992 ⁶ GER = 70%
NIÑAS	1342	1343	1249	1338	1244	1327	1334
NIÑOS	1378	1382	1340	1435	1316	1403	1334
NIÑOS Y NIÑAS	1360	1362	1293	1385	1279	1364	1334

Por otra parte, al comparar los valores del GET, se evidencia una mayor similitud entre los valores calculados con la fórmula $(GER \times 1,13) + (\text{calorías por crecimiento})$ y los hallados mediante las fórmulas propuestas por el Instituto de Medicina de E.U. Mientras

² GER calculado como el 70% del GET obtenido por la fórmula de la FAO/OMS 2001.

³ GER calculado como el 75% del GET obtenido por la fórmula de la FAO/OMS 2001.

⁴ GER calculado como el 75% del GET obtenido por la fórmula del IM 2001.

⁵ GER calculado como el 80% del GET obtenido por la fórmula del IM 2001.

⁶ GER calculado como el 70% del GET recomendado por el ICBF 1992.

que, los valores del GET estimados por las ecuaciones de la FAO/OMS/UNU del 2001 son mayores al igual que los establecidos para la población colombiana por el ICBF en 1992.

Tabla 12. GET obtenido en el estudio y según las recomendaciones FAO/OMS/ONU 2001, por género.

GÉNERO	GET calculado (GER*1,13)+(kcal por crecimiento)	GET (Ecuaciones FAO/OMS 2001)	NEE (Institute Medicine)	GET (Recomendaciones de ICBF)
NIÑAS	1539	1784	1658	1906
NIÑOS	1575	1914	1754	1905
NIÑOS Y NIÑAS	1557	1847	1705	1906

Otro aspecto a considerar es el nivel de actividad física, evidenciándose un factor más alto utilizado para las fórmulas de la FAO (Baja actividad física: 1,35 - 1,40 o Moderada: 1,60 - 1,65 y uno menor (1,13 para niños y 1,16 para niñas) empleado en las fórmulas del Instituto de Medicina.

Es notorio que las recomendaciones del ICBF sobreestiman el GET en comparación con los valores obtenidos al utilizar las otras fórmulas que coincide con lo reportado por la FAO/OMS/UNU 2001 en las diferencias encontradas por grupos etarios, respecto a las necesidades de energía para el año 1985.

5.2.6 Modelo de regresión lineal

Se creó un modelo de regresión lineal con el fin de predecir el GER en función de variables explicativas.

Se eligió un método de “selección paso a paso”, este método comienza como el de introducción progresiva, pero en cada etapa se plantea si todas las variables introducidas deben permanecer; termina el algoritmo cuando ninguna variable entra o sale del modelo para establecer el mejor modelo con menor número de variables y con una significancia del 10%, la cual obedece a que las variables de estudio no se relacionan de manera importante con el GER, por consiguiente, no se debe ser tan estricto.

Con base en las correlaciones se observó que las variables que debían entrar como explicativas en el modelo eran: frecuencia cardiaca, circunferencia muscular del brazo (variable de composición corporal) y género. La variable dependiente fue el GER tomado del equipo de calorimetría (Calorímetro Vmax 29c).

Dada la desviación y la dispersión en datos de modelos biológicos, el modelo se escoge de acuerdo con la significancia obtenida a través de la prueba F del análisis de varianza en el modelo global, aun cuando el R^2 no es tan grande, y se asumió un nivel de significación de 5%.

Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	,437 ^a	,191	,181	174,468
2	,553 ^b	,306	,289	162,619
3	,578 ^c	,334	,309	160,266

a. Variables predictoras: (Constante), FrecCard

b. Variables predictoras: (Constante), FrecCard, CirMusBra

c. Variables predictoras: (Constante), FrecCard, CirMusBra, GENERO

ANOVA^a

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	588989,901	1	588989,901	19,350	,000 ^b
	Residual	2496008,515	82	30439,128		
	Total	3084998,417	83			
2	Regresión	942969,440	2	471484,720	17,829	,000 ^c
	Residual	2142028,977	81	26444,802		
	Total	3084998,417	83			
3	Regresión	1030174,716	3	343391,572	13,369	,000 ^d
	Residual	2054823,700	80	25685,296		
	Total	3084998,417	83			

a. Variable dependiente: GEREquipo

b. Variables predictoras: (Constante), FrecCard

c. Variables predictoras: (Constante), FrecCard, CirMusBra

d. Variables predictoras: (Constante), FrecCard, CirMusBra, GENERO

El modelo obtenido fue el siguiente:

Coefficientes^a

Modelo		Coefficients no estandarizados		Coefficients tipificados	t	Sig.		
		B	Error típ.	Beta				
1	(Constante)	569,148	181,263		3,140	,002		
	FrecCard	8,960	2,037	,437			4,399	,000
2	(Constante)	-307,767	293,246		-1,050	,297		
	FrecCard	7,677	1,931	,374			3,976	,000
	CirMusBra	60,467	16,527	,344			3,659	,000
3	(Constante)	-393,438	292,720		-1,344	,183		
	FrecCard	8,033	1,912	,392			4,200	,000
	CirMusBra	61,840	16,305	,352			3,793	,000
	GENERO	64,927	35,237	,169			1,843	,069

a. Variable dependiente: GEREquipo

Niños

$$GER = -393,438 + 8,033 \times FC + 61,840 \times CMB + 64,927 \text{ ó}$$

$$GER = -328,511 + 8,033 \times FC + 61,840 \times CMB$$

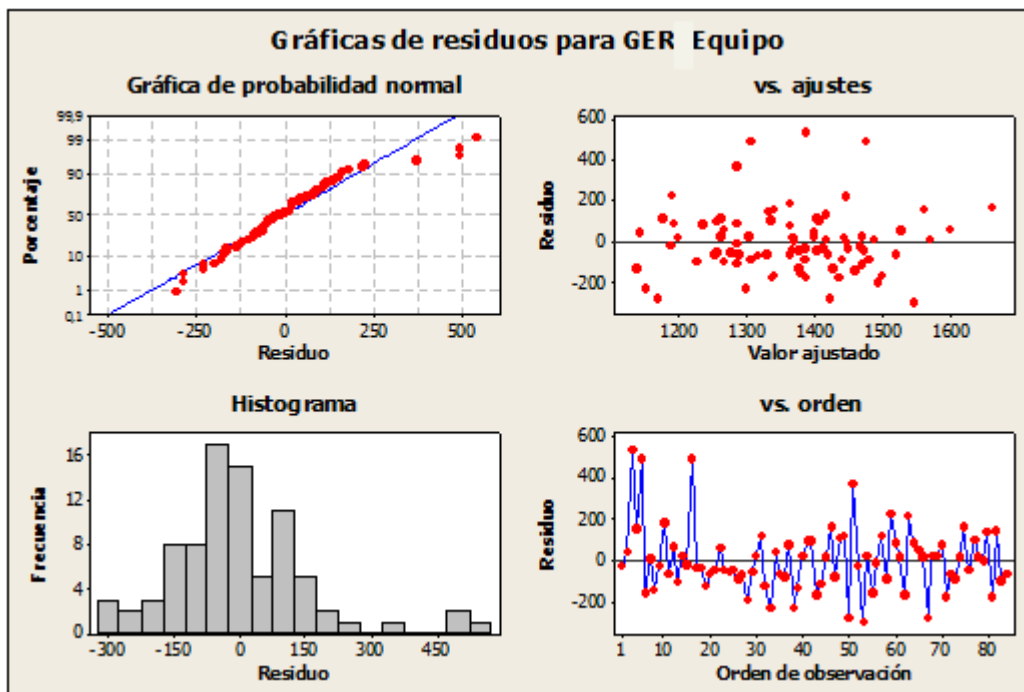
Niñas

$$GER = -393,438 + 8,033 \times FC + 61,840 \times CMB$$

La diferencia en los modelos por género está en el intercepto del modelo. Se nota que el modelo global es significativo al 5%, al igual que las variables frecuencia cardiaca y circunferencia muscular del brazo, mientras que el género tiene una significancia al 10%. Así, dichas variables permiten predecir el GER.

Las siguientes gráficas permiten validar los supuestos para aceptar un modelo de regresión lineal:

- Normalidad: En general la mayoría de las observaciones se encuentra en probabilidad de normalidad, puesto que se evidencian las observaciones sobre la recta; sin embargo, se evidencian algunos atípicos que deben tratarse con cuidado.
- Homocedasticidad: No existe índice de heterocedasticidad, teniendo en cuenta que se presenta una dispersión adecuada de las observaciones.
- No Autocorrelación: No hay un patrón de ordenamiento de las observaciones, por tanto, no existe evidencia de correlación.



Se utilizó este modelo con los datos de los escolares evaluados y los resultados se compararon con los obtenidos a partir de la valoración realizada a través de la calorimetría indirecta y se evidenció que es estadísticamente significativo. En promedio la variación en kcal fue de 24 y 37 para niños y niñas, respectivamente.

6. Discusión

A falta de estudios específicos en Colombia sobre determinación del Gasto Energético en Reposo a través de métodos precisos, el estudio se constituye en una línea de base para la estimación más exacta de las necesidades energéticas de los escolares entre 8 y 10 años con características similares a las de la población objeto de estudio, y de estímulo para repetir esta metodología en todas las edades en niños y niñas.

En la población de estudio evaluada se evidenció en mayor proporción talla e índice de masa corporal adecuados para la edad como se esperaría según la ENSIN 2010; no obstante, se presentó una prevalencia de retraso en crecimiento de 5,5% y de sobrepeso de 8,1%, inferiores a las reportadas en la ENSIN 2010 (10% y 17,5%, respectivamente) (Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, 2010). Lo anterior demuestra la existencia de malnutrición tanto por déficit como por exceso, siendo éste último el más prevalente en los escolares entre 8 y 10 años objeto del presente estudio.

Los escolares seleccionados por su adecuado estado nutricional a quienes se les determinaron parámetros hematológicos, mostraron normalidad en los mismos. No obstante, 35 escolares (18 niñas y 17 niños) presentaron alto número de glóbulos rojos, este resultado no sugiere la presencia de anemia o alteración hematológica alguna que pueda afectar la respuesta del intercambio gaseoso de forma negativa. Más bien, podría considerarse una policitemia relativa secundaria a la pérdida de líquidos o disminución de la ingesta de líquidos que resulta en hemoconcentración (Cario, 2005). Lo anterior se asocia a las características de altitud sobre el nivel del mar en las que habitan estos escolares, puesto que se ha referido que el aumento de la altura genera un incremento de la hemoglobina de 4% por cada aumento de 1.000 m de altitud (Cario, 2005).

La evaluación antropométrica mostró diferencias por género en el porcentaje de grasa. Específicamente, los resultados de los 84 escolares evidenciaron mayores pliegues en las niñas y por consiguiente un mayor porcentaje de grasa corporal (Baumgartner, 2005), situación que corrobora el hecho de un mayor desarrollo de masa grasa por parte de las niñas y un menor desarrollo de masa muscular y ósea en comparación con los niños, puesto que las niñas acumulan grasa subcutánea más rápidamente y en mayor magnitud que los niños (Mora, Rey, Peña, Rodríguez, Guevara, & Jáuregui, 1993), (Castro & Durán, 2003).

Las niñas también presentaron valores superiores de peso y talla en comparación con los niños, debido a una mayor ganancia de kg de peso por año en las niñas (Castro & Durán, 2003) y las variaciones resultantes de tendencias seculares demostradas que han conllevado a la consecución del alcance de estaturas mayores (Mora, Rey, Peña, Rodríguez, Guevara, & Jáuregui, 1993).

Los valores de GER hallados al ser comparados por género evidenciaron que los niños tienen valores superiores de GER en relación a las niñas, estos hallazgos podrían justificarse por las diferencias anatómicas fisiológicas, endocrinas y genéticas entre los géneros (Gómez, y otros, 2011).

Autores como Sun consideran que el tamaño de los órganos de los hombres es ligeramente mayor que el de las mujeres, elevando de esa forma la demanda energética masculina del gasto energético en reposo y una mayor masa libre de grasa al llegar a la pubertad (Sun & colaboradores, 1998), aunque algunos estudios consideran valores similares en ambos sexos y hasta inferiores en los varones, por lo que su interpretación tanto en niños como en adultos aun es controvertida (Gómez, y otros, 2011).

Tal como se observó en los valores de GER obtenidos en este estudio, pueden existir diferencias en el GER de individuos con características similares de edad y género, diferencias que pueden alcanzar hasta un 30% según algunos estudios (Marugán de Miguelsanz JM, 2011).

Considerando los resultados del presente estudio, la variación en el gasto energético en reposo de niños y niñas se puede explicar por la composición corporal, teniendo en cuenta que hasta un 80% de la variación en el aporte calórico y gasto de energía se explica por la composición del cuerpo (Müller, Bosy-Westphal, Later, Haas, & Heller, 2009). Al evidenciar en el presente estudio un GER superior en los niños en comparación con las niñas, se ratifica la alta contribución de la masa magra al GER (Bosy-Westphal, Eichhorn, Kutzner, Illner, Heller, & Muller, 2003), (tres a cinco veces mayor por kg. en reacción con la masa grasa) reportada por Tounian y colaboradores en su publicación (Tounian, Dumas, Veinberg, & Girardet, 2003). De ahí que en otros estudios se ha encontrado que el GER ajustado por MLG muestra una media significativamente mayor (Marugán de Miguelsanz JM, 2011).

Sin embargo, en este estudio también se observó que en promedio a mayor porcentaje de grasa se presenta un GER superior, situación que también se presentó en el estudio de Gómez y colaboradores, autores que afirmaron que la masa grasa a pesar de ser metabólicamente menos activa que la masa magra, pero al estar presente en mayor cantidad, contribuye a incrementar el GER (Gómez, y otros, 2011).

Estos resultados corroboran que el GER es relativamente más alto por kilogramo de peso corporal total en los niños en comparación con los adultos, probablemente debido a las diferencias en los requisitos de los tejidos oxidativos necesarios para el crecimiento y desarrollo, lo cual se traduce en una mayor demanda de energía (Marugán de Miguelsanz JM, 2011).

El GER obtenido, evaluado bajo el parámetro de la altitud sobre el nivel del mar, es un poco más alto que el obtenido en un estudio realizado a partir de la fórmula de Fleisch (basada en la superficie corporal y la edad) en escolares entre 6 y 11 años que nacieron en la provincia de Arequipa, ubicada a una altitud moderada (2320 msnm); puesto que los valores de GER para niñas y niños correspondieron a $1256,7 \pm 192,7$ y $1255,1 \pm 182,5$, respectivamente en los escolares de Arequipa (Gómez, y otros, 2011), mientras que los escolares de Bogotá a 2600 msnm obtuvieron un GER de $1342 \pm 204,6$ en el caso de las niñas y $1378 \pm 178,9$ en los niños. Por lo anterior, se evidencia la necesidad de realizar estudios específicos en la población considerando que las características de crecimiento

y desarrollo, así como las de la zona geográfica donde habitan son diferentes, como lo ratifican Reynolds y colaboradores, al exponer que el gasto energético en reposo promedio es 2,5 a 3 veces el encontrado a nivel del mar (Reynolds, y otros, 1999).

Si bien, la determinación del GER no es suficiente para establecer el GET, la selección del factor de actividad física a emplear es de gran importancia, considerando el nivel de actividad física de este grupo de población. Para este caso, a partir del cuestionario dirigido a los escolares, se encontró que efectivamente pasan el mayor tiempo del día sentados, puesto que realizan de esta forma sus tareas, así mismo, su mayor entretenimiento son los juegos disponibles en el computador y los videojuegos; situación característica de este grupo poblacional según la ENSIN al evaluar las actividades de tiempo libre de la población colombiana (Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, 2010). Considerando este aspecto, se podría pensar que este tipo de actividades contribuirán con un menor GET. Para el presente estudio, se clasificaron bajo un nivel de actividad correspondiente a “poco activos” de acuerdo con las características que expone el Instituto de Medicina en su reporte (Brooks, Butte, Rand, Flatt, & Caballero, 2004).

El GER obtenido fue mayor al 70% de lo esperado, no obstante, esto podría explicarse según Mataix, porque el Índice Metabólico de Reposo o Gasto Energético de Reposo, que se obtiene cuando la determinación se hace en reposo, pero no en ayuno, incluye la energía necesaria para llevar a cabo el aprovechamiento digestivo y metabólico de los nutrientes (Mataix Verdú & Martínez Hernández, 2009).

La comparación de los resultados obtenidos de GER demuestra que el GER por calorimetría indirecta correspondería entre el 70% y 80% del GET, lo cual es contradictorio con algunos estudios que refieren que el GER representa entre el 60% y 70% del GET (Pinheiro Volp, Esteves de Oliveira, Duarte Moreira Alves, Esteves, & Bressan, 2011), (Sancho, Dorao, & Ruza, 2008).

El GET calculado a partir del GER obtenido por calorimetría indirecta se vio afectado por el factor de actividad física empleado en el cálculo (1,13), por lo cual es parecido a las Necesidades Estimadas de Energía (NEE) del Instituto de Medicina de E.U.(Brooks, Butte, Rand, Flatt, & Caballero, 2004), teniendo en cuenta que se trabajó con el mismo factor, empero el 80% de las NEE calculadas, correspondieron al GER obtenido por calorimetría indirecta. Comparado con las ecuaciones de la FAO/OMS/UNU y las recomendaciones para la población colombiana, el GET obtenido por calorimetría indirecta fue menor. En términos generales, se demostró en este estudio que las necesidades de energía total son más bajas para ambos géneros en comparación con los resultados obtenidos a partir de las otras ecuaciones.

Lo anterior puede fundamentarse en la metodología para la obtención de las ecuaciones de predicción de la FAO/OMS/UNU del 2001 y las del Instituto de Medicina del 2002, puesto que a pesar de que los estudios empleados para desarrollarlas se basaban en el método de agua doblemente marcada, el factor de actividad y el método matemático utilizado fue diferente (factorial para el caso de la primera), lo cual podría contribuir en marcadas diferencias al emplear estas fórmulas predictivas en los mismos individuos (Brooks, Butte, Rand, Flatt, & Caballero, 2004), (FAO, 2001). Así mismo, la desactualización de las recomendaciones para la población colombiana creadas a partir de la teoría, pero sin tener como fundamento una medición real del gasto energético, contribuyen con dichas discrepancias entre los resultados.

Al comparar estos datos con las recomendaciones de la FAO/OMS/UNU de 2001 con estudios en los que se hayan empleado estos métodos, se evidencia subestimación del valor del GER en comparación con los resultados encontrados por calorimetría indirecta, estos resultados son probablemente debido al hecho de que las ecuaciones de la FAO se basaron en datos principalmente de América del Norte e individuos europeos con diferentes patrones de alimentación, nivel de actividad física, características físicas y condiciones climáticas (Pinheiro Volp, Esteves de Oliveira, Duarte Moreira Alves, Esteves, & Bressan, 2011).

Estos hallazgos, ratifican que la calorimetría como análisis del gasto de energía por intercambio de gases es un procedimiento confiable que además reduce el margen de error en la planeación y orientación de la alimentación y nutrición de un individuo (Marchin, Fett, Rezende Fett, & Miguel Suen, 2005). Así mismo, se reafirma lo referido por McClave y colaboradores, quienes señalan que se siguen presentando problemas e imprecisiones al comparar requerimientos calóricos medidos por calorimetría indirecta con las ecuaciones de predicción del GER; por tanto, la calorimetría indirecta permite establecer de manera precisa metas nutricionales, evita errores en la planeación de regímenes de alimentación e imprecisiones en el cálculo del gasto energético en reposo (McClave, Martindale, & Kiraly, 2013).

Si bien es cierto que, la calorimetría indirecta de ser utilizada siguiendo los protocolos de forma adecuada, es un método de determinación del GER preciso y que el empleo de fórmulas de predicción es un método simple, rápido y de bajo costo, éstas tienen limitaciones al evidenciarse sobre o subestimación en individuos de la misma población (Pinheiro Volp, Esteves de Oliveira, Duarte Moreira Alves, Esteves, & Bressan, 2011). Por consiguiente, la extrapolación de las fórmulas para determinar el GER debe ser evaluada con cautela, por ello, se deben realizar estudios de cada población centradas en el contexto y necesidades de la misma (Pinheiro Volp, Esteves de Oliveira, Duarte Moreira Alves, Esteves, & Bressan, 2011).

Por consiguiente, en este estudio se desarrolló un modelo de regresión para estimar el GER a partir de los datos de las variables evaluadas en escolares entre 8 – 10 años de Instituciones Educativas Distritales con un estado nutricional adecuado y sin ninguna afección cardíaca y/o respiratoria. Entre las variables independientes que se incorporaron al modelo no hacen parte las correspondientes a peso y talla, las cuales si se consideran en algunas ecuaciones de predicción del GER (Pinheiro Volp, Esteves de Oliveira, Duarte Moreira Alves, Esteves, & Bressan, 2011). La variable en común con otras ecuaciones incluida en este modelo fue el género, las demás variables que explicaron relación con el gasto energético fueron la circunferencia muscular del brazo y la frecuencia cardíaca, esta última se mantuvo como variable dependiente el GER obtenido por calorimetría indirecta.

El presente estudio mostró que el modelo de regresión obtenido fue bueno al seleccionarse variables que estaban asociadas de manera significativa con el GER, según los datos analizados de la población de estudio. No obstante, es recomendable que sea probado en otra población del mismo rango de edad con las mismas características sociodemográficas.

7. Conclusiones y recomendaciones

7.1 Conclusiones

El grupo de niñas y niños a quienes se les realizó tamizaje nutricional, muestra una tendencia a talla adecuada (72,8%), riesgo de talla baja (21,7%), estatura baja (4,2%) y retraso en crecimiento severo (1,3%). De igual forma, presenta una proporción de índice de masa corporal adecuado correspondiente a 68%, prevalencia de riesgo de sobrepeso (18%), sobrepeso (5,9%), riesgo para delgadez (7,7%) y delgadez (0,4%). Este comportamiento es similar al de la población escolar colombiana evaluada para la ENSIN 2010.

La proporción de riesgo de sobrepeso es más alta en los niños (20,7%) que en las niñas (15,3%) así como la de sobrepeso (8,1% y 3,6%, respectivamente). En escolares es de riesgo para el desarrollo de la obesidad, asociado a los cambios de composición corporal.

La media de la hemoglobina corresponde a 14,7 g/dL y 14,5 g/dL en niñas y niños, respectivamente, y del hematocrito de 43,4% y 43,2%. Estos valores son normales a altitud intermedia, de acuerdo a lo esperado.

La media del consumo de oxígeno corresponde a 0,196 L/min en las niñas y 0,201 L/min en los niños y en promedio la producción de dióxido de carbono es 0,154 L/min y 0,158 L/min, respectivamente. Estos valores muestran un mayor consumo de CO₂ y menor producción equivalente de CO₂.

El gasto energético en reposo (GER) obtenido por calorimetría en escolares entre 8 y 10 años es mayor en niños (1382 Kcal) que en niñas (1343 Kcal), lo cual se sustenta en la composición corporal por género, al encontrarse pliegues cutáneos superiores en niñas que dan cuenta de una mayor reserva grasa en ellas.

El nivel de actividad física de los escolares evaluados es leve y por tanto, se evidencia que este componente no aporta en gran medida al GET.

El GER obtenido por calorimetría en escolares entre 8 y 10 años es 1382 Kcal niños y 1343 Kcal en niñas, lo cual se sustenta en la composición corporal por género.

El GET estimado es inferior en 245 Kcal en niñas y 339 Kcal en niños al determinado a partir de las ecuaciones de la FAO/OMS/UNU-2001; en 348,5 Kcal según las recomendaciones de energía del ICBF; y en 149 Kcal acorde con las ecuaciones del Instituto de Medicina de Estados Unidos.

Las variables incluidas en el modelo de regresión para determinar el GER según género, están relacionadas con la composición corporal (circunferencia muscular del brazo) y con el consumo de oxígeno (frecuencia cardiaca). No obstante, se requiere validar la ecuación.

7.2 Recomendaciones

Debe considerarse, valorar la actividad física por registro de actividades a través de acelerómetros o mediante la frecuencia cardiaca obtenida por un periodo de tiempo.

Sería conveniente realizar una prueba piloto en la cual el escolar pueda ver algún programa de televisión particular o escuchar algún tipo de música con el fin de garantizar una mayor estabilidad durante el registro de calorimetría indirecta y especialmente después de los 15 primeros minutos transcurridos, lo cual se ha encontrado en diversos estudios.

Este estudio debería tomarse como base para iniciar en el país un estudio que abarque todos los grupos etarios en relación con la evaluación del gasto energético en reposo a partir de calorimetría indirecta y del nivel de actividad física para determinar el gasto energético total.

A.Anexo: Consentimiento informado

Este trabajo se enmarca en un proyecto de investigación que pretende medir el gasto energético en reposo por calorimetría indirecta en escolares, el cual ha sido aprobado por las autoridades académicas y autoridades de la Institución Educativa Distrital. Será desarrollado por la nutricionista y estudiante de Maestría en Fisiología Claudia Yadira Gómez Martínez y la nutricionista y docente del Departamento de Nutrición Humana, de la Universidad Nacional, Sandra Patricia Guevara N. Este proyecto se realizará con el fin de evaluar el gasto energético en reposo de los escolares entre 8 – 10 años que asisten a una Institución Educativa Distrital en Bogotá.

Teniendo en cuenta que durante la edad escolar las necesidades energéticas son altas y que las recomendaciones de energía tanto a nivel nacional como internacional utilizadas son cuestionadas por la desactualización y las diferencias interpoblacionales de las mismas, por lo que se hace necesario determinar las necesidades de energía de manera precisa por el método del gasto energético en reposo como fundamento para evaluar el gasto energético total. De ahí que, el presente estudio permitirá caracterizar el gasto energético en reposo de escolares con adecuado estado nutricional, como un primer referente nacional para comparar y realizar los ajustes respectivos y necesarios a las recomendaciones de energía.

Por esta razón se debe evaluar a los escolares realizando las mediciones pertinentes de su gasto calórico en reposo para posteriormente determinar el requerimiento energético, buscando que durante su atención nutricional este cálculo contribuya en el mantenimiento de un adecuado estado nutricional y de salud.

Los objetivos de este estudio están encaminados a:

Evaluar el gasto energético en reposo por calorimetría indirecta, a altitud intermedia en escolares entre 8 a 10 años para obtención del gasto en energético total y contrastarlo con las recomendaciones de energía FAO/OMS/UNU 2001 y para Colombia.

Objetivos específicos

- Evaluar el estado nutricional de los escolares entre 8 a 10 años a través de indicadores antropométricos.
- Evaluar condición de normalidad a partir de los datos obtenidos en el cuadro hemático y determinar valores promedio de indicadores bioquímicos en altitud intermedia en escolares.

- Determinar el consumo de oxígeno (O₂) y la producción de dióxido de carbono CO₂ en reposo de escolares entre 8 a 10 años para evaluar el GER por calorimetría indirecta.
- Determinar las variaciones del gasto energético en reposo en escolares según género en altitud intermedia.
- Evaluar el gasto energético total según ajustes sobre el gasto energético en reposo con el gasto energético total según el modelo de regresión de FAO/OMS/UNU del año 2001 y las recomendaciones de energía para los escolares en Colombia.
- Determinar un modelo de regresión lineal para gasto energético en reposo en escolares de 8 a 10 años.

CONSENTIMIENTO INFORMADO DE LA MEDICIÓN DEL GASTO ENERGETICO EN REPOSO

En esta prueba, la nutricionista y estudiante de Maestría en Fisiología, realizará una medición del gasto energético en reposo para determinar los requerimientos nutricionales según el estado nutricional de mi hijo (a).

Las pruebas que se van a realizar son las siguientes:

1. Medidas Antropométricas

- Peso: Se toma en balanza de pie calibrada
- Talla: se toma con estadiómetro
- Perímetro de brazo: se toma midiendo el brazo con una cinta métrica
- Pliegue de tríceps, bíceps, subescapular y suprailíaco: se toma en el brazo, en la espalda y abdomen con un calibrador de pliegues o adipómetro en el sitio anatómico indicado

Estas medidas son tomadas a nivel corporal con unos instrumentos seguros los cuales no son invasivos, lo cual no representan riesgos para mi hijo (a). La evaluación de estas medidas no está contraindicada en los escolares.

El análisis de los datos de las medidas tomadas no tendrá efecto negativo en la Institución Educativa Distrital, ni en mi integridad y la de mi hijo. Por el contrario, las medidas antropométricas dan cuenta del estado nutricional de mi hijo (a) y orientará al manejo adecuado durante la medición de su requerimiento de energía.

2. Muestra de sangre para evaluar presencia de anemia

Se le tomará una muestra de sangre de mi hijo (a), muestra que se llevará al laboratorio clínico para evaluar los parámetros hematológicos, con el fin de determinar la presencia o no de anemia; esto no va a significar un riesgo para mi hijo (a), dado que la muestra será tomada por un profesional que garantizará buenas prácticas en bioseguridad.

3. Estabilización del paciente

Para realizar la medición del gasto energético en reposo, debe encontrarse tranquilo, sin afanes, sin estrés y en un estado en reposo. Por lo cual la nutricionista durante 20 minutos lo va a sentar o acostar para que descanse, se relaje y se encuentre en condiciones apropiadas para la prueba; esto no va a significar un riesgo para mi hijo (a), por lo tanto no está contraindicado para este grupo de edad.

4. Medición del gasto energético en reposo

Para esta medición la nutricionista lo hará sentar en una silla y le pedirá que se coloque una boquilla totalmente estéril, la cual va conectada a un filtro que a su vez estará conectado a un tubo. La nutricionista le pedirá que durante 20 minutos inhale y exhale normalmente el aire de su cuerpo, se terminará la prueba hasta que se terminen los 20 minutos y se hayan obtenido los datos necesarios.

Esta prueba es tomada por medio de un equipo llamado calorímetro, este instrumento no es invasivo, trabaja únicamente recibiendo las inspiraciones y expiraciones que mi hijo (a) realice y de esta manera obtiene su gasto energético; por lo tanto no representa un riesgo para la salud de mi hijo (a) y puede realizar las pruebas que la nutricionista considere necesarias, sin que esto afecte o sea perjudicial para la salud de mi hijo (a). Las boquillas que están en contacto directo con la salud de mi hijo (a) están debidamente esterilizadas y no son un riesgo para la salud de mi hijo (a).

Entiendo que si NO se informa adecuadamente y con la verdad todos los datos necesarios, se puede ocasionar confusión en el diagnóstico o error en la selección de tratamiento que busca el bienestar de mi hijo (a), sin que los resultados sean atribuibles a la nutricionista. Por lo anterior responderé con sinceridad.

Se entiende esta prueba, acepto y comprendo que no representará riesgo alguno para la salud de mi hijo (a).

Ratifico que las preguntas, inquietudes y dudas acerca del procedimiento me han sido resueltas, soy consciente que puedo tomar la decisión de retirar a mi hijo (a) en cualquier momento del estudio y dejar de participar sin que por ello se creen perjuicios para continuar en la Institución Educativa Distrital.

Yo, _____ Padre, madre o tutor, autorizo la realización de la toma de medidas antropométricas a mi hijo (a) _____ y la medición de su gasto energético en reposos en el calorímetro.

Firma padre o tutor: _____
Ciudad y Fecha _____

B.Anexo: Asentimiento informado

Este trabajo se enmarca en un proyecto de investigación que pretende medir el gasto energético en reposo por calorimetría indirecta en escolares, el cual ha sido aprobado por las autoridades académicas y autoridades de la Institución Educativa Distrital. Será desarrollado por la nutricionista y estudiante de Maestría en Fisiología Claudia Yadira Gómez Martínez y la docente de nutrición de la Universidad Nacional, Sandra Patricia Guevara; este proyecto se realizará con el fin de evaluar el gasto energético en reposo de los escolares entre 8 – 10 años que asisten a una Institución Educativa Distrital en Bogotá.

Teniendo en cuenta que durante la edad escolar las necesidades energéticas son altas y que las recomendaciones de energía utilizadas tanto a nivel nacional como internacional son cuestionadas por la desactualización y las diferencias interpoblacionales de las mismas, se hace necesario determinar de manera precisa el gasto energético en reposo y recomendar aportes de energía acorde a sus necesidades nutricionales. De ahí que, el presente estudio permitirá caracterizar el gasto energético en reposo de escolares con adecuado estado nutricional, como un primer referente nacional para comparar y realizar los ajustes respectivos y necesarios a las recomendaciones de energía.

Por esta razón se debe evaluar a los escolares realizando las mediciones pertinentes de su gasto calórico en reposo para posteriormente determinar el requerimiento energético, buscando que durante su atención nutricional este cálculo contribuya en el mantenimiento de un adecuado estado nutricional y de salud.

Los objetivos de este estudio están encaminados a:

Evaluar el gasto energético en reposo por calorimetría indirecta, a altitud intermedia en escolares entre 8 a 10 años para obtención del gasto en energético total y contrastarlo con las recomendaciones de energía FAO/OMS/UNU 2001 y para Colombia.

Objetivos específicos

- Evaluar el estado nutricional de los escolares entre 8 a 10 años a través de indicadores antropométricos.
- Evaluar condición de normalidad a partir de los datos obtenidos en el cuadro hemático y determinar valores promedio de indicadores bioquímicos en altitud intermedia en escolares.

- Determinar el consumo de oxígeno (O₂) y la producción de dióxido de carbono CO₂ en reposo de escolares entre 8 a 10 años para evaluar el GER por calorimetría indirecta.
- Determinar las variaciones del gasto energético en reposo en escolares según género en altitud intermedia.
- Evaluar el gasto energético total según ajustes sobre el gasto energético en reposo con el gasto energético total según el modelo de regresión de FAO/OMS/UNU del año 2001 y las recomendaciones de energía para los escolares en Colombia.
- Determinar un modelo de regresión lineal para gasto energético en reposo en escolares de 8 a 10 años.

ASENTIMIENTO INFORMADO DE LA MEDICIÓN DEL GASTO ENERGETICO EN REPOSO

En esta prueba, la nutricionista y estudiante de maestría en Fisiología realizará una medición del gasto energético en reposo para determinar los requerimientos nutricionales según mi estado nutricional.

Las pruebas que se van a realizar son las siguientes:

1. Medidas Antropométricas

- Peso: Se toma en balanza de pie calibrada
- Talla: se toma con estadiómetro
- Perímetro de brazo: se toma midiendo el brazo con una cinta métrica
- Pliegue de tríceps, bíceps, subescapular y suprailíaco: se toma en el brazo con un calibrador de pliegues o adipómetro en el sitio anatómico indicado

Estas medidas son tomadas a nivel corporal con unos instrumentos seguros los cuales no son invasivos, lo cual no representan riesgos para mí. La evaluación de estas medidas no está contraindicada en los escolares.

El análisis de los datos de las medidas tomadas no tendrá efecto negativo en la Institución Educativa Distrital, ni en mi integridad. Por el contrario, las medidas antropométricas dan cuenta de mi estado nutricional y orientará al manejo adecuado durante la medición de su requerimiento de energía.

2. Muestra de sangre para evaluar presencia de anemia

Se me tomará una muestra de sangre que se llevará al laboratorio clínico para evaluar mis parámetros hematológicos, con el fin de determinar la presencia o no de anemia; esto no va a significar un riesgo para mí, dado que la muestra será tomada por un profesional que garantizará buenas prácticas en bioseguridad.

3. Estabilización del paciente

Para realizar la medición del gasto energético en reposo, debo encontrarme tranquilo, sin afanes, sin estrés y en un estado en reposo. Por lo cual la nutricionista durante 20 minutos me va a sentar o acostar para que descanse, me relaje y me encuentre en condiciones apropiadas para la prueba; esto no va a significar un riesgo para mí, por lo tanto no está contraindicado para este grupo de edad.

4. Medición del gasto energético en reposo

Para esta medición la nutricionista me hará sentar en una silla y me pedirá que se coloque una boquilla totalmente estéril, la cual va conectada a un filtro que a su vez estará conectado a un tubo. La nutricionista me pedirá que durante 20 minutos inhale y exhale normalmente el aire de su cuerpo, se terminará la prueba hasta que se terminen los 20 minutos y se hayan obtenido los datos necesarios.

Esta prueba es tomada por medio de un equipo llamado calorímetro, este instrumento no es invasivo, trabaja únicamente recibiendo las inspiraciones y expiraciones que yo realice y de esta manera obtiene mi gasto energético; por lo tanto no representa un riesgo para mi salud y puede realizar las pruebas que la nutricionista considere necesarias, sin que esto afecte o sea perjudicial para mi salud. Las boquillas que están en contacto directo con mi salud están debidamente esterilizadas y no son un riesgo para mi salud.

Entiendo que si NO se informa adecuadamente y con la verdad todos los datos necesarios, se puede ocasionar confusión en el diagnóstico o error en la selección de tratamiento que busca mi bienestar, sin que los resultados sean atribuibles a la nutricionista. Por lo anterior responderé con sinceridad.

Yo entiendo esta prueba, acepto y comprendo que no representará riesgo alguno para mi salud; soy consciente de esta medición y seguiré las indicaciones sugeridas por mi nutricionista tratante durante la prueba.

Ratifico que las preguntas, inquietudes y dudas acerca del procedimiento me han sido resueltas, soy consciente que puedo tomar la decisión de retirarme en cualquier momento del estudio y dejar de participar sin que por ello se creen perjuicios para continuar en la Institución Educativa Distrital.

Yo, _____ autorizo, la realización de la toma de medidas antropométricas y la medición de gasto energético en el calorímetro.

Firma: _____

Nombre del escolar: _____

Ciudad y Fecha _____

C.Anexo: Formato de registro

FORMATO DE REGISTRO

I. DATOS DE IDENTIFICACIÓN

NOMBRE: _____

F. NACIMIENTO: _____ EDAD: _____ (AÑOS) ____ (MESES) GÉNERO: _____

COLEGIO (IED): _____

SEDE: _____ JORNADA: _____ CURSO: _____

PADRE DE FAMILIA: _____ TELÉFONO: _____

II. PARÁMETROS HEMATOLÓGICOS (CUADRO HEMÁTICO)

F. TOMA MUESTRA: _____ F. ENTREGA RESULTADOS: _____

VARIABLES HEMATOLÓGICAS	VALOR OBTENIDO	VALOR DE REFERENCIA	CONCEPTO
Hemoglobina - HB (g/dL)			
Hematocrito - HCTO (%)			
No. Glóbulos rojos ($10^{12}/L$)			
Volumen corpuscular medio - VCM (fl)			
Hemoglobina corpuscular media - HCM (pg)			
Concentración de hemoglobina corpuscular media - CHCM (g/dL)			

III. ANTROPOMETRÍA

FECHA DE EVALUACIÓN: _____

VARIABLES ANTROPOMÉTRICAS	VALOR OBTENIDO	Z-SCORE (INDICADOR)	CONCEPTO
Talla (cm)		(T/E)	
Peso (kg)		(P/E)	
Índice de masa corporal (Kg/m ²)		(IMC/E)	
Circunferencia de brazo (cm)			
Pliegue del tríceps (mm)			
Pliegues del bíceps (mm)			
Pliegue subescapular (mm)			
Pliegue suprailíaco (mm)			
Porcentaje de grasa (%)			
Circunferencia de cintura (cm)			

IV. CUESTIONARIO DE ACTIVIDAD FÍSICA

FECHA DE EVALUACIÓN: _____

TIPO DE ACTIVIDAD - HORARIO	HORAS DE ACTIVIDAD	PUNTAJE
1. Horas de inactividad física: Acostado: _____	Total: _____	0 = \geq 12 horas 1 = 11 - 9 horas 2 = \leq 8 horas
2. Horas de actividad mínima: Sentado: a) Clases: _____ b) TV: _____ c) Tareas: _____ d) Computador: _____ e) Estudio: _____	Total: _____ a) _____ b) _____ c) _____ d) _____ e) _____	0 = \geq 10 horas 1 = 9- 7 horas 2 = \leq 6 horas
3. Caminando (traslado al colegio o a cualquier otro lugar al que debe ir al menos 5 días de la semana)	Cuadras por día: _____	0 = < 5 cuadras 1 = 5- 15 cuadras 2 = > 15 cuadras
4. Juegos Recreativos (se excluyen los recreos): Bicicleta, Patines, Futbol, etc.	Total diario: _____	0 = < 30 minutos 1 = 30 - 60 minutos 2 = \geq 60 minutos

TIPO DE ACTIVIDAD - HORARIO	HORAS DE ACTIVIDAD	PUNTAJE
5. Actividades Sistemáticas (con horario establecido):	Total semana: _____	
a) Educación Física: _____	a) _____	0= < de 2 horas
b) Gimnasia aeróbica: _____	b) _____	1= 2 a 4 horas
c) Fútbol: _____	c) _____	2= > 4 horas
d) Tenis: _____	d) _____	
e) Basquetbol: _____	e) _____	
f) Otros: _____	f) _____	

Puntaje: Bueno = 10 a 7 Regular = 6- 4 Mala = ≤ 3

PUNTAJE TOTAL: _____

CONCEPTO: _____

* Cuestionario de Actividad Física validado en el estudio: Godard C, Rodríguez M, Díaz N, Lera L, Salazar G, Burrows R. Valor de un test clínico para evaluar actividad física en niños. Rev Méd 2008; 136: 1155-1162

V. FRECUENCIA CARDIACA

FECHA DE EVALUACIÓN: _____

FRECUENCIA CARDIACA (FC)	VALOR OBTENIDO(lpm)
Inicio (0 minutos)	
5 minutos	
10 minutos	
15 minutos	
20 minutos	
PROMEDIO	

VI. GASTO ENERGÉTICO EN REPOSO (GER) Y COCIENTE RESPIRATORIO (QR)

FECHA DE EVALUACIÓN: _____

TIEMPO	GASTO ENERGÉTICO EN REPOSO (REE)	COCIENTE RESPIRATORIO (QR)
Inicio (0 minutos)		
5 minutos		
10 minutos		
15 minutos		
20 minutos		
PROMEDIO		

Nombre/Firma del Escolar: _____**Ciudad, Fecha y Hora:** _____**Nombre del investigador:** _____**Firma del investigador:** _____

D.Anexo: Base de datos de las variables evaluadas

Evaluación del Gasto Energético en Reposo por calorimetría indirecta en escolares en altura intermedia, Bogotá. 2012 - 2013

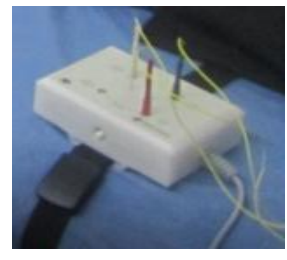
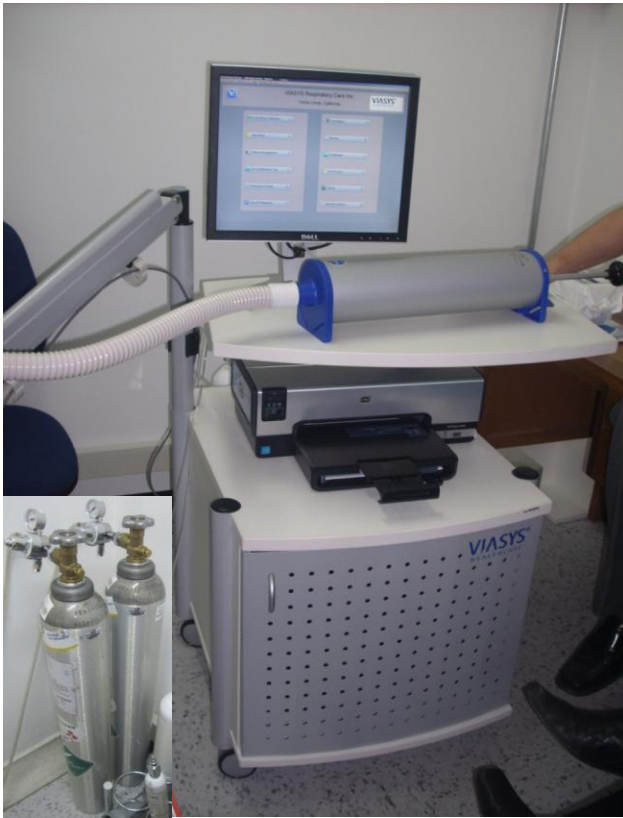
Table with columns: COLIBIO, FECHA DE EVALUACION, EDAD AÑOS, EDAD MESES, CURSO, GÉNERO, Hb, HctO, No VCM, HCM, CMHC, CONCEPTO CUADRO HEMÁTICO, TALLA (cm), Z-Score TE, Interpretación TE, PESO (kg), IMC (kg/m²), Z-Score IMCE, Interpretación IMCE, CB (cm), Percent CB, Interpret. CB, P. TRICEPS (mm), Percent PT, Interpret. PT, P. BÍCEPS (mm), P. SUBSCAP (mm), P. SUPRALLALCO (mm), CMB (cm), % GRASA, Interpretación Percentaje de grasa, % GRASA (Suma 2 pliegues) Bjaugster 1984, Densidad para cálculo % GRASA (4 pliegues) Book 1971, % GRASA (Suma 4 pliegues) 1984, C, CONTURA (cm).

Puntaje Act. Fisica	Nivel de Act. Fisica	Frecuencia cardiaca	VO2	VCO2	RQ	GER (Kcal/min)	GER Weir (Kcal/dia)	GER Equipo (Kcal/dia)	GER Modelo Regresión (Kcal/dia)	Factor de actividad/fisica	Kcal por crecimiento	GET (Kcal/dia)	GER 65% Ec. FAQ/OMS 2001	GER 70% Ec. FAQ/OMS 2001	GER 75% Ec. FAQ/OMS 2001	GET (Ecuaciones FAQ/OMS 2001)	GER 75% NEE (Instituto Medicina)	GER 80% NEE (Instituto Medicina)	NEE (Instituto Medicina)	GET (Recomendaciones de ICBP)
6	REGULAR	92	0.198	0.148	0.8	0.9	1348	1350	1384	1.13	23	1546	1123	1210	1296	1728	1206	1287	1608	1900
6	REGULAR	102	0.208	0.169	0.9	1.0	1435	1439	1399	1.13	21	1643	1067	1149	1231	1642	1170	1248	1560	1830
4	REGULAR	97	0.277	0.241	0.9	1.3	1935	1928	1388	1.13	21	2207	1045	1126	1206	1608	1169	1247	1558	1830
4	REGULAR	80	0.219	0.167	0.8	1.0	1491	1496	1340	1.13	23	1708	1191	1283	1375	1833	1282	1367	1709	2000
3	MALA	83	0.288	0.187	0.7	1.2	1799	1798	1305	1.13	23	2056	1295	1352	1448	1931	1350	1440	1900	2000
6	REGULAR	102	0.197	0.152	0.8	0.9	1344	1333	1499	1.13	23	1542	1262	1359	1456	1941	1278	1383	1704	2000
3	MALA	95	0.198	0.161	0.8	0.9	1367	1369	1369	1.13	23	1567	1151	1240	1329	1771	1221	1302	1627	2000
6	REGULAR	96	0.188	0.162	0.9	0.9	1312	1316	1457	1.13	23	1505	1179	1270	1360	1814	1277	1362	1702	1900
6	REGULAR	86	0.202	0.153	0.8	1.0	1375	1377	1410	1.13	23	1577	1273	1371	1469	1959	1345	1434	1793	2000
7	BUENO	100	0.225	0.182	0.8	1.1	1552	1545	1365	1.13	23	1776	1203	1296	1389	1851	1322	1410	1763	2000
6	REGULAR	85	0.181	0.143	0.7	0.9	1298	1300	1363	1.13	21	1487	1081	1164	1247	1663	1169	1247	1598	1830
6	REGULAR	82	0.192	0.156	0.8	0.9	1324	1329	1285	1.13	23	1519	1097	1181	1266	1687	1198	1278	1598	1900
3	MALA	96	0.172	0.132	0.8	0.8	1175	1177	1283	1.13	21	1348	1006	1083	1160	1547	1143	1219	1524	1830
6	REGULAR	79	0.177	0.137	0.8	0.8	1209	1215	1196	1.13	23	1390	1062	1143	1225	1633	1191	1271	1589	1900
6	REGULAR	74	0.172	0.134	0.8	0.8	1176	1169	1186	1.13	23	1351	1123	1210	1296	1728	1232	1314	1642	1900
4	REGULAR	99	0.289	0.217	0.7	1.4	1968	1967	1475	1.13	23	2246	1289	1388	1487	1983	1500	1600	2000	2000
6	REGULAR	92	0.196	0.163	0.8	0.9	1359	1361	1403	1.13	23	1559	1344	1447	1551	2067	1379	1471	1838	1900
7	BUENO	79	0.206	0.157	0.8	1.0	1403	1408	1445	1.13	23	1609	1366	1471	1576	2101	1395	1488	1860	2000
7	BUENO	86	0.184	0.134	0.8	0.9	1248	1248	1377	1.13	23	1433	1295	1395	1495	1993	1331	1420	1775	1900
6	REGULAR	94	0.198	0.153	0.78	0.9	1357	1353	1419	1.13	21	1554	1073	1155	1238	1650	1157	1234	1542	1830
3	MALA	98	0.173	0.215	0.89	0.912	1313	1319	1366	1.13	23	1507	1133	1221	1308	1744	1232	1315	1643	1830
4	REGULAR	101	0.247	0.178	0.73	1.2	1987	1987	1404	1.13	23	1907	1467	1573	1687	2247	1500	1600	2000	2000
7	BUENO	99	0.207	0.165	0.80	1.0	1425	1422	1472	1.13	23	1633	1310	1411	1512	2016	1362	1453	1816	1900
6	REGULAR	102	0.212	0.170	0.80	1.014	1460	1460	1520	1.13	23	1673	1251	1347	1443	1924	1277	1362	1702	1900
6	REGULAR	84	0.176	0.135	0.79	0.834	1200	1205	1256	1.13	21	1377	1162	1251	1340	1787	1225	1306	1633	1830
3	MALA	104	0.199	0.165	0.83	0.957	1378	1381	1480	1.13	21	1578	1284	1383	1482	1976	1387	1478	1849	1830
4	REGULAR	85	0.183	0.135	0.74	0.861	1240	1240	1315	1.13	23	1424	1191	1283	1375	1833	1200	1280	1598	1900
3	MALA	106	0.184	0.156	0.90	0.891	1283	1291	1493	1.13	23	1473	1064	1146	1228	1638	1182	1261	1576	1900
3	MALA	79	0.174	0.146	0.86	0.841	1210	1222	1276	1.13	21	1389	1164	1254	1343	1791	1264	1348	1685	1830
3	MALA	92	0.189	0.148	0.80	0.899	1294	1284	1281	1.13	21	1484	947	1020	1093	1457	1081	1153	1442	1830
3	MALA	80	0.190	0.140	0.74	0.895	1289	1291	1178	1.13	21	1478	1051	1131	1212	1616	1174	1252	1565	1830
5	REGULAR	79	0.145	0.116	0.82	0.894	999	1005	1138	1.13	21	1150	980	1055	1130	1507	1119	1193	1492	1830
4	REGULAR	88	0.133	0.106	0.84	0.835	915	921	1149	1.13	21	1055	1017	1095	1174	1565	1145	1221	1528	1830
4	REGULAR	68	0.175	0.129	0.75	0.823	1186	1184	1140	1.13	23	1363	1208	1301	1394	1859	1234	1316	1645	1900
5	REGULAR	78	0.175	0.130	0.76	0.825	1188	1187	1252	1.13	23	1365	1146	1234	1323	1764	1218	1299	1624	1900
3	MALA	96	0.199	0.154	0.81	0.943	1358	1352	1439	1.13	23	1558	1234	1329	1424	1899	1270	1355	1694	1900
4	REGULAR	75	0.193	0.141	0.73	0.909	1308	1309	1233	1.13	23	1501	1105	1190	1275	1700	1198	1277	1597	1900
3	MALA	91	0.157	0.125	0.84	0.751	1082	1069	1299	1.13	23	1246	1094	1178	1262	1683	1188	1268	1585	1900
5	REGULAR	103	0.190	0.138	0.74	0.892	1284	1291	1427	1.13	23	1474	1056	1137	1219	1625	1145	1222	1527	1900
5	REGULAR	87	0.193	0.150	0.79	0.917	1321	1323	1302	1.13	23	1515	1091	1175	1259	1679	1179	1257	1572	1900
4	REGULAR	88	0.198	0.155	0.80	0.943	1358	1350	1255	1.13	23	1558	1028	1107	1187	1582	1139	1215	1518	1900
3	MALA	77	0.193	0.147	0.79	0.915	1317	1322	1233	1.13	23	1511	1203	1296	1389	1851	1208	1290	1612	2000
2	MALA	89	0.169	0.133	0.78	0.807	1161	1170	1139	1.13	23	1335	1191	1283	1375	1833	1238	1321	1651	1900
6	REGULAR	97	0.197	0.156	0.8	0.9	1352	1349	1468	1.13	19	1547	1251	1347	1444	1925	1286	1371	1714	1900
4	REGULAR	82	0.207	0.159	0.8	1.0	1416	1426	1415	1.13	19	1619	1406	1514	1622	2163	1457	1554	1943	2270
5	REGULAR	104	0.2486	0.203	0.9	1.2	1717	1719	1561	1.13	19	1959	1355	1460	1564	2085	1419	1514	1892	2270
6	REGULAR	76	0.188	0.160	0.9	0.9	1310	1299	1384	1.13	19	1469	1361	1466	1571	2094	1419	1514	1892	1900
5	REGULAR	86	0.212	0.158	0.7	1.0	1439	1441	1334	1.13	19	1648	1251	1347	1444	1925	1308	1365	1743	1900
6	REGULAR	93	0.223	0.168	0.8	1.1	1517	1520	1404	1.13	19	1734	1210	1303	1396	1862	1273	1358	1697	1900
5	REGULAR	87	0.164	0.132	0.8	0.8	1130	1135	1420	1.13	19	1296	1251	1347	1444	1925	1293	1379	1724	2270
4	REGULAR	92	0.248	0.170	0.7	1.2	1661	1657	1286	1.13	16	1892	1104	1189	1274	1698	1213	1294	1617	1830
9	BUENO	87	0.208	0.170	0.8	1.0	1438	1438	1467	1.13	19	1438	1367	1472	1578	2103	1431	1527	1908	1900
6	REGULAR	103	0.182	0.135	0.75	0.859	1236	1241	1546	1.13	16	1413	1127	1213	1300	1733	1220	1302	1627	1830
6	REGULAR	97	0.211	0.170	0.81	1.010	1454	1460	1442	1.13	19	1662	1242	1337	1433	1910	1302	1388	1735	1830
7	BUENO	88	0.175	0.151	0.87	0.847	1220	1217	1379	1.13	19	1398	1276	1374	1472	1963	1303	1389	1737	1830
3	MALA	78	0.183	0.152	0.86	0.881	1269	1273	1284	1.13	16	1450	1223	1317	1411	1881	1355	1445	1807	1830
4	REGULAR	80	0.201	0.152	0.76	0.951	1370	1377	1281	1.13	19	1567	1054	1136	1216	1622	1131	1207	1509	1900
4	REGULAR	87	0.179	0.132	0.74	0.844	1216	1217	1307	1.13	19	1393	1064	1146	1228	1637	1123	1197	1497	1900
5	REGULAR	67	0.206	0.165	0.86	0.983	1416	1415	1189	1.13	16	1616	1279	1377	1476	1968	1374	1466	1832	1830
3	MALA	82	0.197	0.163	0.84	0.946	1363	1371	1285	1.13	16	1556	1101	1185	1270	1693	1235	1317	1646	1830
5	REGULAR	104	0.219	0.172	0.81	1.044	1503	1580	1571	1.13	16	1715	1213	1307	1400	1867	1314	1401	1752	1830
2	MALA	87	0.178	0.133	0.75	0.841	1211	1212	1387	1.13	16	1385	1251	1347	1444	1925	1357	1447	1809	1830
3	MALA	91	0.243	0.184	0.76	1.150	1657	1662	1444	1.13	16	1888	1242	1337	1433	1910	1305	1392	1741	1830
4	REGULAR	75	0.186	0.173	0.81	0.916	1319	1276	1192	1.13	16	1507	1101	1185	1270	1693	1221	1302	1628	1830
4	REGULAR	103																		

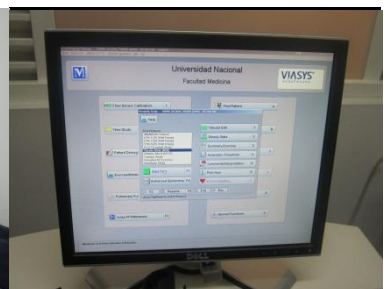
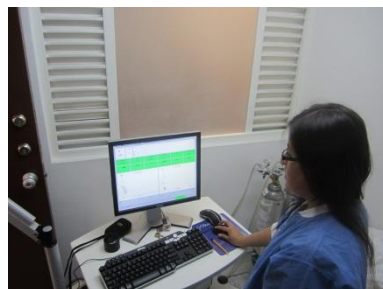
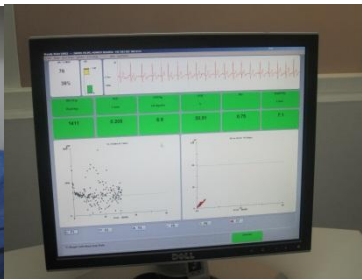
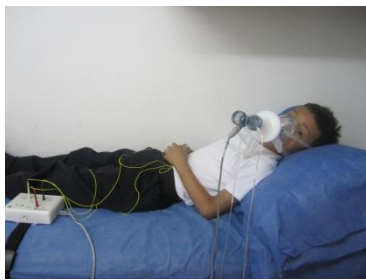
E.Registro Fotográfico

1. Calorímetro Vmax 29c y sus partes:

- Neumotacométo o sensor de flujo
- Carilla o máscara
- Filtro
- Electrodo
- Unidad de medición de función cardíaca



2. Metodología de conexión al calorímetro:



F. Anexo: Glosario

Agua doblemente marcada: Método de evaluación del gasto de energía a través de la medición secuencial de isótopos ^{18}O (Oxígeno) y ^2H (Deuterio) eliminados, que son administrados en una solución de agua enriquecida. La proporción de cada isótopo eliminado da la medida de dióxido de carbono (CO_2) producido.

Calorimetría Directa: Método de evaluación del gasto de energía a través de una cámara hermética aislada donde debe permanecer un individuo durante un mínimo de 6-8 horas, y en la cual se registra el calor perdido por radiación, conducción, convección y evaporación.

Calorimetría Indirecta: Método de estimación del gasto mediante el intercambio gaseoso (consumo de O_2 y producción de CO_2) y las tasas de oxidación de sustratos.

Gasto de energía por Actividad física (AF): Es la cantidad de energía gastada por los movimientos diarios y la actividad física.

Gasto de energía por Actividad física (AF): Es la cantidad de energía gastada por los movimientos diarios y la actividad física.

Gasto Energético Basal (GEB) o Tasa Metabólica Basal (TMB): Es la cantidad de energía necesaria para que se desarrollen los procesos vitales en el organismo,

constituye el 60-75% del gasto energético total. Se mide en condiciones de mínimo 12 horas de ayuno.

Gasto energético en reposo (GER): Es la cantidad de energía que comprende el gasto energético basal (GEB), la termogénesis por alimentos (TA), y es medido en condiciones mucho menos rigurosas (3-4 horas de ayuno).

Gasto Energético Total (GET): Es la cantidad de energía total que necesita un individuo. Está compuesto por el gasto energético basal (GEB), la termogénesis por alimentos (TA), el gasto de energía por actividad física (AF) y el crecimiento.

Necesidades Energéticas Estimadas (NEE): Corresponde al promedio de la ingesta energética con la dieta que se prevé que permitirá mantener el equilibrio energético en un individuo sano, de una edad, sexo, peso, estatura y nivel de actividad definidos compatibles con una buena salud. Es equivalente al GET.

Nivel de actividad física: Categorización de la actividad física que realiza un individuo en términos de duración e intensidad.

MET: Índice de consumo de oxígeno utilizado para medir el gasto energético de una actividad determinada, dependiendo de la duración y la intensidad de la misma.

Termogénesis inducida por alimentos (TA) o Efecto Térmico de los Alimentos (ETA): Refleja la cantidad de energía necesaria para la digestión de los alimentos, la absorción y parte de la síntesis.

Bibliografía

- Burkirk, E., & Méndez, J. (1980). Energy: Caloric requirements. En R. Alfin, S. Kritchevsky, & D. Kritchevsky, *Human Nutrition*. New York: Plenum Press.
- Abbott, R. A., & Davies, P. S. (2004). Correcting physical activity energy expenditure for body size in children. *Annals of Human Biology*, 31(6), 690–694.
- Adamo, K. B., Prince, S. A., Tricco, A. C., Connor-Gorber, S., & Tremblay, M. (2009). A comparison of indirect versus direct measures for assessing physical activity in the pediatric population: A systematic review. *International Journal of Pediatric Obesity*, 4, 2-27.
- Aerenhouts, D., Zinzen, E., & Clarys, P. (2011). Energy expenditure and habitual physical activities in adolescent sprint athletes. *Journal of SportsScience and Medicine*, 10, 362-368.
- Azcona, S. J., & Frühbeck, G. (2009). Gasto energético en reposo en niños y adolescentes sanos y afectados de obesidad. *Revista Española de Obesidad*, 7(1), 52-58.
- Bandini, L., & otros. (2002). Relation of body composition, parental overweight, pubertal stage, and race ethnicity to energy expenditure among premenarcheal girls. *Am J Clin Nutr*, 76, 1040-1047.
- Baumgartner, R. (2005). Chapter 17. Aging. En S. Heymsfield, T. Lohman, Z. Wang, & S. Going, *Human Body Composition* (Segunda edición ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Beall, C. M. (2007). Two routes to functional adaptation: Tibetan and Andean high-altitude natives. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, 104(suppl. 1), 8655-8660.

- Beghin, L., Michaud, L., Guimber, D., Vaksman, G., Turck, D., & Gottrand, F. (2002). Assessing sleeping energy expenditure in children using heart-rate monitoring calibrated against open-circuit indirect calorimetry: a pilot study. *British Journal of Nutrition*, 88, 533-543.
- Benedetti, F., Bosa, V., Mocelin, H., Paludo, J., De Mello, E., & Fischer, G. (2011). Gasto energético em adolescentes asmáticos com excesso de peso: calorimetria indireta e equações de predição. *Rev. Nutr., Campinas*, 24(1), 31-40.
- Biesalski, H., & Grim, P. (2008). *Nutrición. Texto y Atlas*. España: Editorial Médica Panamericana.
- Bitar, A., Fellmann, N., Vernet, J., Coudert, J., & Vermorel, M. (1999). Variations and determinants of energy expenditure as measured by whole-body indirect calorimetry during puberty and adolescence. *Am J Clin Nutr*, 69, 1209.
- Bosy-Westphal, A., Eichhorn, C., Kutzner, D., Illner, K., Heller, M., & Muller, M. J. (2003). The Age-Related Decline in Resting Energy Expenditure in Humans Is Due to the Loss of Fat-Free Mass and to Alterations in Its Metabolically Active Components. *J. Nutr.*, 133, 2356-2362.
- Brooks, G. A., Butte, N. F., Rand, W. M., Flatt, J.-P., & Caballero, B. (2004). Chronicle of the Institute of Medicine physical activity recommendation: how a physical activity recommendation came to be among dietary recommendations. *Am J Clin Nutr*, 79(5), 921S-930S.
- Cario, H. (2005). Infancia policitemias / erythrocytoses: clasificación, diagnóstico, presentación clínica y tratamiento. *Ann Hematol*, 84(3), 137-45.
- Castro, C., & Durán, E. (2003). Capítulo 37. Crecimiento y Desarrollo. En E. H. Rojas, & F. Sarmiento, *Pediatría, diagnóstico y tratamiento* (Segunda edición ed.). Facultad de Medicina - Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia: Editorial Médica Celsus.
- CEPAL. (2007). *Serie Estudios estadísticos y prospectivos No. 56 Principios y aplicación de las nuevas necesidades de energía según el Comité de Expertos FAO/OMS 2004*. Santiago de Chile.
- Cunningham, J. (1991). Body composition as a determinant of energy expenditure: a synthetic review and proposed general prediction equation. *Am J Clin Nutr*, 54, 963-969.
- Das, S., & al., e. (2004). Energy Expenditure Is Very High in Extremely Obese Women. *J. Nutr*, 134, 1412-1416.

- Dauncey, M. J. (1990). Activity and energy expenditure. *Can. J. Physiol. Pharmacol*, 68, 17-27.
- Dos Santos, P. R. (2007: 1-301). Energy expenditure and physical activity patterns in children: Applicability of simultaneous methods. Tesis de doctorado en Filosofía. *Tesis de doctorado en Filosofía.*, 1-301. Institute of Health and Biomedical Innovation.
- Espinoza, O., Vega, C., Urrutia, A., Moreno, A., & Rodríguez, H. (2009). Patrones antropométricos y consumo máximo de oxígeno (VO₂) entre niños escolares • chilenos aymaras y no aymaras de 10 a 12 años, que viven en altura (3.500 msnm) y en la planicie (500 msnm). *Int. J. Morphol*, 27(4), 1313-1318.
- European Society of Paediatric Gastroenterology, Hepatology and Nutrition - ESPGHAN. (2005). Energy. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*, 41, S5-S11.
- FAO. (2001). Capítulo 4: Energy requirements of children and adolescents. En FAO, *Human energy requirements: Report of a Joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation*. Rome.
- Florito, L. (2001). Composición corporal y Metabolismo Energético. *Boletín CESNI*, 3-22.
- Franch, A. M., Redondo del Río, M. P., Torrecilla, J., Castro, M. J., Conde, F., Redondo, D., y otros. (2006). Dificultades de la estimación del gasto energético en la población infantil. *BOL PEDIATR*, 46, 74-108.
- Frary, C. D., & Johnson, R. K. (2009). Capítulo 2. Energía. En E. Artozqui Morrás, *Krause Dietoterapia* (págs. 22-37). Barcelona, España: Elseiver.
- FY Chan, D., M Li, A., HM Chan, M., Kwan So, H., HS Chan, I., AT Yin, J., y otros. (2009). Validation of prediction equations for estimating resting energy expenditure in obese Chinese children. *Asia Pac J Clin Nutr*, 18 (2), 251-256.
- Gallagher, D., & Elia, M. (2007). Capítulo 15. Composición corporal, masa de órganos y gasto energético en reposo. En S. D. Heymsfield, T. G. Lohman, Z. Wang, & S. B. Going, *Composición Corporal* (págs. 228-238). México: Mc Graw Hill Interamericana.
- Gálvez, S. (2010). Calorimetría indirecta y nutrición. *Revista FIDECO*, 4(1), 8-17.
- Gómez, R., Barreto, E., D Ângelo, R. A., Bondini, F., De Arruda, M., Cossio, y otros. (2011). Gasto energético en reposo de niños que viven a moderada altitud en relación al índice nutricional. *Pediatría y Nutrición Clínica. Actualización en nutrición*, 12(4), 302-309.

- Goran, M., & otros. (1994). Determinants of resting energy expenditure in young children. *J Pediatr*, 125, 362-367.
- Gore, C. J., Clark, S. A., & Saunders, P. U. (2007). Nonhematological Mechanisms of Improved Sea-Level Performance after Hypoxic Exposure. *Journal of the American College of Sports Medicine*, 1600-1609.
- Gracia, B., de Plata, C., Rueda, A., & Pradilla, A. (2003). Antropometría por edad, género y estrato socioeconómico de la población escolarizada de la zona urbana de Cali. *Colomb Med*, 34, 61-68.
- Guevara, S. (2010). *Metabolismo y Gasto Energético*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Hernández, G. M. (2011). Prevalencia de sobrepeso y obesidad, y factores de riesgo, en niños de 7-12 años, en una escuela pública de Cartagena Septiembre- Octubre de 2010. *Tesis para optar el título de Magíster en Salud Pública*, 57-58. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Hidalgo, M. I., & Güemes, M. (2007). Nutrición en la edad preescolar, escolar y adolescente. *Pediatría Integral*, 11(4), 347-362.
- Instituto Colombiano de Bienestar Familiar. (2010). Capítulo 2. Valoración del estado nutricional por indicadores antropométricos. En I. C. Ministerio de Salud y Protección Social, *Encuesta Nacional de la Situación Nutricional en Colombia* (págs. 75-76, 91-92). Colombia.
- Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, P. M. (2010). Capítulo 2. Valoración del estado nutricional por indicadores antropométricos. En I. C. Ministerio de Salud y Protección Social, *Encuesta Nacional de la Situación Nutricional en Colombia 2010* (págs. 75-76, 91-92). Colombia.
- Johansson, H. P., Hulthe, L. R., Slinde, F., & Ekblom, B. (2006). Accelerometry combined with heart rate telemetry in the assessment of total energy expenditure. *British Journal of Nutrition*, 95, 631–639.
- Kowalski, K. (2004). *Physical Activity Questionnaire for older children (PAQ-C) and adolescents (PAQ-A) Manual*. College of kinesiology university of Saskatchewan, Canadá.
- Levine, J. A. (2005). Measurement of energy expenditure. *Public Health Nutrition*, 8(7A), 1123–1132.
- López, C. M., Martínez, M. A., & Martínez, J. A. (2003). Obesidad, metabolismo energético y medida de la actividad física. *Rev Esp Obes*, 1(1), 29-36.

- Marchin, J. S., Fett, C. A., Rezende Fett, W. C., & Miguel Suen, V. M. (2005). Calorimetria: aplicações práticas e considerações críticas. *Fitness & Performance Journal*, 4(2), 90-96.
- Marsé, P., Diez, M., & Raurich, J. M. (2008). Calorimetría: aplicaciones y manejo. *Nutr Clin Med*, 2(3), 155-156.
- Martínez, M. A., López, C., Varo, J. J., Sánchez, A., & Martínez, J. A. (2005). Validation of the Spanish version of the physical activity questionnaire used in the Nurses' Health Study and the Health Professionals' Follow-up Study. *Public Health Nutrition*, 8(7), 920-927.
- Martins, V., Toledo Florencio, T., Grillo, L., Franco, M., Martins, P., Clemente, A., y otros. (2011). Long-Lasting Effects of Undernutrition. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 8, 1817-1846.
- Marugán de Miguelsanz JM, R. d.-F. (2011). Increased resting energy expenditure by fat-free mass in children and teenagers with constitutional leanness. *Nutr Hosp*, 26(3), 589-593.
- Mataix Verdú, J., & Martínez Hernández, J. A. (2009). Balance de energía corporal. En J. Mataix Verdú, *Nutrición y alimentación humana* (Vol. 2, págs. 703-722). Madrid, España: MMV Editorial OCEANO/ERGON.
- Mata-Meneses, E., Moya-Sifontes, M., Córdova, M., & Bauce, G. (2007). Estudio longitudinal de las variables antropométricas de dimensión y composición corporal en escolares de educación básica. Caracas-Venezuela. *Nutr Hosp*, 22(4), 478-486.
- McClave, S. A., Martindale, R. G., & Kiraly, L. (2013). The use of indirect calorimetry in the intensive care unit. *Curr Opin Nutr Metab Care*, 16(2), 202-208.
- McCurdy, T., & Xue, J. (2004). Meta-Analysis of Physical Activity Level (PAL) Data for U.S. Youth. *Journal of Children's Health*, 2(3-4), 297-319.
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2010). Resolución 2121 de 2010. Colombia.
- Mora, J. O., Rey, T., Peña, M., Rodríguez, E., Guevara, R., & Jáuregui, G. (1993). *Evaluación del crecimiento y del estado nutricional en la población escolar urbana*. Bogotá: Instituto Colombiano de Bienestar Familiar.
- Morrison, J. A., Alfaro, M. P., Khoury, P., Thornton, B. B., & Daniels, S. R. (1996). Determinants of resting energy expenditure in young black girls and young white girls. *The Journal of Pediatrics*, 640-641.

- Müller, M., Bosy-Westphal, A., Later, W., Haas, V., & Heller, M. (2009). Functional body composition: insights into the regulation of energy metabolism and some clinical applications. *Eur J Clin Nutr*, 63(9), 1045-56.
- Nathan, D., & Oski, F. (2009). Appendix III. En D. Nathan, F. Oski, D. Ginsburg, A. Look, D. Fisher, & S. Lux, *Hematology of infancy and childhood* (7 ed.). Canadá: Saunders Elsevier.
- Pinheiro Volp, C., Esteves de Oliveira, F. C., Duarte Moreira Alves, R., Esteves, E. A., & Bressan, J. (2011). Energy expenditure: components and evaluation methods. *Nutr Hosp*, 29(3), 430-440.
- Poehlman, E. T., & Dvorak, R. V. (2000). Energy expenditure, energy intake, and weight loss in Alzheimer disease. *Am J Clin Nutr*, 71, 650S–5S.
- Ramírez, M. A. (1992). Repercusiones de los antecedentes nutricionales y socioeconómicos sobre el gasto energético diario en niños escolares. *Tesis*. Guatemala: Universidad Francisco Marroquín, Facultad de Medicina INCAP.
- Reynolds, R. D., Lickteig, J. A., Deuster, P. A., Howard, M. P., Conway, J. M., Pietersma, A., y otros. (1999). Energy Metabolism Increases and Regional Body Fat Decreases While Regional Muscle Mass Is Spared in Humans Climbing Mt. Everest. *J Nutr*, 129, 1307-1314.
- Ribeyre, J., & al, e. (2000). Daily energy expenditure and its main components as measured by whole-body indirect calorimetry in athletic and non-athletic adolescents. *British Journal of Nutrition*, 83, 355–362.
- Rodríguez, G., & otros. (2002). Determinants of resting energy expenditure in obese and non-obese children and adolescents. *J Physiol Biochem*, 58(1), 9-15.
- Rodríguez, G., Moreno, L. A., Sarría, A., Pineda, I., Fleta, J., Pérez-González, J. M., y otros. (2002). Determinants of resting energy expenditure in obese and non-obese children and adolescents. *J Physiol Biochem*, 58(1), 9-15.
- Roemmich, J. N., Clark, P., Walter, K., Patrie, J., Weltman, A., & Rogol, A. (2000). Pubertal alterations in growth and body composition. V. Energy expenditure, adiposity, and fat distribution. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 279, E1426–E1436.
- Rush, E. C., Plank, L. D., Davies, P., Watson, P., & Wall, C. R. (2003). Body composition and physical activity in New Zealand Maori, Pacific and European children aged 5–14 years. *British Journal of Nutrition*, 90, 1133–1139.

- Sancho, M. A., Dorao, M. R., & Ruza, T. (2008). Valoración del gasto energético en los niños. Implicaciones fisiológicas y clínicas. Métodos de medición. *An Pediatr*, 68(2), 165-180.
- Santos da Fonseca, P., Da Silva Duarte, M., & Barbeta, P. (2010). Validação das equações que estimam a taxa metabólica de repouso em adolescentes meninas. *Arq Bras Endocrinol Metab*, 54(1), 30-36.
- Silbernagl, S., & Despopoulos, A. (2008). *Fisiología: Texto y Atlas*. España: Editorial Médica Panamericana.
- Speakman, J. R., & Selman, C. (2003). Physical activity and resting metabolic rate. *Proceedings of the Nutrition Society*, 62, 621-634.
- Sun, M., & colaboradores. (1998). Total, resting, and activity-related energy expenditures are similar in Caucasian and African-American children. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 274, E232-E237.
- Teijón, J. M., Garrido, A., Blanco, D., Villaverde, C., Mendoza, C., & Ramírez, J. (2006). *Fundamentos de bioquímica metabólica* (2da Edición ed.). Madrid: Tébar.
- Tershakovec, A. M., Kuppler, K. M., Zemel, B., & Stallings, V. A. (2002). Age, sex, ethnicity, body composition, and resting energy expenditure of obese African American and white children and adolescents. *Am J Clin Nutr*, 75, 869.
- Torun, B. (2005). Energy requirements of children and adolescents. *Public Health Nutrition*, 8(7A), 968-993.
- Torún, B. (2007). Nuevas Recomendaciones de Energía y sus Implicaciones. *Resumen*. Quindío: XII Congreso Colombiano de Nutrición y Dietética.
- Tounian, P., Dumas, C., Veinberg, F., & Girardet, J. (2003). Resting energy expenditure and substrate utilisation rate in children with constitutional leanness or obesity. *Clin Nutr*, 22(4), 353-7.
- Treuth, M., Adolph, A. L., & Butte, N. F. (1998). Energy expenditure in children predicted from heart rate and activity calibrated against respiration calorimetry. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 275, E12-E18.
- Trowbridge, C. A., & colaboradores. (1997). Maximal aerobic capacity in African-American and Caucasian prepubertal children. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 273, E809-E814.
- Venegas, P. (1999). Capítulo 9. Ejercicio y entrenamiento en altitud. En *Nutrición, Fisiología y Ejercicio en Altitud* (págs. 135-158). Santiago de Chile.

- Ventham, J. C., & Reilly, J. J. (1999). Reproducibility of resting metabolic rate measurement in children. *British Journal of Nutrition*, *81*, 435–437.
- Voet, D., & Voet, J. (2006). *Bioquímica* (3ra Edición ed.). Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana S.A.
- Wells, J., Fewtrell, M., Williams, J., Haroun, D., Lawson, M., & Cole, T. (2006). Body composition in normal weight, overweight and obese children: matched case–control analyses of total and regional tissue masses, and body composition trends in relation to relative weight. *International Journal of Obesity*, *30*, 1506–1513.