

ESTUDIOS DE ANTROPOLOGÍA BIOLÓGICA

VOLUMEN XIII

*

Editoras

Magalí Civera Cerecedo
Martha Rebeca Herrera Bautista



Instituto Nacional
de Antropología
e Historia



Consejo Nacional
para la
Cultura y las Artes



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ANTROPOLÓGICAS
INSTITUTO NACIONAL DE ANTROPOLOGÍA E HISTORIA
ASOCIACIÓN MEXICANA DE ANTROPOLOGÍA BIOLÓGICA
MÉXICO 2007

Comité editorial

Xabier Lizarraga Cruchaga
Abigail Meza Peñaloza
Florencia Peña Saint Martin
José Antonio Pompa y Padilla
Carlos Serrano Sánchez
Luis Alberto Vargas Guadarrama

Todos los artículos fueron dictaminados

Primera edición: 2007

© 2007, Instituto de Investigaciones Antropológicas
Universidad Nacional Autónoma de México
Ciudad Universitaria, 04510, México, D.F.

© 2007, Instituto Nacional de Antropología e Historia
Córdoba 45, Col. Roma, 06700, México, D.F.
sub_fomento.cncpbs@inah.gob.mx

© 2007, Asociación Mexicana de Antropología Biológica

ISSN 1405-5066

Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin la autorización
escrita del titular de los derechos patrimoniales

D.R. Derechos reservados conforme a la ley
Impreso y hecho en México
Printed in Mexico

DIFERENCIAS EN LA ESTIMACIÓN DE GASTO ENERGÉTICO
POR ACTIVIDAD ENTRE EL MÉTODO FACTORIAL
Y ESTIMACIONES DIRECTAS USANDO RITMO CARDIACO
EN CAMPESINOS DE CALAKMUL, CAMPECHE, MÉXICO
EN CONDICIONES DE CAMPO

Alayón Gamboa José Armando
Gurri García Francisco Delfín

Departamento de Población y Ambiente, El Colegio de la Frontera Sur

RESUMEN

Este trabajo compara el método factorial (MF) que utiliza tablas de actividad física de referencia que publicó la FAO (1985) para estimar gasto energético por actividad (GEA), con el GEA obtenido a través del uso de un monitor de ritmo cardiaco marca Polar Mod M51 en 20 individuos de hogares campesinos de la selva de Calakmul, Campeche, México en condiciones de campo. Las mediciones se hicieron durante el periodo de la cosecha de octubre de 2001 a enero de 2002 y durante el periodo de preparación y siembra del terreno del siguiente ciclo agrícola de febrero a mayo de 2002. Aunque no se encontraron diferencias significativas en los promedios estimados a través de cada método usando una *t-de student*, cuando se hizo la regresión del GEA estimado por el MF en el GEA determinado por ritmo cardiaco, éste sobreestimó al primero por 18.7 %. La subestimación se incrementa con niveles de actividad física. Se encontró una sobreestimación del método factorial de 424.62 kcal cuando hay poca actividad física hasta una subestimación de 874.00 kcal cuando hay mucha actividad.

PALABRAS CLAVE: gasto energético, asignación de tiempos, método factorial, ritmo cardiaco, Campeche.

ABSTRACT

This paper compares energy expenditure by physical activity (EEA) estimated using metabolic constants as a reference for distinct activities outlined by the

FAO (1985) and which make reference to the required physical activity levels (PAL) in order to carry out a determined activity (factorial method FM), with the EEA estimated using a Polar Mod M51 hart rate monitor on 20 agriculturalist household members from the tropical forests of Calakmul, Campeche under field conditions. Measurements and observations were made during the 2001-2002 harvest season from October to January, and the 2002 field preparation and planting season from February to May. While no significant mean differences were obtain between estimates using a student t distribution, a regression of EEA FM estimates on EEA hart rate estimates, showed that the FM underestimates hart rate EEA by 18.7 %. The underestimation increases with PAL. FM overestimations of as much as 424.62 kcal/ day were observed with low PALs and underestimations of 874.00 kcal with high PALs.

KEY WORDS: energy expenditure, time asignation factorial method, heart rate, Campeche.

INTRODUCCIÓN

Para estimar el gasto total de energía de un individuo durante sus actividades cotidianas la FAO (1985) recomienda el uso del método que se conoce como “factorial” (Johnson 1975; Gross 1984; Mueller 1999). Éste consiste en observar y registrar directamente todas las actividades en las que el sujeto participa durante el día, o en visitar a los sujetos en intervalos pre-definidos y obtener un reporte oral de las actividades realizadas por el sujeto desde la última plática, y posteriormente, convertir los tiempos de actividad en equivalentes energéticos. Para esto se emplean tablas de referencia que estiman costos energéticos para cada tipo de actividad controlando por sexo, edad y peso (Passmore y Durnin 1955; FAO 1985; Ainsworth *et al.* 2000). El gasto total diario de energía (GTDE) se obtiene mediante la suma del gasto de energía de cada actividad registrada durante el día.

Aunque este método ha sido validado con otros como el de calorimetría indirecta en condiciones de laboratorio (Geissler *et al.* 1986), su aplicación durante trabajo de campo en poblaciones libres está sujeta a diferentes fuentes de error. Los estudios donde se observan y anotan las actividades de cada sujeto, por ejemplo, son intrusivos y pueden interferir con los patrones de actividad normal de los sujetos de estudio. Si se usan técnicas donde se pide al sujeto que recuerde sus

actividades se pierde precisión ya que las poblaciones rurales no viven con el reloj en mano. En general, estos contratiempos subestiman el gasto de energía en condiciones de vida libre (Roberts *et al.* 1991). La mayor fuente de error, sin embargo, surge de la aplicación de tablas de gasto energético cuyos valores estándar pueden no ser aplicables a poblaciones genéticamente distintas a las del patrón, pero sobre todo, cuando se aplican a poblaciones que realizan sus actividades en ambientes distintos a aquellos donde se establecieron las normas. Esta situación es particularmente grave en el trópico, donde el calor y la humedad del ambiente pueden demandar de las mismas actividades gastos de energía muy diferentes a los establecidos en los ambientes templados donde se establecieron las normas (Passmore y Durnin 1955; FAO 1985; Ainsworth *et al.* 2000).

Ante esta disyuntiva se han explorado nuevos métodos aplicables en condiciones de campo que permitan medir directamente el gasto de energía con precisión y sin causar molestias a los sujetos de estudio. La capacidad de estimar gasto energético a través del monitoreo del ritmo cardiaco y la capacidad de éste de cuantificar los patrones de actividad con bajo costo energético, hicieron de este método una posible herramienta para medir el gasto total de energía fuera del laboratorio (Leonard *et al.* 1995; Leonard 2003). La invención de medidores que pueden ser utilizados sin ser sentidos por el sujeto de estudio, ni detectados por los que lo rodean, hicieron del monitoreo del ritmo cardiaco una herramienta útil para estimar gasto energético en condiciones de campo (Bradfield 1971). Esta herramienta ha demostrado una gran precisión después de haber sido sometida varias veces a una rigurosa validación en condiciones rurales en campo (Spurr *et al.* 1988; Livingstone *et al.* 1992; Leonard 2003).

Durante el fin del ciclo agrícola 2000-2001 y principios del ciclo 2001-2002, un equipo de la línea de investigación de Antropología Ecológica del Colegio de la Frontera Sur realizó un estudio de distribución de tiempos entre agricultores de siete comunidades del municipio de Calakmul, Campeche pertenecientes a dos estrategias adaptativas definidas por Gurri y colegas (2002). El municipio se encuentra 350 km al sur de la capital del estado, en la zona que abarca la reserva de la biosfera de Calakmul (figura 1). En esta región predomina un clima tropical cálido subhúmedo (García 1988). La precipitación anual fluctúa entre

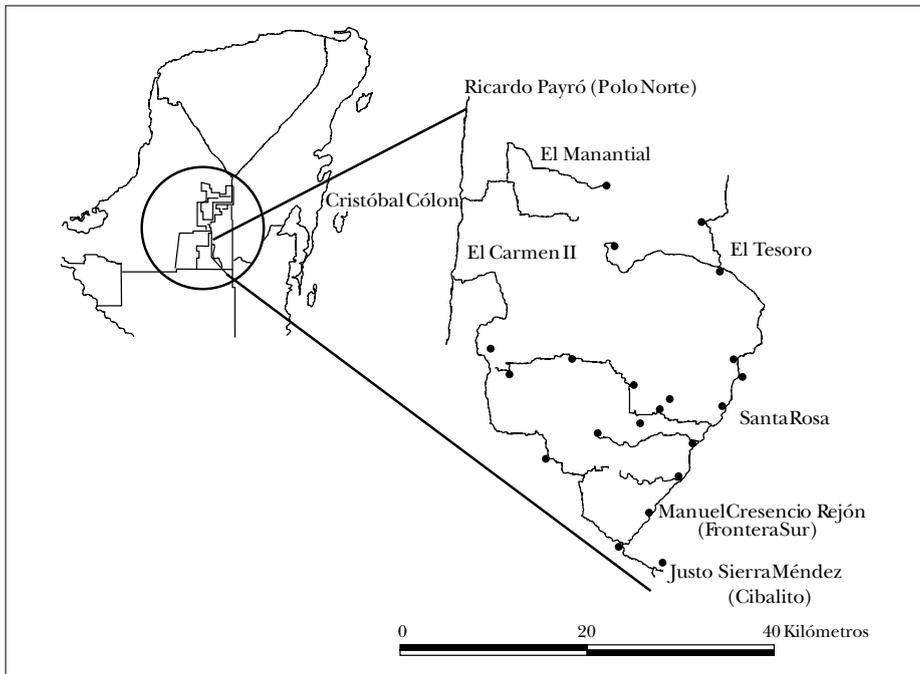


Figura 1. Ubicación geográfica de las comunidades donde se realizó el estudio.

los 1 100 y 1 500 mm³, de los cuales el 83% ocurre entre mayo y noviembre y el restante 17 % en el periodo de sequía (INEGI 1981). La estacionalidad de las lluvias permite a los campesinos de la zona levantar dos cosechas al año: la primera en octubre y noviembre y la segunda, el tornamil, en enero.

Entre 2001 y 2002 se registraron 6 528 horas de observación continua a 272 personas (Gurri *et al.* 2004) para estimar el GTDE de cada uno utilizando las tablas de referencia de la FAO (1985). Para poder estimar el error generado por la aplicación de las tablas de actividad física, se midió el ritmo cardiaco en algunos sujetos durante sus actividades para calcular su gasto de energía por actividad física (GEA) directamente. A continuación presentamos el resultado de este estudio. Su objetivo fue comparar los valores obtenidos de sumar el gasto de cada actividad registrada usando el método factorial con los GEA estimados directamente a través de la medición del ritmo cardiaco. La publicación de estos

resultados no solo servirá para verificar las conclusiones del estudio de distribución de tiempos que motivó este estudio, sino que contribuirá a establecer una referencia que sirva como parámetro para evaluar el resultado de estudios similares realizados anteriormente en el trópico (Daltabuit *et al.*, 1988) y otros que puedan realizarse en el futuro.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se colectaron datos de antropometría, de actividad por asignación de tiempos y se monitoreó el gasto cardiaco en una muestra de los individuos que participaron en el proyecto “Aprovechamiento de alimentos regionales con elevado valor biológico en la dieta de familias de Calakmul” entre octubre de 2001 y noviembre de 2002 (Gurri *et al.* 2004). La estrategia para la obtención de esa muestra se presenta en otras publicaciones (Gurri *et al.* 2004; Alayón y Gurri 2005). Para este estudio de validación se seleccionó una submuestra de 20 personas: doce adultos y ocho adolescentes a los que se midió el ritmo cardiaco y gasto de energía unos durante la temporada de las cosechas entre octubre de 2001 y enero de 2002 y otras durante la tumba quemada y siembra del nuevo ciclo entre febrero y mayo de 2002 (cuadro 1).

Cuadro 1
Composición de la muestra por sexo, edad y temporada de medición

Edad en años	Temporada Cosecha		Preparación y siembra del terreno	
	♂	♀	♂	♀
10 - 14	1	1	0	2
15 - 19	1	0	2	1
≥ 20	4	2	3	3
Total	6	3	5	6

Las variables antropométricas necesarias para la estimación de gasto energético fueron tomadas por dos técnicos antropometristas entrenados por los autores. Las personas se pesaron por la mañana, inmediatamente después de despertar y antes de ingerir alimentos el día en que se hicieron las observaciones de comportamiento y se midió el ritmo cardiaco. Se registró el peso individual en una báscula electrónica digital con capacidad de 136 kilogramos (kg) y una precisión de 0.200 kg (TANITA modelo TBF 621, Arlington Heights, USA). La talla se registró con un antropómetro tipo Harpenden abatible con escala de 1 mm (GPM Swiss). El perímetro del brazo se midió con una cinta métrica flexible tipo sastre y el tejido subcutáneo en la región del bíceps, tríceps, subescapular y suprailíaco con un plicómetro tipo LANGE, con precisión de ± 1 mm (Beta Technology Inc.), de acuerdo con las recomendaciones de Frisancho (1999). El peso y la talla se emplearon para estimar la tasa metabólica basal (TMB) usando las ecuaciones de Schofield (1985) ajustadas para sexo y edad (FAO 1985). En los adultos, el porcentaje de grasa corporal (% GC) se calculó empleando la ecuación de Siri (1956) y la densidad corporal se estimó con la ecuación de Durnin y Womersley (1974). En los adolescentes se estimó el área total del brazo (ATB), área muscular del brazo (AMB) y área grasa del brazo (AGB). En todos los sujetos se determinó el índice de masa corporal (IMC) y la masa corporal libre de grasa (MCLG) (Cuadro 2).

Se capacitó a un equipo de nueve personas para realizar el estudio de distribución de tiempos. La capacitación del equipo de trabajo involucró un periodo de entrenamiento en campo en el que se observaron y grabaron por una semana todas las actividades realizadas por cada miembro de la familia en periodos de 24 horas. Estas actividades fueron codificadas y organizadas en un diario de registro de actividades. Más adelante, este diario se utilizó durante los periodos de observación estructurada. Durante estos últimos, se siguió a cada miembro de la familia por periodos de 24 horas. Cada 15 minutos se observaba lo que la persona estaba haciendo y se registraba en el diario de campo. Metodologías similares fueron utilizadas por Passmore y Durnin (1955) y Bauchar *et al.* (1983).

A cada actividad registrada en el diario se le asignó un estimado de gasto energético basándose en las tablas de referencia de la FAO (1985) que clasifican las actividades en equivalentes a múltiplos del

Cuadro 2

Fórmulas para estimar el índice de masa corporal, área total del brazo, área muscular del brazo, área grasa del brazo y porcentaje de grasa corporal

Variable	Procedimiento
Índice de masa corporal (IMC) ¹	Peso (kg) / talla (m ²)
Área total del brazo (ATB) (cm ²) ¹	$C^2 / (4 \times \pi)$
Área muscular del brazo (AMB) (cm ²) ¹	$[C - (Pts \times \pi)^2 / (4 \times \pi)]$
Área grasa del brazo (AGB) (cm ²) ¹	ATB - AMB
Grasa corporal (%) ²	$((4.95 / D) - 4.5) \times 100$ (D) ³ Hombres = $1176.6 - 74.4 \times \text{Log}$ (promedio pliegues) (D) Mujeres = $1156.7 - 71.7 \times \text{Log}$ (promedio pliegues)
Masa corporal libre de grasa (MCLG) (g)	Peso corporal - Grasa corporal

Fuente: ¹Frisancho (1999); C= circunferencia; Pts= Grosor del pliegue del tríceps; $\pi= 3.1416$. ² Siri (1949), ³ Durnin y Womersley (1974).

metabolismo basal. El gasto energético que representó el ritmo diario de actividad se calculó mediante el método factorial, empleando las constantes metabólicas para distintas actividades señaladas por la FAO (1985) y que hacen referencia al nivel de actividad física (NAF) requerido para desempeñar una determinada actividad. Los procedimientos para calcular el gasto total de energía (GTE), el gasto de energía para el mantenimiento del metabolismo basal (MB) y el gasto de energía por actividad física (GEA) se presentan en el cuadro 3. Finalmente se generó una base de datos y se diseñó un software (SIIPCA véase 1.0) que hiciera los cálculos para estimar gasto energético, nivel de actividad física y composición corporal durante la captura de información.

Cuadro 3
Estimación del gasto de energía (kcal /día) en adolescentes
y adultos

Variable	Cálculo
Tasa metabólica basal (MB) ¹	Hombre 10-18 ² = 17.5 (P) + 651; 18-30 = 15.3 (P) + 679; 30-60 = 11.6 (P) + 879; >60 = 13.5 (P) + 487; Mujer 10-18 = 12.2 (P) + 746; 18-30 = 14.7 (P) + 496; 30-60 = 8.7 (P) + 829; >60 = 10.5 (P) + 596;
Gasto total de energía (GTE) ¹	MB x Promedio de NAF ³
Gasto de energía por actividad (GEA)	GTE - MB

¹Fuente: FAO (1985). ² Años de edad; ³ Promedio de 96 observaciones por individuo por día.

Para cuantificar el gasto energético se colocó a cada individuo un monitor de ritmo cardiaco (heart rate monitor, Polar Mod M51), inmediatamente después de registrarse su peso y talla. El transmisor de señales del latido cardiaco se colocó a la altura del pecho siguiendo las especificaciones de uso del fabricante. Se humedeció con agua la superficie en contacto con la piel para facilitar la transmisión de señales y se ajustó el cinturón procurando no interferir con los movimientos de los individuos. El transmisor registró el número de latidos cardiacos por minuto y la señal se envió a un reloj de pulsera. El reloj fue alimentado con información del peso (kg), talla (cm), edad (años), sexo y nivel de actividad física del individuo. Los monitores se colocaron el día que se observó la distribución y asignación de tiempos por actividad. Cada individuo usó el monitor por un periodo de tiempo promedio de 8.5 horas durante el día. Con base en la información del peso, talla, edad, sexo, nivel de actividad física y los latidos cardiacos por minuto se cuantificó el gasto energético total mediante ecuaciones de regresión (Payne *et al.* 1971). Los datos de antropometría y el gasto energético con los métodos probados se analizaron por comparación de medias

“t” student. Para establecer el grado de correlación entre el método factorial y el gasto cardíaco se realizó una prueba de correlación de Pearson y se analizó el grado de concordancia entre los dos métodos mediante la aproximación estadística recomendada por Bland y Altman (1986); todos los análisis fueron realizados con el paquete estadístico SPSS, versión 11.5 (SPSS 2002).

RESULTADOS

En el cuadro 4 se presentan las mediciones antropométricas para los dos periodos del año. Los individuos no mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre ambos periodos y estuvieron dentro del promedio del IMC y AMB señalado para ambos sexos (Frisancho 1999). Sólo se observó una diferencia significativa ($P < 0.001$) en la talla entre hombres y mujeres, los hombres promediaron 159.2 ± 6.9 cm y las mujeres 148.44 ± 4.25 cm.

Cuadro 4
Mediciones antropométricas en dos periodos de trabajo agrícola en Calakmul, Campeche¹

	Edad	Peso	Talla	IMC ²	GC ³	ATB ⁴	AMB ⁵	AGB ⁶
Periodo	años	kg	cm	kg/m ²	%	cm ²	cm ²	cm ²
Cosecha ⁷ (n=9)	26.92 ± 15.86	60.00 ± 16.31	152.82 ± 7.18	25.50 ± 6.38	23.22 ± 6.11	64.55 ± 26.27	43.23 ± 14.65	21.26 ± 14.24
Poscosecha ⁸ (n=11)	27.80 ± 14.80	62.02 ± 11.62	156.22 ± 8.81	25.14 ± 3.56	23.50 ± 5.13	59.44 ± 16.11	41.56 ± 10.25	17.88 ± 8.18
P<0.05	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

¹ Media ± desviación estándar; ² índice de masa corporal; ³ grasa corporal; ⁴ área total del brazo; ⁵ área muscular del brazo; ⁶ área grasa del brazo; ⁷ octubre-enero; ⁸ febrero-mayo; ns: no significativo estadísticamente a $P < 0.05$.

El cuadro 5 presenta las estimaciones de gasto energético promedio de los individuos medidos por el método factorial y el ritmo cardiaco en cada temporada de medición. A pesar de las diferencias en la composición de la muestra, no existieron diferencias significativas ($P < 0.05$) en el gasto energético por metabolismo basal entre temporadas. Tampoco hubo diferencias significativas entre las estimaciones de GEA utilizando el método factorial y el ritmo cardiaco en ninguna de las dos temporadas. No obstante, el GEA estimado por el método factorial muestra diferencias significativas ($P < 0.05$) entre las estimaciones hechas en los individuos medidos en la temporada de la cosecha y los medidos en la siguiente temporada mientras que el GEA estimado utilizando el ritmo cardiaco no. De acuerdo con las estimaciones del método factorial los sujetos medidos en el periodo de las cosechas gastaron más energía que la que utilizaron los sujetos medidos en el periodo de la preparación del terreno y siembra (1171.38 ± 422.01 kcal, octubre-enero vs 815.75 ± 234.72 kcal, febrero-mayo 2002; $P < 0.05$). La misma tendencia fue registrada por las estimaciones de GEA utilizando ritmo cardiaco (1428.22 ± 832.48 kcal, octubre-enero y 1014.09 ± 443.27 kcal, febrero-mayo). Las diferencias sin embargo, no fueron significativas $p = 0.20$.

La figura 2 muestra la relación en la estimación del GEA con el método factorial y el método de ritmo cardiaco. Las estimaciones entre ambos métodos mostraron una baja correlación ($r = 0.31$, $P > 0.05$) y se observó una pendiente de la regresión (factorial vs gasto cardiaco) menor a la del origen ($b = 0.18$) indicando que el método factorial

Cuadro 5

Gasto energético (kcal/día) individual para el mantenimiento de metabolismo basal y por actividad física en dos épocas del año

Temporada	MB ¹	GEA ²		P < 0.05
		Factorial	Ritmo cardíaco	
Cosecha ³ (N=9)	1552.12 ± 143.56	1171.38 ± 422.01	1428.22 ± 832.48	0.28
Poscosecha ⁴ (N=11)	1469.91 ± 213.76	815.78 ± 234.73	1014.09 ± 443.28	0.29
P < 0.05	0.32	0.04	0.20	

¹MB: Gasto por metabolismo basal; ²GEA: Gasto de energía por actividad; ³ octubre-enero; ⁴ febrero-mayo.

sistemáticamente subestimó el GEA en los individuos y a medida que se incrementó el gasto energético por actividad aumentó la subestimación.

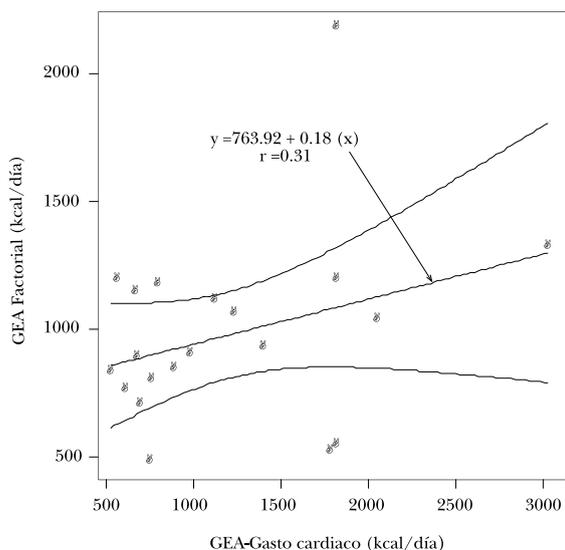


Figura 2. Relación en la estimación del gasto de energía por actividad (kcal/día) entre el método factorial y el ritmo cardiaco.

La figura 3 compara los dos métodos empleando el método estadístico desarrollado por Bland y Altman (1986). Para cada sujeto, la diferencia entre el método factorial y el ritmo cardiaco estimada como kcal/día método factorial – kcal/día ritmo cardiaco, fue graficada contra el promedio obtenido de los dos métodos. Todos los puntos, excepto seis, se distribuyeron dentro de la media y una desviación estándar (media \pm 1D.E. = -224.65 ± 649.26), sugiriendo que el método factorial puede dar estimaciones que sean de 424.62 kcal por arriba del obtenido con el ritmo cardiaco cuando hay poca actividad y hasta de 874.00 kcal por debajo de lo estimado con el método de ritmo cardiaco cuando hay mucha actividad. Estos resultados sugieren que las estimaciones que se hacen con estos dos métodos no pueden ser empleadas de manera “intercambiable” y que el método factorial subestima el gasto energético cuando hay mucha actividad y da valores mayores cuando hay poca.

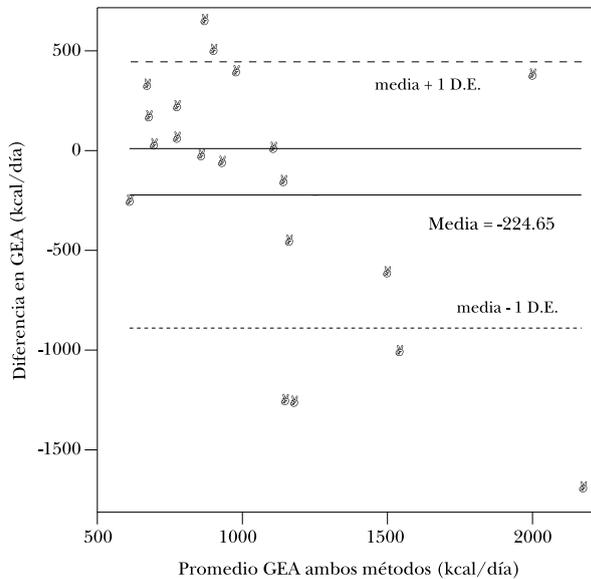


Figura 3. Comparación de las diferencias contra el promedio del gasto de energía estimado con el método factorial (F) y el ritmo cardiaco (RC).

DISCUSIÓN

La medición del gasto energético es central en muchas investigaciones en biología humana y antropología biológica. En antropología los estudios energéticos han sido ampliamente utilizados para entender cómo las poblaciones que viven a nivel de subsistencia logran adaptarse a sus condiciones ambientales (Coughenour *et al.* 1985; Thomas *et al.* 1989; Panter-Brick 2003). No obstante su importancia en la salud y ecología humana, la cuantificación energética es difícil de obtener en poblaciones que viven en condiciones de libertad. Con estas condiciones la FAO (1985) ha recomendado el empleo del método factorial para estimar el gasto energético y más recientemente se propone emplear el método de ritmo cardiaco con punto de inflexión (flex heart rate) (Spurr *et al.* 1988). En la presente investigación, al comparar los métodos factorial y de ritmo cardiaco no se observó un efecto significativo en el gasto energético para el mantenimiento del metabolismo basal (MB), debido a que no existieron cambios importantes ($P > 0.05$) en el peso, el IMC y las relaciones proporcionales de la composición corporal de

los individuos estudiados. El gasto por MB que se observó fue similar a lo que encontró Durnin (1990) en hombres y mujeres de 60 kg de peso que viven en condiciones de vida libre (1465 kcal/ día). El peso corporal promedio de los individuos de este estudio se ubicó entre el percentil 15 y 25 para individuos de 25 a 29.9 años, mientras que el IMC se mantuvo dentro del promedio señalado para adultos del mismo grupo de edad (Frisancho 1999) y dentro del rango aceptable para individuos que viven en países en vías de desarrollo (Shetty y James 1994).

A pesar de que no se observó un cambio significativo en la estimación del GEA entre los métodos estudiados, el método factorial recomendado para estimar los requerimientos de energía y proteína en individuos y poblaciones (FAO 1985) tiende a subestimar el gasto energético cuando se compara con otros métodos de medición más precisos, como el método de ritmo cardiaco (Spurr *et al.* 1996; Spurr *et al.* 1997; Leonard 2003). Esto se pudo apreciar con la baja correlación encontrada en la estimación del gasto de energía determinado con el método de ritmo cardiaco en el presente estudio (figura 2) y con las diferencias encontradas con respecto al promedio obtenido del ritmo cardiaco con ambos métodos (figura 3). Estos señalamientos concuerdan con lo observado por Leonard *et al.* (1995) con agricultores de Ecuador y puede obedecer a la imposibilidad de cuantificar actividades que tienen un alto costo metabólico pero que son de corta duración (Durnin 1990); a una subestimación del costo energético de actividades específicas (Spurr *et al.* 1997; Ainsworth *et al.* 2000); debido a la termoregulación que puede incrementar el gasto energético para el mantenimiento del metabolismo basal (Katzmarzyk *et al.* 1996); a la digestión y asimilación de los alimentos (Roberts *et al.* 1991); a cambios en el patrón de conducta de los individuos por interferencia del método (Durnin 1990; Mueller 1999) y a variaciones individuales en las actividades ocupacionales y de descanso en diferentes épocas del año (Montoye 1971; Mueller 1999). El grado de subestimación del gasto energético con el método factorial, con respecto al obtenido con el método de ritmo cardiaco, se manifiesta más y de manera significativa conforme se intensifica la actividad física de los individuos y aumenta el gasto de energía (Leonard *et al.* 1997), como ocurrió durante el periodo de cosecha de este estudio. Hallazgos similares encontraron Leonard *et al.* (1995) durante los periodos de cosecha de papa entre agricultores, con respecto a otros

que destinaron más su tiempo a realizar actividades ligeras en el hogar y a socializar. Lo anterior enfatiza la importancia del grado de error asociado con el método factorial cuando se aplica a poblaciones rurales de países en vías de desarrollo, que por lo general mantienen niveles altos de actividad física y gasto de energía al día (Ferro-Luzzi *et al.* 1990; Leonard 2003), en comparación con poblaciones de países desarrollados que tienen bajos niveles de actividad física (Schulz y Schoeller 1994). En conclusión este estudio señala que las estimaciones de gasto de energía por actividad que se obtienen mediante el método factorial no pueden ser empleadas como equivalentes al gasto de energía estimado con el método de ritmo cardiaco. El método factorial tiende a subestimar el gasto energético (18.7 %) de los campesinos y a medida que se intensifica la actividad desempeñada en el ciclo agrícola la subestimación alcanza niveles significativos.

Agradecimientos

Los autores agradecen a las familias de Calakmul, Campeche, su colaboración en este estudio. También expresan su gratitud a Dolores O. Molina, Luvia Padilla, Mirna I. Vallejo, Gabriela Rodríguez C. y Adela Velasco por su participación en el trabajo de campo que fue financiado por el proyecto *Aprovechamiento de alimentos regionales con elevado valor biológico en la dieta de las familias de Calakmul, Campeche*, CONACYT-SISIERRA clave: 20000217.

REFERENCIAS

AINSWORTH, B.E., W.L. HASKELL, M.C. WHITT, M.L. IRWIN, A.M. SWARTZ, S.J. STRATH, W.L. O'BRIEN, D.R. BASSETT, K.H. SCHMITZ, P.O. EMPLAINCOURT, D.R. JACOBS Y A.S. LEON

2000 Compendium of Physical Activities: an update of activity codes and MET intensities, *medicine and science in sports and exercise* 32: Suppl, S498-S516.

ALAYÓN, A Y F.D. GURRI

2005 Impacto de la escasez calórica estacional en la composición corporal y el gasto energético de adolescentes campesinos de Calakmul, Campeche, México, *Estudios de antropología biológica*, vol. XII: 335-356.

- BAUCHAR, C., A. TREMBLAY, C. LEBLANC, G. LORTIE, R. SAVARD Y G. THÉRIAULT
1983 A method to assess energy expenditure in children and adults, *American journal of clinical nutrition* 37: 461-467.
- BLAND, M.J., Y D.G. ALTMAN
1986 Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement, *Lancet* 1: 307-310.
- BRADFIELD, R.B.
1971 A technique for determination of usual energy expenditure in the field. *American journal of clinical nutrition* 24: 1148-1154.
- COUGHENOUR, M.B., J.E. ELLIS, D.M. SWIFT, D.L. COPPOCK, K. GALVIN, J.T. MCCABE Y T.C. HART
1985 Energy extraction and use in a nomadic pastoral ecosystem, *Science* 230: 619-625.
- DALTAUIT, G.M., T.A. RÍOS Y P.F. PÉREZ
1988 *Cobá: estrategias adaptativas de tres familias mayas*, UNAM, México, 114pp.
- DURNIN, J.V.G.E.
1990 Low energy expenditure in free living populations, *European journal of clinical nutrition* 44 (Suppl.1): 95-102.
- DURNIN, J.V.G.A. Y J. WOMERSLEY
1974 Body fat assessed from total density and its estimation from skinfold thickness: Measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years, *British journal of nutrition* 32:77-97.
- FAO/WHO/UNU
1985 *Energy and protein requirements*, World Health Organization, Technical Report Series 724, Génova, 220 pp.
- FERRO-LUZZI, A., C. SCACCINI, S. TAFFESE, B. ABERRA Y T. DEMEKE
1990 Seasonal energy deficiency in ethiopian rural women, *European journal of clinical nutrition* 44 (Suppl 1): 7-18.
- FRISANCHO, A.R.
1999 *Anthropometric standards for the assessment of growth and nutritional status*, University of Michigan Press, USA, 189 pp.

GARCÍA, E.

- 1988 *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana*, México D.F., 219 pp.

GEISSLER, C.A., T.M.D. DZUMBRIA Y M.I. NOOR

- 1986 Validation of a field technique for the measurement of energy expenditure: factorial method *vs* continuous respirometry, *American journal of clinical nutrition* 44: 596-602.

GROSS, D.R.

- 1984 Time allocation: A tool for the study of cultural behaviour, *Annual review of anthropology* 13: 519-558.

GURRI, G.F.D., G.J.A. ALAYÓN Y R.D.O. MOLINA

- 2002 *Adaptabilidad en poblaciones mayas y poblaciones migrantes de Calakmul, Campeche*, El Colegio de la Frontera Sur, Campeche, México, 48 pp.

GURRI, G.F.D., G.J.A. ALAYÓN, R.D.O. MOLINA Y N.M.I. VALLEJO

- 2004 *Aprovechamiento de alimentos regionales con alto valor biológico en la dieta de las familias de Calakmul, Campeche*, Informe final, ECOSUR, Campeche 220pp.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA (INEGI)

- 1981 *Carta de climas: Mérida. Escala 1: 1'000,000*, México D. F.

JOHNSON, A.

- 1975 Time allocation in a Machiguenga community, *Ethnology* 14: 310-321.

KATZMARZYK, P.T., W.R. LEONARD, M.A. STEPHEN, P.R. BERTI Y A.G.P. ROSS

- 1996 Differences between observed and predicted energy costs at rest and during exercise in three subsistence-level populations, *American journal of physical anthropology* 99: 537-545.

LEONARD, R.W.

- 2003 Measuring human energy expenditure: what have we learned from the flex-heart rate method, *American journal of human biology* 15: 479-489.

- LEONARD, R.W., V.A. GALLOWAY Y E. IVAKINE
1997 Underestimation of daily energy expenditure with the factorial method: implications for anthropological research, *American journal of physical anthropology* 103: 443-454.
- LEONARD, R.W., P.T. KATZMARZYK, M.A. STEPHEN Y A.G.P. ROSS
1995 Comparison of the heart rate-monitoring and factorial methods: assessment of energy expenditure in highland and coastal Ecuadoreans, *American journal of clinical nutrition* 61: 1146-1152.
- LIVINGSTONE, M.B.E., W.A. COWARD Y A.M. PRENTICE
1992 Daily energy expenditure in free-living children: comparison of heart-rate monitoring with the doubly labeled water method, *American journal of clinical nutrition* 56: 343-352.
- MONTOYE, H.J.
1971 Estimation of habitual physical activity by questionnaire and interview, *American journal of clinical nutrition* 24: 1113-1118.
- MUELLER, E.
1999 Practical field considerations for time allocation study, *Georgia journal of ecological anthropology* 3: 75-82.
- PANTER-BRICK, C.
2003 Issues of work intensity, pace and sustainability in relation to work context and nutritional status, *American journal of human biology* 15: 498-513.
- PASSMORE, R. Y J.V.G.A. DURNIN
1955 Human energy expenditure, *Physiological review* 35: 801-839.
- PAYNE, P.R., E.F. WHEELER Y C.B. SALVOSA
1971 Prediction of daily energy expenditure from average pulse rate, *American journal of clinical nutrition* 24: 1164-1170.
- ROBERTS, S.B., M.B. HEYMAN, W.J. EVANS, P. FUSS, R. TSAY Y V.R. YOUNG
1991 Dietary energy requirements of young adult men, determined by using the doubly labeled water method, *American journal of clinical nutrition* 54: 499-505.

SCHULZ, L.O. Y D.A. SCHOELLER

1994 A compilation of total daily energy expenditures and body weights in healthy adults, *American journal of clinical nutrition* 60: 676-681.

SHETTY, P.S. Y W.P.T. JAMES

1994 *Body mass index- A measurement of chronic energy deficiency in adults*, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Paper No. 56, Roma, Italia, 64 pp.

SIRI, W.E.

1956 *Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods*, University of California, Berkeley, Donner Lab. Med. Phys. Rept. (UCRL-3349).

SPSS, INC.

2002 *SPSS Manual de procedimientos*, SPSS Inc (ver.11.5), Chicago, USA.

SUPRR, G.B., A.M. PRENTICE, P.R. MURGATROYD, G.R. GOLBERG, J.C. REINA Y N.T. CHRISTMAN

1988 Energy expenditure from minute by minute heart-rate recording: comparison with indirect calorimetry, *American journal of clinical nutrition* 48: 552-559.

SPURR, G.B., D.L. DUFOUR Y J.C. REINA

1996 Energy expenditure of urban Colombian women: a comparison of patterns and total daily energy expenditure by the heart rate and factorial methods, *American journal of clinical nutrition* 63: 870-878.

SPURR, G.B., D.L. DUFOUR, J.C. REINA Y T.A. HAUGHT

1997 Daily energy expenditure of women by the factorial and heart rate methods, *Medicine and science in sports and exercise* 29: 1255-1262.

THOMAS, R.B., T.B. GAGE Y M.A. LITTLE

1989 Reflections on adaptive and ecological models, Little MA and Haas DJ (eds.), *Human population biology a transdisciplinary science*, Oxford University Press, Nueva York, 296-319 pp.