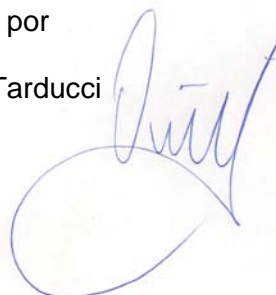


Tesis Doctoral

**ESTUDIO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL EN NIÑOS Y SU
RELACIÓN CON LA ACTIVIDAD FÍSICA: DESARROLLO DE
ECUACIONES DE PREDICCIÓN DE MASA GRASA y MASA
LIBRE DE GRASA.**

Presentada por

Gabriel Omar Tarducci



Directores:

Dra. Anabel Nora Pallaro

Dr. Manuel Avelino Giráldez García

Dr. Elvis Álvarez Carnero

A Coruña 2012

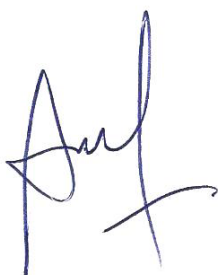


Anabel Pallaro, Doctora en Bioquímica, profesora titular del Departamento de Sanidad, Nutrición, Bromatología y Toxicología de la Universidad de Buenos Aires, Manuel A. Giráldez García, doctor en Medicina y Cirugía, profesor titular del Departamento de Educación Física y Deportiva de la Universidad de A Coruña y Elvis Álvarez Carnero, Doctor en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, profesor ayudante doctor el Departamento de Didáctica de la Expresión Musical, Plástica y Corporal de la Universidad de Málaga

HACEN CONSTAR:

Que el Licenciado en Educación Física, D. Gabriel Omar Tarducci, ha realizado bajo su dirección el trabajo titulado "ESTUDIO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL EN NIÑOS Y SU RELACIÓN CON LA ACTIVIDAD FÍSICA: DESARROLLO DE ECUACIONES DE PREDICCIÓN DE MASA GRASA y MASA LIBRE DE GRASA", el cual reúne todas las condiciones para ser defendido y optar al grado de Doctor en Ciencias de la Actividad Física y Deportes.

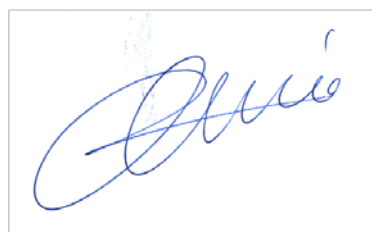
Y para que así conste, lo firman en A Coruña, a 28 de septiembre de dos mil doce.



Dra. Anabel Pallaro



Dr. Manuel A. Giráldez García



Dr. Elvis Álvarez Carnero

A mi esposa Mariana y mis hijos Francisco y Paulina.

Agradecimientos.

A la Dra. Anabel Pallaro porque su dedicación y compromiso va más allá de la dirección del trabajo.

Al Dr. Manuel A. Giráldez García, por su inestimable apoyo y generosidad.

Al Dr. Elvis Álvarez Carnero, por su aporte a la calidad el trabajo final.

A Amalia Paganini, Guillermo Morea, Ariel Bardach, Daniel Bustamante, Gabriela Dimarco y Mariela Vidueiros, por su amistad y colaboración permanentes.

A la Universidad Nacional de La Plata, a través del Programa PROPIA (Programa de Prevención del Infarto en Argentina) y del Departamento de Educación Física de la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación, porque forman parte de mi vida académica, profesional y afectiva.

A la Universidad de Buenos Aires a través de la Cátedra de Nutrición de la Facultad de Farmacia y Bioquímica, porque el trabajo no se podría haber concretado sin su ayuda, su equipamiento, apoyo financiero y científico.

Índice

AGRADECIMIENTOS.....	7
ÍNDICE.....	9
SUMMARY.....	15
Introduction.....	17
The lack of validated methods in Argentina.....	17
General aim.....	18
Specific aims.....	18
Methods.....	18
Results.....	20
Development fat-free mass prediction equations by bioelectrical impedance.....	20
BIA model.....	21
Bivariate model to predict FFM from RI and Height.....	21
Cross validation.....	21
Development of body fat prediction equations by anthropometry.....	21
Anthropometric Models.....	21
Bivariate model to estimate FM based on weight and the sum of four skinfolds.....	21
Cross Validation.....	22
Bivariate model to estimate FM based on weight and triceps skinfold.....	22
Cross Validation.....	22
Bivariate model to predict FM based on weight and waist circumference.....	22
Cross validation.....	22
Aerobic test performance of 6 minutes and its relation to fat mass.....	23
Conclusions.....	23
I. INTRODUCCIÓN.....	25
I.1. La evolución del estilo de vida.....	27
I.2. Desarrollo de enfermedades crónicas no transmisibles ligadas al estilo de vida.....	27
I.3. Por qué estudiar la composición corporal.....	31
1.3.1. La obesidad.....	32
1.3.2. La inexistencia de métodos validados en Argentina.....	32
I.4. Rendimiento aeróbico, fitness cardiovascular y calidad de vida.....	33
II. PROPÓSITO, JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS.....	35
II.1. Propósito.....	37
II.2. Justificación.....	37
II.3. Objetivos.....	37
II.3.1. Objetivo general.....	37
II.3.2. Objetivos específicos.....	38
III. MARCO TEÓRICO.....	39
III.1. Composición corporal.....	41
III.1.1. Modelos y componentes.....	41

III.1.2. Masa grasa corporal y su distribución.....	42
III.1.2. Métodos de evaluación de la composición corporal.	42
III.1.2.1. Método de impedancia bioeléctrica.....	42
III.1.2.2. Antropometría.....	44
III.1.2.3. Agua corporal total por dilución isotópica de deuterio.....	46
III.1.2.4. Otros métodos.....	47
III.1.2.4.1. Dual-energy X-ray absorptiometry (DEXA).....	47
III.1.2.4.2. Tomografía computadorizada y resonancia magnética.	49
III.1.3. Ecuaciones de predicción de la composición corporal para antropometría y bioimpedancia.....	51
III.2. Actividad física y salud.	51
III.2.1. La actividad física como pilar de la salud y la calidad de vida.....	51
III.2.2. La actividad física en la estrategia mundial de la OMS.	54
III.2.3. Beneficios de la actividad física para la salud y la calidad de vida.....	56
III.2.4. La actividad física asociada al aumento de riesgo para la salud.	58
III.3. Condición física y salud.	58
III.3.1. La fuerza.....	59
III.3.2. La flexibilidad.....	61
III.3.2. La resistencia.....	62
III.4. El rendimiento aeróbico y su relación con la composición corporal y la salud general.....	63
IV. DISEÑO, POBLACIÓN, MATERIAL Y MÉTODOS.....	65
IV.1. Diseño del estudio.	67
IV.2. Población.	67
IV.3. Métodos de medida.....	68
IV.3.1. Ambiente físico.....	68
IV.3.2. Material y métodos de medida de la composición corporal.	68
IV.3.2.1. Antropometría.....	69
IV.3.2.2. Análisis de impedancia bioeléctrica.	69
IV.3.2.3. Agua corporal total por dilución isotópica de deuterio.	70
IV.3.3. Medida del rendimiento aeróbico.	71
IV.4. Validez e integridad de los datos.....	72
IV.5. Análisis estadístico.	72
IV.6. Registro de Eventos.	73
IV.7. Informes de seguridad.....	73
IV.8. Entrenamiento del investigador.	73
IV.9. Cuestiones éticas.	74
IV.10. Auditoría y monitoreo.	74
IV.11. Procedimiento de manejo de datos y confidencialidad.	74
IV.12. Presupuesto y origen de los fondos.....	74
V. RESULTADOS	77
V.1. Medidas de antropometría, bioimpedancia y dilución isotópica con deuterio (objetivo específico 1).	80

V.1.1. Valores de las variables.....	80
V.1.1. Estudio de la distribución y las correlaciones.....	81
V.2. Comparación entre las ecuaciones disponibles en la literatura (objetivo específico 2). 88	
V.2.1. Comparación entre las ecuaciones de BIA y la ecuación de Deurenberg para pliegues cutáneos.....	88
V.2.2. Análisis de la concordancia entre las diferentes ecuaciones de bioimpedancia.	89
V.3. Obtención y validación de nuevas ecuaciones de predicción de masa corporal (objetivos específicos 3 y 4).	93
V.3.1. Desarrollo de ecuaciones para la predicción de masa libre de grasa por bioimpedancia eléctrica.....	93
V.3.1.1. Paso 1: control de outliers.....	93
V.3.1.2. Paso 2: aleatorización de la muestra.....	93
V.3.1.3. Paso 3: control de outliers de las variables.	93
V.3.1.4. Paso 4: división de la muestra.	94
V.3.1.5. Paso 5: estudio de la asociación de las variables con la MLG.	94
Asociación con el índice de resistencia IR.	94
Asociación con el peso	95
Asociación con la talla.	95
V.3.1.6. Paso 6: obtención de los modelos o ecuaciones de predicción.	96
Modelo bivariado de predicción de MLG en función del peso e IR.....	96
Primer modelo obtenido para bioimpedancia.....	98
Validación del primer modelo.....	98
Modelo multivariado de predicción de MLG en función de la talla, el peso y el IR.	99
Segundo modelo obtenido para bioimpedancia.....	101
Validación del segundo modelo.....	101
Modelo bivariado de predicción de MLG en función de la talla y el IR.....	102
Tercer modelo obtenido para bioimpedancia.	103
Validación del tercer modelo.....	103
V.3.2. Desarrollo de ecuaciones de predicción de masa grasa por antropometría.	105
V.3.2.1. Paso 1: control de outliers.....	105
V.3.2.2. Paso 2: aleatorización de la muestra.....	105
V.3.2.3. Paso 3: control de outliers de las variables.	105
V.3.2.4. Paso 4: división de la muestra.	105
V.3.1.5. Paso 5: estudio de la asociación de las variables con la MG.	105
Asociación de la masa grasa con el peso.....	105
Asociación de la masa grasa con la sumatoria de 4 pliegues.	106
Asociación de la masa grasa con el pliegue tricótipal.	107
Asociación de la masa grasa con el perímetro de cintura.	108
V.3.2.6. Paso 6: obtención de los modelos o ecuaciones de predicción.	109
Modelo bivariado de predicción de MG en función del peso y la sumatoria de 4 pliegues cutáneos.....	109
Primer modelo obtenido para antropometría.....	111
Validación del primer modelo.....	111

Modelo bivariado de predicción de MG en función del peso y el pliegue tricúspital.....	113
Segundo modelo obtenido para antropometría.....	113
Validación del segundo modelo.....	114
Modelo bivariado de predicción de MG en función del peso y el perímetro de la cintura.	115
Tercer modelo obtenido para antropometría.	116
Validación del tercer modelo.....	116
V.4. Rendimiento en el test aeróbico de 6 minutos y su relación con la masa grasa (objetivo específico 5)	119
V.4.1. Asociación entre el rendimiento en el T6M y las variables antropométricas y de composición corporal.....	120
VI. DISCUSIÓN.....	125
VI.1. En relación con el primer objetivo: determinar la composición corporal de los niños mediante mediciones antropométricas, de BIA y con dilución isotópica de deuterio.....	127
VI.2. En relación con el segundo objetivo: Comparar ecuaciones disponibles en la literatura para la ponderación de la masa grasa.	128
VI.3. En relación con el tercer y cuarto objetivos: obtener y validar ecuaciones de estimación de la composición corporal para la antropometría y la impedancia eléctrica.	128
VI.3.1. Ecuaciones desarrolladas para la predicción de composición corporal por bioimpedancia.....	129
VI.3.2. Ecuaciones desarrolladas para la predicción de composición corporal por antropometría.....	129
VI.4. En relación con el cuarto objetivo: relación entre el rendimiento aeróbico y la composición corporal.....	131
VII. CONCLUSIONES.....	135
VIII. LIMITACIONES DEL ESTUDIO ACTUAL Y PROPUESTAS PARA EL FUTURO.....	139
IX. BIBLIOGRAFÍA.....	143
X. ANEXOS.....	165
Anexo 1. Formularios de consentimiento informado.....	167
Anexo 2. Resumen del Protocolo de investigación utilizado y aprobado por el Comité de Ética.....	173
INTRODUCCION.....	177
Importancia de la evaluación en niños y datos epidemiológicos nacionales	177
Antecedentes internacionales en medición de la composición corporal.....	179
Justificación del estudio.....	180
OBJETIVOS.....	181
Objetivos generales	181
Objetivos específicos	181
MÉTODOS.....	182
Descripción metodológica	182
Diseño del estudio	182
Población	183
Criterios de Inclusión y exclusión	183

Cálculo del tamaño muestral y muestreo	183
Mediciones a realizar.....	183
Composición corporal - Técnica en terreno	183
Antropometría	184
Técnica de Dilución con agua deuterada	184
Bioimpedanciometría.....	185
Nivel de actividad física.....	185
Procedimiento de reclutamiento de participantes	185
Validez e integridad de los datos	185
Análisis estadístico	186
Estudio piloto.....	186
Registro de Eventos	186
Informes de seguridad.....	187
Ambiente físico.....	187
Entrenamiento de los investigadores	187
Cuestiones éticas	187
Auditoría y Monitoreo	188
Procedimiento de manejo de datos y confidencialidad	188
RESULTADOS PLANEADOS	188
CRONOGRAMA.....	188
REPORTE DE LOS RESULTADOS Y DISEMINACIÓN.....	188
INSTITUCIONES RESPONSABLES DEL ESTUDIO.....	189
NÓMINA DE INVESTIGADORES, PROCEDENCIA, DISCIPLINA Y TAREA A REALIZAR.....	190
CONSEJO ASESOR.....	191
PRESUPUESTO Y ORIGEN DE LOS FONDOS	191
BIBLIOGRAFÍA ADICIONAL CONSULTADA.....	192
APROBACIÓN DEL COMITÉ DE ÉTICA.	195
Anexo 3. Notas adicionales sobre el método de dilución con Agua Deuterada. Protocolo de PLATEAU, para la medición de Composición Corporal mediante Dilución Isotópica con Deuterio.	197
Procedencia del agua deuterada.	199
Preparación de la solución.....	199
Preparación de las dosis individuales.	200
Procedimiento.	200
Seguridad.....	201
Anexo 4. Antecedentes de utilización de técnicas de dilución con deuterio para evaluación de la composición corporal en niños.	203
Lista de publicaciones.	205
Anexo 5. Manual antropométrico utilizado como referencia.	211
Consideraciones Generales.....	219
Equipo antropométrico.....	219
Variables a medir.	219
Protocolo de medición de las variables.	220
Ecuaciones de Grasa Corporal.	225

Ecuación de DEURENBERG	225
Ecuación de SLAUGHTER.	225
Ecuación de ELLIS.....	226
Ecuación de HUANG.	226
Anexo 6. Abreviaturas.....	229

Summary.

Introduction.

As it is nowadays well recognized, the habits and lifestyles are characterized by an insufficient physical activity, the intake of foods high in calories and low in micronutrients, and by an increasing availability of information technology and communications. This embodies a framework potentially injurious for health and quality of life. The resulting modern style is the increase in non-communicable chronic diseases and the continuing deterioration of nutritional status and health; this is observed in all socioeconomic levels and all along the life cycle. Prevention is the only possible approach to the control of the double burden of malnutrition and lack of physical activity, which together impose a high cost to health systems, especially in poor and / or underdeveloped countries.

The low demand for physical activity of modern lifestyle accelerates deterioration of human capabilities and body composition (BC) changes. This is mainly due to two convergent situations: decreased daily energy expenditure and on the other hand, muscle is lost either not adequately developed and fat deposits are increased. Both of them form a negative cycle that eventually affects health and full development. One of the most obvious manifestations of this process is the increase in body weight. Today we know that body weight is a very nonspecific indicator in relation to health, instead, the BC, defined as the number and proportion of each component of the total body mass, is better related to the risk of developing non-communicable chronic diseases (NCDs). Therefore, the knowledge of the BC has significant value in health, physical improvement and human performance. BC assessment requires the availability of tools, which would be able to predict accurately, each one of the body components. In this case, the fat mass (FM) component is relevant to be linked directly to the development of chronic diseases.

In Argentina, as in most Western countries, people is suffering from a severe epidemic of NCDs especially cardiovascular often stems from obesity. Obesity is a disease characterized by increased FM, as defined by the WHO in 1995. In most cases, it is accompanied by increase of body weight, though not always. Consequently, it is necessary to have reliable, accurate and simple methods to measure and / or diagnose FM status.

The lack of validated methods in Argentina.

In Argentina, as well as in many Central and South American countries, there are not previous studies that develop tools for measuring the BC in children. The methods and equations that we have been applying at present were developed in geographic, cultural and

ethnicity different world regions of Argentina. So, the lack of appropriate tools limits the suitable evaluation of health programs and clinical and/or sportive practices. This raises the need for developing own methodological resources, according to local characteristics, which would be validated with “gold standard” methods.

It was our purpose to contribute to improving the tools for evaluating prevention and health promotion programmes by developing low-cost tools for easy application and evaluation of BC, while attempts to confirm the relationship between aerobic performance and BC school children.

General aim.

To develop valid predictive equations for the estimation of body composition of children by anthropometry and bioelectrical impedance.

Specific aims.

1. To assess body composition of children by anthropometric measurements, bioelectrical impedance, and deuterium dilution technique.
2. To compare equations available in the literature for the FFM or the FM.
3. To develop body composition estimation equations for Argentinean children using anthropometry and bioelectrical impedance.
4. To validate the new equations obtained using the reference method of isotope dilution technique with deuterium.
5. To explore the association between aerobic component of fitness and fat mass.

Methods.

Study Design and sample. The study was based on a non-experimental, descriptive, cross-sectional and correlation design. The sample obtained was 152 children, 80 (52%) girls and 72 (48%) boys, between 6 to 9 years old.

Anthropometry. Body weight (BW, kg) and height (H, m) were measured, and the Body Mass Index (BMI) was calculated as BMI equal to BW over squared H (kg/m^2). Skinfolts

(triceps, biceps, subscapular and abdominal) were also measured with a Lange calliper (mm) and waist circumference with an anthropometric tape (cm).

Bioelectrical impedance. It was used a dual-frequency bioelectrical impedance (Bodystat Co Dual Scan 2500) to measure the resistance in ohms and calculate the resistance index (RI) as resistance/ H^2 (Ohms/cm²). This device conducts an electric current of 5 to 200 kHz, which offer a suitable way to estimate total body water, intracellular water, extracellular water and fat free mass.

Total body water by deuterium isotope dilution. To estimate the fat-free mass (FFM) and fat mass (FM), it was determined the total body water (TBW) by the isotope dilution method with deuterium oxide or deuterated water. This method is based on the dilution principle by which it is possible to know the subject TBW under study from the administration of a known dose volume (V1) and concentration (C1) of deuterated water and the determination of the concentration deuterium (C2) in a sample of saliva, afterwards we can know the total volume where deuterium was diluted (V2). For this, saliva samples were collected in order to determine the children deuterium baseline. The subjects received an oral dose of 0.5 g deuterium oxide / kg body weight (99.8%, Cambridge Isotope Laboratories, Boston, USA). After equilibrium was reached, in approximately 3 hours, a saliva sample was collected. The deuterium concentration in saliva (C2) was measured on a mass spectrophotometer. Total body water (TBW) was calculated as $V1 \cdot C1 / C2$, and the FFM was calculated according $FFM = [(TBW / HC) / 1.04]$, where HC is the coefficient of hydration of FFM in a range of 74.9 to 77.0 for both sexes, and 1.04 is a correction factor of the hydrogen exchange. The percentage of body fat was calculated by the model $\%FM = (BW - FFM) / BW * 100$. Children were granted to participate in this study.

Measurement of aerobic performance. Each child performed a 6-minute walking test (6MWT). The test consisted in walking 6 minutes continuously in order to cover the greatest possible of meters. The children might slow down if needed and, if they stopped, we measured walking distance as fast as possible. The test is stopped if the child has any signs or symptoms of excessive fatigue or other inappropriate response to stress. There were recorded heart rate (HR) at initial, intra effort and resting at 30, 60 and 90 seconds.

Statistical analysis. The variables are shown as means and standard deviation. It was performed a description of variables and applied the Shapiro Wilk test to verify the null hypothesis that the variances are normally distributed. To define which variables enter the model, it was applied the Mallows criteria (Cp), where the best combination is one that gets a Cp equal to the number of variables plus one (n + 1). It was used the method of all possible

regressions to develop each prediction equation. Bland and Altman analysis was performed to verify the agreement between fat masses estimated by the new anthropometric model and the classical reference standard from total body water by isotope dilution technique; the same procedure was also performed for fat-free mass by bioelectrical impedance (BIA). In addition, it was also calculated the Lin agreement correlation coefficient of the regression (r_c) of the estimated fat mass from prediction models relative to fat mass determined by deuterium isotope dilution as the reference method.

Results.

Sample characteristics on average were 7.5 ± 1.02 years, BW 27.79 ± 5.85 kg, H 125.44 ± 7.25 cm, BMI 17.53 ± 2.44 kg/m².

Nutritional status was assessed using BMI as reference so 8 girls (10%) and 4 boys (5.55%) were obese; also, overweight was observed on 22 girls (27.50%) and 19 boys (26.38%). There were not significant statistically differences between sexes regarding number of cases for BMI levels. The prevalence of overweight and obesity were slightly lower than the national average reported by the last National Nutrition and Health Survey (ENNYS 2010), which stated that the sample was not far from the national average.

Total body water, fat mass and fat-free mass of deuterium isotope dilution for both sexes were: TBW (L) 14.87 ± 2.40 , TBW (%) 54.76 ± 4.78 , FFM (kg) 19.48 ± 3.27 , FFM (%) 71.65 ± 6.42 , FM (kg) 8.0 ± 3.26 , FM (%) 28.35 ± 6.42 . It was observed significant difference between sexes in TBW (%), FFM (%) and FM (%) ($p < 0.001$). The RI was 23.58 ± 3.51 (R/H²).

Development fat-free mass prediction equations by bioelectrical impedance.

The steps followed to obtain the prediction equations or models using BIA variables body weight (BW), resistance index (RI) and height (H), were:

Step 1: control of outliers. Twelve subjects were dropped out of the analysis. Errors in the determination of deuterium in the saliva were the cause to take out them of database.

Step 2: Randomization of the sample using Excel randomization function.

Step 3: Control of variables outliers.

Step 4: sample division. The sample was randomly split into two equal groups. One to obtain the model (base A) and, the second as validation group (base B).

Paso 5: Association analysis between FFM and variables BIA.

Paso 6: Description of the model.

BIA model.

Bivariate model to predict FFM from RI and Height.

$$\text{FFM (kg)} = -12.3361 + 0.4572 (\text{RI}) + 0.1637 (\text{Height})$$

Model characteristics: $R^2 = 0.8916$ $S = 0.9710$

Cross validation.

Regression analysis between estimated values from our new equation and measured by deuterium dilution showed slope (b) = 1.0293, intercept = -0.1691, $r = 0.871$, $R^2 = 0.759$, ($P < 0.001$). The next step in the validation was to calculate the concordance correlation $rc = 1.021$, confirming the reproducibility. Finally it was evaluated the agreement between methods by using the Bland and Altman analysis, and did not show any bias.

Development of body fat prediction equations by anthropometry.

Similar to BIA model steps were followed to develop the FM anthropometric model. However, it was obtained three valid models.

Anthropometric Models.

Bivariate model to estimate FM based on weight and the sum of four skinfolds.

$$\text{FM (kg)} = -3.2120 + 0.2829 (\text{weight}) + 0.0796 (\text{Sum of 4 skinfolds})$$

Model characteristics: $R^2 = 0.9143$ $S = 0.7388$.

Cross Validation.

Regression analysis between estimated values from the first FM equation and those measured by deuterium dilution showed slope (b) = 0.807 and intercept = 1.158, $r = 0.872$, $R^2 = 0.760$ ($P < 0.001$). The intercept value implies a systematic deviation of 1.2 kg of the new model. The concordance correlation of the equation obtained was 0.786, meaning that the validation of the first model was correct and its reproducibility was acceptable. Bland and Altman plot did not show any proportional or systematic bias.

Bivariate model to estimate FM based on weight and triceps skinfold.

$$\text{FM (kg)} = -4.7343 + 0.3148 (\text{Body Weight}) + 0.3029 (\text{Triceps skinfold})$$

Model characteristics: $R^2 = 0.8389$ $S = 1.0332$.

Cross Validation.

Regression analysis between estimated values from the second FM equation and those measured by deuterium dilution showed slope (b) = 0.783, intercept value = 1.516, $r = 0.783$, $R^2 = 0.613$ ($P < 0.001$), While r , R^2 and b are suitable, the intercept value was moderately high, implying a deviation close to 1.5 kg from 0 values. The concordance correlation (r_c) of the obtained equation was 0.782, which means that the reproducibility of the second model was high because not significantly different from 1. Bland and Altman plot confirmed agreement between models.

Bivariate model to predict FM based on weight and waist circumference.

$$\text{MG (kg)} = -7.8366 + 0.3942 (\text{Body Weight}) + 0.0856 (\text{Waist Circumference})$$

Model characteristics: $R^2 = 0.7553$ $S = 1.1554$

Cross validation.

The final regression analysis to validate the third model showed $r = 0.776$; $R^2 = 0.602$; ($P < 0.001$), so the coefficients were far from the perfect value of 1 for slope ($b = 0.7345$) and 0 value for intercept (intercept = 1.766) and, although both were significantly valid, they should

introduce large errors for FM estimations (close to 1.8 kg). The concordance correlation (r_c) of the obtained equation was 0.777, confirming reproducibility, as not significantly different from 1. Bland and Altman analysis did not show any bias.

Aerobic test performance of 6 minutes and its relation to fat mass

The walked distance was 566.7 ± 50.0 (m), did not exits significant difference between sexes ($P < 0.07$). FM had a significant relationship with the HR90" in boys.

Conclusions.

- The measurement of TBW with isotope dilution method with deuterium had been successfully implemented for the first time in Argentina, which will facilitate its use as a standard reference in future BC studies in our country.
- The children BC data evaluated by deuterium isotope dilution method were $28.35 \pm 6.42\%$ of body fat and TBW accounts for $54.76 \pm 4.78\%$. There were significant differences between sexes for both components. Boys had more FFM and larger percentage of water than girls.
- The equations available in the literature, which are more often used in Argentina for predicting BC of children from 6-9 years, either through BIA and anthropometry, are imprecise or have shown large variations among them.
- Using TBW by isotope dilution with deuterium as a standard reference, we obtained and validated the following equation to estimate FFM by BIA: $FFM \text{ (kg)} = -12.3361 + 0.4572 \text{ (RI)} + 0.1637 \text{ (Height)}$. Its deviation from the reference was 170 g, which was close to an ideal model.
- It have been also obtained and validated, the next equations to estimate FM with anthropometric variables:
 - $FM \text{ (kg)} = -3.2120 + 0.2829 \text{ (weight)} + 0.0796 \text{ (sum of biceps, triceps, subscapular and abdominal skinfolds)}$.
 - $FM \text{ (kg)} = -4.7343 + 0.3148 \text{ (weight)} + 0.3029 \text{ (triceps skinfold)}$.
 - $FM \text{ (kg)} = -7.8366 + 0.3942 \text{ (weight)} + 0.0856 \text{ (waist circumference)}$.

- The application for the first time in schoolchildren from Argentina, aged between 6 and 9 years, the 6MWT has confirmed to be simple and safe, so it can be used as a tool to assess submaximal aerobic capacity or cardiorespiratory fitness.
- None differences were found in the distance that was performed in the 6MWT, among sex, BMI or FM categories. The recovery heart rate in boys was positively associated with FM and FFM, which means that higher FM is related greater internal load (cardiovascular stress) for children exercising with the same external load.

I. Introducción.

I.1. La evolución del estilo de vida.

Desde que el Hombre creó la civilización tal como la conocemos, el estilo de vida ha sufrido permanentes cambios que van desde la vida natural hasta la alta tecnificación de las actividades cotidianas. Pero si bien esos cambios ocurren desde el momento mismo de la aparición del *Homo habilis* la velocidad con que ocurren no es constante. Hablar de civilización en la historia de la Humanidad es hablar de progresos tecnológicos y, de la mano de ellos, de una vida más liviana. En la actualidad estos cambios claramente sufren una aceleración vertiginosa. El ser sociocultural (ligado mayormente a cuestiones tecnológicas) cambia rápidamente. No ocurre lo mismo con el ser biológico, que ha permanecido prácticamente inalterable por miles de años; de manera tal que el que el ser biológico queda disociado del ser social. Las actividades naturales para las cuales las personas fueron adaptándose durante miles de años, desde hace pocas décadas las realizan máquinas, que primero fueron mecánicas ó eléctricas y luego electrónicas. Podríamos decir que desde la Revolución Industrial hasta nuestros días los cambios tecnológicos en áreas como la producción de bienes y servicios, los alimentos, las comunicaciones, las tareas del hogar y el esparcimiento, se transformaron casi sin excepción en actividades sedentarias (Brown, Bauman, & Owen, 2009; Raynor, Bond, Freedson, & Sisson, 2012). Este no es un concepto menor, puesto que de la mano del sedentarismo aparecen las enfermedades de la “modernidad” (Hamilton, Hamilton, & Zderic, 2007). Ya en tiempos de la Grecia clásica el ejercicio físico, junto con una alimentación y entorno saludables, constituían los tres pilares de la terapéutica hipocrática, que tuvo su máxima expresión en el olimpismo. Del mismo modo en Roma, Galeno dedicó parte de su tarea a explicar cómo ejercitarse para cuidar la salud. En la Edad Media se pierde esta idea de vida activa y saludable, pero más recientemente en el siglo XIX se retoma para no abandonarse hasta nuestros días. Y no se retoma por casualidad, sino que surge como necesidad a partir de la Revolución Industrial que trajo como consecuencia una drástica disminución de la energía gastada en la jornada laboral, además de incrementar las horas de ocio pasivo entre los mismos trabajadores. Las enfermedades modernas están en relación a un estilo de vida sedentario con origen en los cambios sociales del siglo XIX.

I.2. Desarrollo de enfermedades crónicas no transmisibles ligadas al estilo de vida.

Es un hecho reconocido que la población mundial padece una epidemia de enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT), como las cardiovasculares (ECV),

(hipertensión, infarto, accidentes cerebrovasculares), la obesidad y la diabetes tipo II (Vanuzzo, Pilotto, Mirolo, & Pirelli, 2008). Estas patologías, que en el pasado eran enfermedades características del adulto, han comenzado a observarse a edades más tempranas, entre otras razones, porque los factores de riesgo que las causan, y especialmente la inactividad física, están presentes desde la infancia (Fries, Bruce, & Chakravarty, 2011; Dziemidok, Makara-Studzińska, & Jarosz, 2011). Se sabe que los niños pasan entre 2 y 4 horas diarias en actividades frente a una pantalla y entre 5 y 10 h en otras actividades sedentarias (Jo Salmon, Tremblay, Marshall, & Hume, 2011). La evidencia científica de base epidemiológica sugiere que están fuertemente justificados los programas de promoción de vida activa y de prevención en edades tempranas.

Desde hace mucho tiempo sabemos que la práctica de actividad física se relaciona positivamente con la salud y de hecho su carencia constituye el cuarto factor de riesgo más importante en el mundo (Organización Mundial de la Salud, 2009) y eleva el riesgo independientemente del sobrepeso, la obesidad, la dislipemia, la hipertensión arterial, entre otros (Brownson, Boehmer, & Luke, 2005; Sesso et al., 2000). Esto permite dimensionar mejor las implicancias de una vida sedentaria y explica, en alguna medida, por qué el sedentarismo es el único factor de riesgo que cuando se modifica, también modifica a todos los demás. Es decir que la actividad física es beneficiosa por sí misma además de constituir un recurso terapéutico que bien administrado, mejora ostensiblemente muchos trastornos de la salud. Esta cualidad es única y no está presente en ninguna otra estrategia de prevención. No existe dieta o terapia farmacológica que produzca al mismo tiempo y sin efectos secundarios, los beneficios directos e indirectos de la actividad física. Menos aún, si se tiene en cuenta que, en términos económicos, la actividad física se puede realizar a costo cero.

En nuestros días, tanto la ciencia experimental como las recomendaciones emanadas de la Estrategia Global de la OMS (Organización Mundial de la Salud, 2004, 2010) coinciden en que el aumento de la actividad física es un camino idóneo para disminuir la morbilidad y mortalidad por ECNT.

A pesar de que los criterios acerca de las bondades de la actividad física son ampliamente aceptados, la mayoría de las personas en los países de occidente y en particular de América permanecen insuficientemente activas. En España casi el 50% de la población no cumple con las recomendaciones de la OMS (Instituto Nacional de Estadística, 2007), mientras que en Argentina el número de personas activas o mínimamente activas no supera el 47% (Ministerio de Salud de la Nación Argentina, 2005). El sedentarismo es por lejos el factor de riesgo prevalente en la mayoría de los países. Es decir, estamos ante sociedades que

paulatinamente han ido bajando sus niveles de actividad física y por tanto disminuyeron también la cantidad de energía gastada en el trabajo físico.

En la modernidad se produce un fenómeno que la Humanidad nunca antes había vivido: aunque subsisten el hambre y la desnutrición en grandes regiones del globo, la mayoría de las personas acceden de forma relativamente fácil a alimentos ricos en energía, circunstancia que se combina con un estilo de vida que premia a quienes se mueven menos, es decir a quien gasta menos energía biológica. En otros términos, las personas ingresan más calorías al organismo y, a su vez, el gasto de calorías es cada vez menor (Brownson et al., 2005; CDC, 2008). Esto se da, además, en un contexto estimulante porque los alimentos más procesados son aquéllos que se venden con valor agregado más alto, pero también con densidad energética más alta. Es fácil ingerir 500 kilocalorías, pero muy difícil gastarlas.

Un artículo publicado en JAMA (Gaziano, 2010) recordaba que la transición epidemiológica que estamos viviendo se caracteriza, entre otras cosas, por la falta de actividad física. Como bien señala este artículo, la obesidad, la diabetes tipo II, las dislipemias, la hipertensión y otros trastornos de la salud están fuertemente ligados a esta carencia de actividad física tanto en cantidad como en calidad. Sin embargo, es muy común pensar en estos trastornos como problemas netamente nutricionales, a partir de lo cual, luego de una mirada rápida del problema, se concluye que la génesis está en el exceso de ingesta y no en la falta de actividad física.

En algunos casos, no existe tal exceso de kilocalorías ingeridas sino que se observa un desequilibrio en el aporte de kilocalorías de los macronutrientes de la dieta a expensas de hidratos de carbono o de lípidos, e incluso sin llegar a cubrir las necesidades energéticas. Se ha reportado en la Encuesta de Nutrición y Salud de Argentina del año 2005, que las mujeres entre 19 y 49 años presentan una deficiencia de ingesta energética del 57,8% concomitantemente a 37,6 % y 15,3% de sobrepeso y obesidad, respectivamente. Una explicación posible es el bajo gasto energético resultante de la actividad física leve (< 3 MET), que en esta población se estimó en 54% (Ministerio de Salud de la Nación Argentina., 2007). Otro factor que podría explicarlo sería que el nivel de actividad física real podría ser mucho menor al usado en la estimación de las necesidades energéticas y como resultado se pueden encontrar esas cifras de sobrepeso, aún con ingestas energéticas bajas.

En la misma encuesta (Ministerio de Salud de la Nación Argentina., 2007) se observó una prevalencia de sobrepeso en niños de 6 meses a 5 años de 31% y de obesidad de 10%, lo que hace pensar en una futura población adulta con altas chances de mantener o incrementar

estos registros de sobrepeso y/u obesidad y, por lo tanto, la perspectiva epidemiológica es poco alentadora en este sentido.

Si el problema de la prevención se abordara desde una perspectiva puramente nutricional, el éxito estaría asegurado manteniendo el equilibrio energético por reducción de la ingesta. Pero lamentablemente, el problema no es tan simple.

Veamos el problema desde otro enfoque posible. Imaginemos a una persona que ingiere pocas calorías y que paralelamente gasta poca energía porque se mueve muy poco. Es muy probable que una persona en estas condiciones mantenga un peso corporal normal. No podría aumentar de peso porque su ingesta es mínima, aún con gasto muy bajo. Podría interpretarse como un resultado positivo y saludable mantener el equilibrio energético en estas condiciones. Sin embargo, en un estudio no publicado llevado a cabo por PROPIA UNLP en el año 2009, se pueden observar en algunos casos valores del componente grasa mayores al 30% en mujeres universitarias cuyos índices de masa corporal fueron normales y que en el 87 % de los casos eran inactivas o mínimamente activas de acuerdo con el IPAQ (Booth, 2000). Es decir, que aun manteniendo normales su índice de masa corporal (IMC) y el equilibrio energético, su escasa actividad física está favoreciendo, de alguna manera, el aumento de la masa grasa, sumando así dos factores de riesgo: la falta de actividad física y el exceso de grasa.

Para que haya equilibrio energético se necesita que la ingesta sea igual al gasto. Esta condición de equilibrio podría darse de dos maneras diferentes: baja ingesta con bajo gasto o alta ingesta con alto gasto. Dos situaciones de equilibrio, pero con repercusiones o consecuencias muy diferentes. El primer caso, que podríamos llamar "conservador", es un equilibrio que predispone para la enfermedad. ¿Por qué? Porque carece del elemento protector que brinda la actividad física, a través del gasto de energía. Es ahí donde radica el factor benéfico principal de la práctica de actividad física. Muchos estudios científicos relacionan la actividad física con la salud, y todos ellos coinciden en un punto: a mayor gasto de energía, mayor protección contra enfermedades crónicas y también mejor calidad de vida. Entonces, equilibrio energético sí, pero con alto gasto de energía. Sin el alto gasto de energía, la actividad física pierde gran parte de su potencial protector.

I.3. Por qué estudiar la composición corporal.

Como se ha comentado más arriba, en la actualidad, los hábitos y estilos de vida están caracterizados por la insuficiente actividad física, la alta ingesta de alimentos ricos en calorías y pobre en micronutrientes, así como por la creciente oferta de tecnología de la información y las comunicaciones. Todo ello configura un marco potencialmente nocivo para la salud y la calidad de vida. La resultante del estilo moderno es el incremento de las enfermedades crónicas no transmisibles y el persistente deterioro de la salud y la calidad de vida, y esto se observa en todos los niveles socioeconómicos y todo a lo largo del ciclo vital. La prevención es el único enfoque posible para el control de la doble carga de la malnutrición y la falta de actividad física, que juntos imponen un elevado costo para los sistemas de salud en especial en países pobres y/o subdesarrollados. En el año 2001 se revisaron los requerimientos energéticos de la FAO (Food and Agriculture Organization, 2001) para ajustarlos a las nuevas demandas del estilo de vida actual. El documento tuvo por objetivo mejorar el cálculo de los requerimientos de energía en todas las edades, la modificación de las recomendaciones dietéticas en infantes y adolescentes, proponer diferentes requerimientos para distintos estilos de vida, utilizar la tasa metabólica basal para ajustar esos requerimientos de energía, clasificar la actividad física de la población en niveles y sugerir cuál de ellos tiene más relación con la prevención del sobrepeso y hacer recomendaciones sobre actividad física en niños y jóvenes, entre otros.

La poca demanda de actividad física de la vida moderna acelera los procesos de deterioro de las capacidades humanas y cambia la composición corporal (CC), y eso se debe fundamentalmente a dos situaciones convergentes. Por un lado, disminuye el gasto de energía diario, por otro se pierde masa muscular o bien no se la desarrolla adecuadamente. Las dos, conforman un círculo negativo que tarde o temprano afecta a la salud y al desarrollo pleno. Una de las manifestaciones más evidentes de este proceso es el aumento del peso corporal por exceso de masa grasa. Hoy sabemos que el peso corporal es un indicador sumamente inespecífico en relación a la salud. En su lugar, la CC, entendida como la cantidad y proporción de cada componente de la masa corporal total, está mejor relacionada con el riesgo de desarrollar enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT). Por lo tanto, conocer la CC tiene un valor significativo en los procesos de salud, mejoramiento físico y del rendimiento humano. Para ello se necesitan herramientas capaces de predecir con la mayor exactitud y fiabilidad, cada uno de los componentes. En nuestro caso, el componente de masa grasa es relevante por estar ligado directamente con el desarrollo de ECNT.

1.3.1. La obesidad.

En Argentina como en la mayoría de los países occidentales, se padece una grave epidemia de enfermedades crónicas no transmisibles en especial las cardiovasculares que muchas veces tiene su origen en la obesidad (De Onis & Blössner, 2000; Filozof, Gonzalez, Sereyday, Mazza, & Braguinsky, 2001).

La obesidad es una enfermedad que se caracteriza por el aumento de la masa grasa (MG), como lo ha definido la OMS en 1995 (World Health Organization, 1995). En la mayoría de los casos se acompaña de aumento de peso corporal, aunque no siempre. Debido a esto último, es que se hace necesario contar con métodos fiables, precisos y simples, para medirla y/o diagnosticarla. La Sociedad Argentina de Pediatría (Durán, Piazza, & Trifone, 2005) ha propuesto diferentes métodos y estrategias para medirla y controlarla, algunos de los cuales se describen en otro capítulo más adelante.

1.3.2. La inexistencia de métodos validados en Argentina.

En la República Argentina, así como ocurre en muchos países de la Región, no existen trabajos previos que desarrollen instrumentos de medición de la CC en niños. Los métodos y las ecuaciones que se aplican hasta el presente fueron desarrollados en poblaciones distintas a la argentina tanto geográfica, étnica como culturalmente (Fu et al., 2003; World Health Organization, 1995). Surge entonces la necesidad de contar con recursos metodológicos propios, validados y que se ajusten a las características locales. La falta de instrumentos adecuados limita las posibilidades de evaluar correctamente programas de salud o la práctica clínica y/o el mundo deportivo.

Entre los estudios más relevantes (Abeyá Gilardon & Lejarraga, 1995; Braguinsky et al., 1998; Brusco, 1984; De Girolami, n.d.; Juiz De Trogliero & Morasso, 2002; Kovalskys, Bay, Rausch, & Berner, 2003) se puede citar al realizado por el grupo de Bustamante de la Escuela Naval Militar (Bustamante 2011, sin publicar), se propuso dilucidar cuál de los indicadores antropométricos es el más relevante para evaluar sobrepeso en cadetes. El trabajo se llevó a cabo en 289 hombres y 33 mujeres donde se midieron peso, talla, circunferencia de cintura, índice de masa corporal (IMC) y sumatoria de 4 pliegues cutáneos (4PC). La conclusión a la que arribó fue que la utilización de sumatoria de 4 pliegues cutáneos combinada con el IMC resulta el mejor modelo para conocer el sobrepeso y la obesidad así como la masa grasa en personas con igual IMC.

I.4. Rendimiento aeróbico, fitness cardiovascular y calidad de vida.

Desde hace décadas se conoce la importancia de mantener una vida físicamente activa. Incluso la AF ha sido relacionada con el rendimiento general, la productividad y la escolaridad (Church et al., 2011). La capacidad del ser humano de moverse postergando la fatiga redundó en mejoramiento de las actividades básicas como trasladarse, trabajar, estudiar, producir, etc.

El rendimiento aeróbico, entendido como la posibilidad del cuerpo humano de satisfacer sus necesidades energéticas mediante el sistema aeróbico, está relacionado con el nivel de actividad física general y se puede mejorar tanto en niños como en adultos. Aquellas personas que cuentan con mejor rendimiento aeróbico llevan a cabo las tareas cotidianas con menor fatiga que otros con rendimiento más bajo.

En Argentina no existe experiencia en la aplicación de pruebas aeróbicas para ser relacionadas con la composición corporal, por lo cual el presente trabajo accesoriamente persigue explorar la aplicación del test de marcha de 6 minutos (T6M) en niños de temprana edad. Nuestro país cuenta con pocos antecedentes de la aplicación de este test y todos ellos fueron realizados en adultos en diferentes condiciones de salud. Trivi y colaboradores se propusieron identificar predictores ecocardiográficos para la capacidad de ejercicio en pacientes con disfunción sistólica para lo cual utilizaron el test de 6 minutos para medir rendimiento aeróbico en 150 adultos que estaban por debajo del 40% de la fracción de eyección sistólica (Trivi et al., 2011). Otro estudio fue publicado por Sívori y Sáenz (2010), quienes utilizaron el test aeróbico para comparar diferentes respuestas al ejercicio en 21 pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica severa (EPOC). El test de 6 minutos también fue utilizado por Olmos y colaboradores para determinar si la influencia del medio ambiente y vida al aire libre podría impactar sobre la velocidad de marcha y la resistencia en personas con lesiones de la espina dorsal (Olmos et al., 2008). Finalmente, otro trabajo aplicó el test de 6 minutos en 6 pacientes post operados cardíacos para determinar la efectividad de un tratamiento quirúrgico cuando no está indicado el trasplante (Trainini et al., 1999).

En niños el T6M fue utilizado para medir capacidad aeróbica en personas con sobrepeso (Elloumi et al., 2011; Geiger et al., 2007; Guinhouya, 2011; Makni et al., 2012), con cardiopatías (Moalla, Gauthier, Maingourd, & Ahmaidi, 2005), con enfermedades respiratorias (Alehan et al., 2012; Basso et al., 2010), con parálisis cerebral (Balbaloglu, Basaran, & Ayoglu, 2011), con alteraciones motoras y posturales (Alves & Avanzi, 2009; Borggraefe et al., 2010;

Montes et al., 2010), con trasplantes (Tomczak et al., 2008), enfermos hepáticos (Alameri et al., 2007) y para validación de acelerómetros (Esliger et al., 2007), entre otras aplicaciones.

II. Propósito, justificación y objetivos.

II.1. Propósito.

El presente trabajo tiene el propósito de contribuir al mejoramiento de las herramientas para la evaluación de programas de prevención y promoción de la salud mediante el desarrollo de instrumentos de bajo costo y fácil aplicación para la evaluación de la CC, al mismo tiempo que intenta confirmar la relación entre el rendimiento aeróbico y la CC de niños de edad escolar.

II.2. Justificación.

La composición corporal está relacionada con la salud y la calidad de vida a todas las edades. El valor pronóstico de una elevada masa grasa para las enfermedades crónicas no transmisibles, en especial las cardiovasculares y metabólicas, es bien conocido. Se hace evidente así la importancia de contar con herramientas idóneas para la ponderación de los diferentes componentes de la masa corporal. Tradicionalmente se han utilizado ecuaciones desarrolladas y validadas en grupos poblacionales diferentes al nuestro. Argentina no cuenta con ecuaciones de predicción o valoración de la masa grasa y/o la masa libre de grasa que hayan sido obtenidas a nivel local y menos aún que hayan sido desarrolladas y validadas para niños. En la sección Resultados se muestran las diferencias que existen cuando se aplican las ecuaciones de uso corriente para estimar la masa grasa. Esto refuerza la idea de obtener ecuaciones que respondan a la realidad de los niños argentinos. Además, el trabajo pretende que las ecuaciones obtenidas sean de fácil aplicación en condiciones clínicas, deportivas y/o epidemiológicas.

Existen esfuerzos de gobiernos y ONGs destinados a mejorar la salud a través de programas nutricionales y de actividad física, pero por lo dicho anteriormente, no se cuenta con herramientas fiables y validadas para medir su impacto en la composición corporal.

II.3. Objetivos.

La presente tesis doctoral persigue los siguientes objetivos generales y específicos.

II.3.1. Objetivo general.

Elaborar ecuaciones válidas para la estimación de la composición corporal de los niños a través de la antropometría y la bioimpedancia eléctrica.

II.3.2. Objetivos específicos.

1. Determinar la composición corporal de los niños mediante mediciones antropométricas, de bioimpedancia eléctrica y con la técnica de dilución isotópica con deuterio.
2. Comparar ecuaciones disponibles en la literatura para la ponderación de la masa grasa.
3. Obtener ecuaciones de estimación de la composición corporal para la antropometría y la impedancia eléctrica.
4. Validar las ecuaciones obtenidas utilizando como método de referencia la técnica de dilución isotópica con deuterio.
5. Estudiar la asociación entre el componente aeróbico de la condición física y la masa grasa.

III. Marco teórico

III.1. Composición corporal.

III.1.1. Modelos y componentes.

Tradicionalmente la composición corporal (en adelante, CC) fue estudiada utilizando el modelo de dos compartimentos, el compartimento graso (masa grasa: MG) y el compartimento libre de grasa (masa libre de grasa: MLG). En la actualidad debido a los avances tecnológicos y mejores diseños de estudio se puede evaluar la CC dividiendo al cuerpo en tres o más compartimentos, lo que podría denominarse “modelos multicompartmentales” (Siconolfi, Gretebeck, & Wong, 1995). Para ello es necesario partir de algunas asunciones en relación a la densidad de los diferentes componentes, sean tejido graso, proteínas, minerales o agua. Siri, en el año 1961 (Siri, 1961), desarrolló el modelo de tres componentes. Subdividir el cuerpo en tres compartimentos reduce el error. La medición del agua corporal total (ACT) permite calcular mejor el factor de hidratación con lo cual se ajusta el cálculo del compartimento MLG.

La densidad de cada componente es característica y puede utilizarse en ecuaciones para diferenciarlos y medirlos.

Los lípidos corporales pueden dividirse en grasos y no grasos (Gurr & Harwood, 1991). Normalmente el modelo de tres componentes tiene en cuenta los primeros, que están compuestos mayormente por triglicéridos. La densidad de los triglicéridos es de $0,9007 \text{ g/cm}^3$ (Fidanza, Keys, & Anderson, 1953). Si bien otros lípidos tienen una densidad algo más alta, su cantidad no llega a representar el 1% de la masa total del cuerpo, por lo cual su incidencia sobre la CC es muy baja. Por otra parte la variabilidad de la densidad de los triglicéridos es muy pequeña entre sujetos, con lo cual podría hablarse de una constante de valor conocido.

La densidad del agua a 36°C es de $0,9937 \text{ g/cm}^3$ y a 37°C es de $0,9934 \text{ g/cm}^3$ y es utilizada en modelos de tres y cuatro compartimentos (Diem, 1962).

Las proteínas tienen una densidad de $1,27 \text{ g/cm}^3$ aunque existen variaciones que pueden llegar hasta $1,36 \text{ g/cm}^3$ (Haurowitz, 1963; Hulmes & Miller, 1979).

En cuanto al mineral óseo, su densidad es de $2,982 \text{ g/cm}^3$ y resulta del promedio de varios huesos (Biltz & Pellegrino, 1969; Mendez, Keys, Anderson, & Grande, 1960), pero en algunos casos puede llegar a $3,01 \text{ g/cm}^3$.

Dentro de los carbohidratos, el más común es el glucógeno con una densidad de $1,52 \text{ g/cm}^3$ (Montgomery, Dryer, Conway, & Spector, 1980). Pero la cantidad de total de glucógeno es pequeña y sólo se tiene en cuenta en algunos cálculos aproximados.

III.1.2. Masa grasa corporal y su distribución.

La masa grasa (MG) tiene relación con el riesgo de ECNT, en particular con las enfermedades cardiovasculares degenerativas (Farias de Novaes, Eloiza Priore, do Carmo Castro Franceschini, & Alves Lamounier, 2012) y la hipertensión arterial (Zhang et al., 2012). La grasa intraabdominal parece estar más asociada al riesgo que la grasa total (Takami et al., 2001) y al aumento de la resistencia a la insulina (Amati et al., 2012). La grasa subcutánea a nivel abdominal también está asociada al riesgo de desarrollar resistencia a la insulina, independientemente de la grasa visceral (Goodpaster, Thaete, Simoneau, & Kelley, 1997).

El género y la edad influyen sobre la CC (Arabi et al., 2004). En el caso específico de la densidad mineral ósea pareciera ser que la deficiencia de estrógenos en mujeres y de andrógenos en el hombre podría influir negativamente sobre la masa ósea. En mujeres, especialmente sobre el tejido esponjoso y, en hombres, sobre el cortical (Fintini et al., 2009). La distribución del déficit de masa ósea no difiere entre sexos, a excepción del cuello de fémur o en vértebras lumbares (Ausili et al., 2012). La pubertad parecería ser una etapa sensible a los problemas de densidad ósea y éstos estarían relacionados con la fuerza muscular de prensión manual (Baroncelli & Saggese, 2000). Esto reafirma la importancia de desarrollar fitness físico y particularmente la fuerza muscular para mejorar la CC.

III.1.2. Métodos de evaluación de la composición corporal.

La evaluación de la composición corporal utiliza diferentes métodos que se han ido desarrollando en cada momento histórico, a medida que los avances científicos y tecnológicos permitieron medir diferentes componentes y en distintas situaciones de aplicabilidad. Si bien existen varios métodos potencialmente aplicables a humanos, y en especial a niños, a continuación haremos sólo una breve reseña de las principales características de los más difundidos a nivel internacional, y sobre los cuales existe mayor evidencia científica.

III.1.2.1. Método de impedancia bioeléctrica.

El principio sobre el cual se basa el cálculo de la CC por bioimpedancia (en adelante, BIA: *bioelectrical impedance analysis*) es la relación entre el contenido de agua total de cuerpo y la composición de sus tejidos (Hoffer, Meador, & Simpson, 1969; Jenin, Lenoir, Rouillet, Thomasset, & Ducrot, 1975).

Se basa en la relación de la composición corporal respecto del contenido acuoso del organismo (Hoffer et al., 1969). La BIA depende de la composición, la hidratación y la densidad corporal, así como de la edad, etnia y sexo.

La impedancia es la oposición de un conductor al paso de una corriente eléctrica y es expresada por la resistencia. La resistencia es proporcional a la longitud del conductor, lo que implica que un conductor largo tendrá mayor resistencia que uno corto. Algebraicamente, se ha definido que el cuadrado de la longitud del conductor (asimilado a la talla²) dividido por la resistencia al paso de una corriente eléctrica (expresada en ohmios) sirve para estimar el volumen del conductor. Esta suposición asume que el conductor es uniforme y que la corriente se distribuye por igual a través del mismo. La relación entre la talla² y la resistencia se denomina **Índice de resistencia** y es proporcional al volumen del ACT. Es un parámetro que encontraremos en todas las ecuaciones utilizadas para estimar el ACT o, lo que es proporcional, el compartimento donde ésta se encuentra, la MLG. Una vez conocida la MLG, se estima la MG por diferencia con el peso.

Los bioimpedanciómetros utilizan una corriente alterna de amperaje bajo y seguro que penetra el organismo, siendo el agua corporal la conductora. La corriente fluye a través del agua extra (AEC) e intracelular (AIC), dependiendo de la frecuencia (Kushner & Schoeller, 1986). A baja frecuencia (≤ 5 kHz), la corriente fluye a través del AEC; a medida que aumenta la frecuencia, la corriente ingresa al espacio intracelular, y a frecuencias mayores o iguales a 100 kHz es capaz de penetrar en todos los tejidos corporales (Nyboer, 1959). Los equipos monofrecuencia operan generalmente a 50 kHz y muchas ecuaciones se han desarrollado a partir de ellos. Los equipos multifrecuencia diferencian el agua intra del extracelular, lo que resulta importante para describir el equilibrio de fluidos entre los compartimentos (Chumlea, Guo, Bellisari, Baumgartner, & Siervogel, 1994).

El método tetrapolar es el más común para medir la impedancia a la corriente a través de su ingreso mediante dos electrodos y su recepción por otros dos (usualmente en la mano y en el pie derecho). Técnicamente, la longitud es la distancia entre los electrodos. En teoría, la corriente penetra uniformemente el cuerpo y la resistencia es función del contenido acuoso y de la alta impedancia que ofrece la grasa corporal. Tradicionalmente, las mediciones se realizan en posición horizontal para evitar los efectos de la gravedad sobre la acumulación de agua en las piernas y del lado derecho (Slinde, Bark, Jansson, & Rossander-Hulthén, 2003). Debido al uso de equipos multifrecuencia, que miden la impedancia en segmentos, las mediciones también se realizan entre mano y mano (*hand to hand*) o entre pie y pie (*foot to foot*), dependiendo del modelo y del fabricante (Andreoli et al., 2002). Estos procedimientos suelen estimar peor la MLG que la impedancia de cuerpo entero.

La aplicación de la BIA es segura y el procedimiento se ha estandarizado. Algunas variables que pueden afectar a la precisión de la medición incluyen el grado de hidratación, el consumo de alimentos o colaciones, la actividad física reciente y el vaciamiento de la vejiga, y

son variables que deben considerarse (Berneis & Keller, 2000). El camino de la corriente en el cuerpo puede variar de acuerdo con la forma y el tamaño corporal, la presencia de electrolitos, la distribución acuosa u otros aspectos de la composición corporal en la salud y la enfermedad.

El índice de resistencia es utilizado como variable independiente en ecuaciones de regresión poblacionales que describen una relación estadística con el contenido de agua corporal total o el componente donde ella se encuentra, la masa libre de grasa. Cada ecuación es útil para sujetos semejantes a la población de referencia respecto a rango de edad, etnia y sexo (Mast et al., 2002; Sun et al., 2003). Estas ecuaciones deben validarse con métodos de referencia de composición corporal como dilución isotópica, DEXA o densitometría.

En los equipos comerciales, a veces encuentra la dificultad de saber cuál es la ecuación que utiliza el fabricante, desconociéndose si es la adecuada para la población que se está evaluando. Los equipos que emiten datos crudos de resistencia permiten su utilización posterior en las ecuaciones que resulten más convenientes.

Aparte de su aplicación en la estimación de la composición corporal, la BIA puede ser útil en áreas bien diferentes, como en pacientes en hemodiálisis, en la evaluación nutricional de pacientes con HIV o con cáncer y en estudios de farmacocinética (Bauer, Capra, Davies, Ash, & Davidson, 2002; Chertow, Lazarus, Lew, Ma, & Lowrie, 1997). Hay condiciones clínicas en las que la monitorización del ACT en el paciente crítico es de utilidad, siendo éste un campo de mucha controversia. Por lo general, la repleción nutricional puede evaluarse por BIA en el malnutrido cuando no se trata de casos críticamente enfermos. En la obesidad avanzada, podrían producirse errores de estimación, sobre todo en los valores extremos. La aplicación de BIA en pediatría depende de la existencia de ecuaciones validadas para la edad.

Debe considerarse que los cambios en la composición iónica no siempre implican cambios en el volumen del conductor. Por eso, algunos autores consideran que si bien la BIA es un método técnicamente sencillo y no es operador dependiente, tendría más variabilidad en la estimación de la composición corporal que la obtenida por pliegues cutáneos, a la hora de referirse a metodologías sencillas de evaluación de la composición corporal (T. Lohman et al., 2003). De todos modos, la bibliografía sobre esta discusión, además de ser extensa, es también controvertida.

III.1.2.2. Antropometría.

Se conoce con el nombre de antropometría al conjunto de mediciones que se realizan en el cuerpo humano. Persigue fines variados según la disciplina que la aplique, como por ejemplo la antropología, la medicina, la biología, las ciencias del deporte y la actividad física, la ingeniería, etc. En el mundo de la actividad física y deportiva se habla de cineantropometría

(CA), lo que implica el estudio del cuerpo humano en función del movimiento y el rendimiento, la salud, la maduración y la composición corporal. La CA aparece a principios de la década de 1970 y se presenta formalmente durante los juegos olímpicos de Montreal.

La antropometría incluye diversas mediciones de masa (peso) y longitud (alturas, diámetros, circunferencias y espesores de tejidos blandos). Y para el estudio de la CC utiliza fundamentalmente los pliegues cutáneos (PC). Para la correcta ejecución de las mediciones antropométricas se utilizan marcas corporales y se requiere de instrumentos específicos.

A partir de estas mediciones existen dos resultados posibles. El directo, que da la información precisa de peso, talla, circunferencia o perímetro de cintura; y el indirecto, que a partir de estos datos primarios, mediante la aplicación de ecuaciones, brinda datos secundarios como la cantidad de masa grasa, masa libre de grasa, masa muscular o agua corporal, entre otras. Cuánto más indirecta sea la estimación más error conlleva. La forma más práctica de conocer la CC es utilizar métodos indirectos mediante fórmulas. No son invasivos, son inocuos (carecen de riesgos) y están ampliamente aceptados en la mayoría de las sociedades.

El método antropométrico tiene la ventaja de no necesitar equipamiento complejo y costoso, se puede aplicar en campo o laboratorio, es útil en todas las edades y no insume mucho tiempo. Además, el método puede ser utilizado en estudios epidemiológicos. Pero en cambio, la desventaja radica en que es menos preciso, es operador-dependiente en el sentido de que la exactitud de las mediciones depende en gran medida del entrenamiento del evaluador. Dado que las partes blandas sufren compresión y se modifican rápidamente, es necesario un importante entrenamiento para obtener la medición en escasos dos segundos, luego de lo cual, la marca puede variar. La compresión podría deberse a desplazamiento del agua extracelular o de tejido adiposo hacia lugares de menor presión. Esta compresibilidad varía según la región corporal. Además, muchas ecuaciones de predicción que se aplican no han sido desarrolladas para esa población específica y/o no están validadas, lo que deja importantes dudas sobre la fiabilidad y exactitud de los resultados.

Los tipos y lugares donde se toman las mediciones antropométricas deben responder a la factibilidad para su aplicación en diferentes situaciones de evaluación. Cuando se desarrollan ecuaciones de predicción, éstas deben contemplar la accesibilidad real y, de ser posible, se debe sugerir en qué condiciones deben ser aplicadas. Otro criterio para la selección de medidas es la aceptabilidad por parte de los sujetos evaluados. Es muy difícil tener exactitud en condiciones donde por ejemplo los niños no se dejan evaluar. En general la toma de pliegues mejor aceptada es la del pliegue tricípital (PLT) y subescapular (PLS). Además, las

ecuaciones deben contemplar la aplicabilidad o no en personas no convencionales, por ejemplo en amputados, discapacitados motores, enfermos con trastornos metabólicos, etc.

Las mediciones deben realizarse en condiciones estandarizadas para asegurar la reproductibilidad y fiabilidad.

III.1.2.3. Agua corporal total por dilución isotópica de deuterio.

El agua es el componente corporal más abundante (Forbes, 1962; Keys & Brozek, 1953; Moore et al., 1963), con una presencia que varía entre el 70 y 75 % al nacimiento hasta el 40% en el obeso. Es un componente esencial para la vida, ya que es el medio para que ocurran las reacciones bioquímicas y de transporte de nutrientes y hormonas. Un descenso del 15% debido a deshidratación es considerado de alto riesgo.

Pequeños cambios en el agua corporal total (ACT o TBW: *total body water*) puede producir un cambio mensurable en el peso corporal, de manera que el ACT se convierte en un parámetro central y sensible en el momento de la evaluación de la composición corporal.

El agua es un constituyente a nivel molecular, celular y tisular de los diferentes modelos que hemos mencionado (Z. M. Wang, Pierson, & Heymsfield, 1992). A nivel celular, el 73% se encuentra en el espacio intracelular y el 27% en el espacio extracelular (Moore et al., 1963). A nivel tisular, se encuentra en los cinco compartimentos: agua intracelular en el citoplasma y núcleo, agua en el plasma, agua intersticial en el sistema linfático, agua en el tejido conectivo, en el cartílago y en el hueso y agua transcelular de las secreciones gastrointestinales, bilis, moco, y fluidos cerebrospinales.

A diferencia de los otros componentes a nivel molecular, el compartimento acuoso se constituye de una sola especie química. Es esta única estructura molecular la que simplifica la medición, por lo cual la determinación del ACT por el principio de dilución se ha transformado en una herramienta común. Brevemente, la técnica de dilución consiste en la administración al sujeto de agua deuterada y toma de una muestra de plasma, orina o saliva a las 3 horas, momento en que se ha llegado el equilibrio, y posterior determinación analítica del deuterio en dicha muestra. El hecho de utilizar saliva facilita el estudio en personas de cualquier edad, y en estudios tanto clínicos como epidemiológicos. Es una técnica entonces no invasiva, sencilla y con un gran potencial de aplicabilidad.

El deuterio es un isótopo estable del hidrógeno, no radiactivo y, por lo tanto, no es tóxico, por lo cual su uso es aplicable a cualquier individuo, incluso niños y mujeres embarazadas y lactantes. El deuterio posee un neutrón más en el núcleo que el hidrógeno, por lo cual el agua deuterada también se la llama agua pesada. El deuterio es sólo otra manera en

que el átomo de hidrógeno se presenta en la naturaleza, en una abundancia mucho menor que éste.

Como todas las personas tienen deuterio en los fluidos biológicos, es necesario recoger previamente una muestra de saliva basal. Y lo que se mide luego de la administración, es lo que llamamos “enriquecimiento en deuterio”. El principio de dilución consiste en que una pequeña dosis de agua deuterada de alta pureza (99.8%) se diluye a una concentración final muy baja en el volumen total de agua corporal (ACT). Esa concentración final es la que se mide en la saliva, lo que permite estimar por un cálculo matemático el volumen de ACT. Dado el supuesto de que el agua se halla en un 73,2% (en adultos) en la MLG, es posible conocer ésta última y por diferencia con el peso, la MG. Ese valor de 73,2% se denomina coeficiente de hidratación y es más alto en lactantes y niños, siendo máximo al nacimiento y declinando rápidamente durante los primeros años de vida para alcanzar el valor del adulto en la adolescencia (Fomon & Nelson, 2002; T. G. Lohman, 1986).

En la actualidad, se ha diseñado un protocolo estandarizado que maximiza la exactitud y precisión de la medición, el que considera posibles desviaciones de las suposiciones del método. Este protocolo, tiene en cuenta el pequeño fraccionamiento del deuterio en espacios no acuosos, que es de un 4%, el tiempo necesario para llegar al estado de equilibrio, que generalmente es de 3 horas pero que debe establecerse para cada población. Son varios los grupos en Latinoamérica que nos encontramos trabajando con esta técnica y obteniendo ecuaciones de predicción de masa grasa validadas con este método, las cuales son útiles en el diagnóstico y screening en poblaciones.

III.1.2.4. Otros métodos.

III.1.2.4.1. *Dual-energy X-ray absorptiometry (DEXA).*

Los primeros pasos en el desarrollo de este método datan del año 1963, cuando se comenzó a utilizar el SPA (*single-photon absorptiometry*) que permitió conocer el contenido mineral óseo de las extremidades superiores. El posterior desarrollo de DPA (*dual-photon absorptiometry*) posibilitó estudiar la densidad ósea de las vértebras lumbares y el fémur (Gotfredsen, Jensen, Borg, & Christiansen, 1986; Mazess, Pepler, & Gibbons, 1984; J. Wang, Heymsfield, Aulet, Thornton, & Pierson, 1989). Si bien esta tecnología vislumbraba nuevos horizontes en el estudio de la composición de los huesos, no fue sino hasta la llegada de la DEXA (*Dual-energy X-ray absorptiometry*) que se pudo validar la medición de los componentes blandos, como masa magra y MG (Genton, Hans, Kyle, & Pichard, 2002; Kohrt, 1998; Lohman, Harris, Teixeira, & Weiss, 2000; Skalsky, Han, Abresch, & McDonald, 2012).

Muchos autores han descrito la capacidad de la DEXA para estimar la composición de tejidos blandos y de tejido óseo (Cullum, Ell, & Ryder, 1989; Douchi et al., 2002, 2007; Johnson & Dawson-Hughes, 1991; Kelly, Slovik, Schoenfeld, & Neer, 1988; Mazess, Barden, Bisek, & Hanson, 1990; Pietrobelli, Wang, Formica, & Heymsfield, 1998; Wood, Krüger, & Grant, 2010). Precisamente la capacidad de la DEXA para medir tejido óseo permite realizar estudios preventivos y detectar osteopenia y osteoporosis (Habibzadeh, 2011).

Como la exposición a radiación es entre 0,02 y 1,5 mrem, y esto resulta menor que la que soporta cualquier sujeto con una radiografía normal de tórax, que podría estar en el orden de 25 a 270 mrem, se considera un método seguro y aplicable a cualquier grupo etario. No obstante ello, no es recomendable su utilización en mujeres embarazadas o con hijos lactantes. En el caso de utilización en niños se debe adecuar el software debido principalmente a la diferencia en el coeficiente de hidratación con respecto al adulto, lo cual modifica el coeficiente de atenuación. Una limitante importante para el uso de la DEXA podría ser el tamaño de los sujetos, ya que personas con una estatura superior a 193 cm dejan fuera del área de barrido partes de su cuerpo. Igualmente en personas con obesidad importante existen limitaciones para la aplicación. En la actualidad existen pocas marcas que comercializan este aparato pero todas se basan en el mismo principio y se diferencian en el hardware y el software. En este sentido, el alto costo podría ser una de las mayores limitantes para generalizar su utilización. Otra limitante importante es que no puede ser utilizado en pruebas de campo, pues requiere de instalaciones especialmente habilitadas y no puede moverse de su lugar.

La técnica de medición consiste en disponer al sujeto en decúbito dorsal, para que una serie de rayos vaya barriendo en cortes transversales el cuerpo, en dirección céfalo-caudal. No se requiere ningún tipo de preparación previa por parte de los sujetos y consumir bebidas o alimentos antes del estudio no afectaría a los resultados. Sin embargo, Thomsen y colaboradores (Thomsen, Jensen, & Henriksen, 1998) encontraron que beber agua podría resultar un factor confundente para la MLG y en cambio realizar el estudio en condiciones de deshidratación podría cambiar el coeficiente de atenuación. Otros estudios, en su lugar, no han encontrado influencia significativa con variaciones normales de hidratación de entre el 1 y 3% (D. Smith, Johnson, & Nagy, 2009). Como se puede observar, la disparidad de criterios sugiere la necesidad de mantener ciertos cuidados preventivos como no ingerir alimentos inmediatamente antes del estudio, pero tampoco concurrir con horas de ayuno previo. Para asegurar la exactitud y reproductibilidad de los resultados es esencial respetar la correcta posición de barrido y se necesita una alta cualificación del operador. Así mismo, se requiere de una calibración utilizando diferentes estándares dependiendo del modelo de aparato pero, en

general, se ha utilizado agua, o una mezcla de agua con cloruro de sodio y ácido esteárico para simular MLG y MG respectivamente (Nord & Payne, 1995).

Se obtiene mayor precisión cuando se mide la masa total que cuando se mide solamente un segmento corporal. La variación de la desviación estándar para la medición de la masa grasa es del 1%, lo cual representa un valor similar al de otros métodos como cuando se mide densidad mineral ósea o MG por bioimpedancia. La precisión de la DEXA para medir la grasa abdominal es similar a la de los pliegues cutáneos, pero Lohman (1992) ha sugerido combinar DEXA y pliegues cutáneos del tronco para estimar la grasa intra abdominal. En una revisión de la literatura hecha por Lohman sobre el contenido de agua corporal y la hidratación de la MLG (Lohman et al., 2000) se llegó a la conclusión de que ésta contiene entre un 72 y un 74,5% de agua, con un desvío estándar del 3%. A la vez, una variación de la hidratación del 5% significaría un error en la medición de la MG entre un 1 y un 2,5%. Esto a su vez significaría que, en condiciones normales, la mayoría de las personas pueden realizar este estudio sin acondicionamiento previo de ningún tipo.

En resumen, la DEXA parece ser un método aplicable a toda la población, con excepción de las mujeres embarazadas o en período de lactancia. Es relativamente rápido y simple de administrar, pero requiere de alta tecnología y esto conlleva un alto costo. También presenta la limitación de que no puede utilizarse en pruebas de campo.

La DEXA también ha sido utilizada para validar otros métodos como la pletismografía (Radley et al., 2003; Radley et al., 2005).

III.1.2.4.2. Tomografía computadorizada y resonancia magnética.

Los métodos de imagen basados en la tomografía computadorizada (TC) y la resonancia magnética (RM) están considerados los más precisos en la medición de la CC a nivel de órganos, aunque su alta tecnología y altísimos costos los hacen prácticamente imposibles para estudios masivos o poblacionales. Tanto la TC como la RM son métodos ideales para ser usados como patrón de calibración de otros métodos más simples, en especial cuando se trata de medir masa grasa, músculo esquelético u órganos internos.

En el caso de la TC el sistema consiste básicamente en un tubo de rayos X y un receptor que gira en el plano perpendicular al sujeto. El tubo emite rayos X (0,1-1,2 A, 60-120 kVp) que son atenuados cuando pasan a través de los diferentes tejidos corporales. En ese momento el receptor detecta la atenuación de los rayos y el patrón de atenuación se reconstruye matemáticamente para formar una imagen bidimensional. Se utiliza el factor de atenuación que es un número referido al aire (-1000) y al agua (0), de esta manera existe un rango de atenuación que va de -1000 a 0. La densidad corporal es el principal factor de

atenuación. Cada corte transversal representa un conjunto de imágenes elementales o píxeles de aproximadamente 1 mm cada una y equivale a un número determinado de factor de atenuación, de modo tal que se va componiendo una imagen del corte representada por todos los píxeles (diferentes factores de atenuación) que se definen en una escala de grises. Entonces, como cada tejido tiene su propio factor de atenuación, esto permite identificar con bastante precisión a qué tipo de tejido se refiere cada imagen. Por ejemplo, la masa grasa tiene una atenuación más leve que el agua.

La RM funciona esencialmente bajo el mismo principio y también permite estimar diferentes tejidos corporales. La RM utiliza los protones de hidrógeno que interactúan con un campo magnético producido por el aparato, para la formación de imágenes. Cuando un cuerpo es ubicado dentro del aparato un campo magnético varios miles de veces más potente que los de la Tierra lo rodean y los protones de hidrógeno son atraídos y absorbidos describiendo un patrón en función de la resistencia que ofrece cada tejido que compone el cuerpo. Cuando los protones vuelven a su lugar por la anulación con ondas de radiofrecuencia, la energía liberada es captada en forma de señal de radiofrecuencia. Se puede traducir esta señal en imágenes. El problema al que se enfrenta esta técnica es el tiempo necesario de exposición en cada corte para obtener imágenes de calidad (Ross, Léger, Morris, de Guise, & Guardo, 1992). Recientemente se ha mejorado la velocidad de captación de señal de radiofrecuencia y el tiempo necesario se ha reducido a 25 s, aproximadamente (Ross, Rissanen, Pedwell, Clifford, & Shragge, 1996). Una imagen total del cuerpo puede obtenerse en aproximadamente 30 minutos (Thomas et al., 1998). Durante este tiempo los sujetos deben controlar la respiración para que los movimientos respiratorios no interfieran con la formación de la imagen.

El análisis de las imágenes es similar en la TC y en la RM, sólo difieren en el dispositivo que tiene cada aparato, a diferencia de la TC, la RM no incluye software para el análisis de los datos y éstos deben ser transferidos a otro dispositivo. Ambos pueden medir diámetros y circunferencias. Las superficies se miden conociendo la cantidad de píxeles que tiene cada una. Una limitante podría ser el hecho de que en ocasiones las imágenes tienen bordes difusos o en escala de grises, lo que hace casi imposible conocer exactamente la superficie, esto puede ocurrir por ejemplo con los movimientos respiratorios o viscerales. A partir de conocer el área de cada corte transversal y conociendo la distancia entre cada corte, se puede calcular el volumen de un órgano.

Si bien ambos métodos pueden ser usados para estudiar la CC, todavía faltan más validaciones para saber qué grado de exactitud tienen cuando se los utiliza para medir grasa intravisceral o intramuscular (Goodpaster, Kelley, Thaete, He, & Ross, 2000; Schick et al., 2002).

Estos métodos, al dar la posibilidad de estudiar el cuerpo completo, permiten determinar cambios regionales de masa muscular o MG, aún cuando la masa total no se haya modificado. Es un fenómeno conocido que aquellos músculos que se ejercitan más se desarrollan mejor, en detrimento de aquéllos que no se ejercitan. Sin embargo, para algunos métodos sería imposible diferenciar estos cambios. Pero sin duda, una de los mayores aportes que hacen la TC y la RM al estudio de la CC es la medición de la grasa intraabdominal y visceral, para diferenciarla de la subcutánea, lo cual tiene un enorme significado en cuanto a morbimortalidad (Abate & Garg, 1995; Brochu et al., 2000; DeNino et al., 2001; Després et al., 1989; Janssen, Heymsfield, & Ross, 2002; Kelley, Thaete, Troost, Huwe, & Goodpaster, 2000; Toth, Sites, Cefalu, Matthews, & Poehlman, 2001).

III.1.3. Ecuaciones de predicción de la composición corporal para antropometría y bioimpedancia.

Puesto que el objetivo fundamental de esta tesis es desarrollar nuevas ecuaciones para la predicción de la CC (MG y MLG) a través de antropometría y BIA, partiendo del supuesto de que las actuales no son adecuadas, resulta pertinente hacer una revisión de éstas. Para ello, y a fin de no duplicar la información, las ecuaciones utilizadas para antropometría se exponen en el Manual antropométrico que figura en Anexo.

III.2. Actividad física y salud.

La actividad física (en adelante AF) se puede definir como todo movimiento corporal que se realiza con los músculos esqueléticos y que produce gasto de energía y aumento del metabolismo de reposo (Bouchard, Shephard, & Stephens, 1994). Así entendida, la AF puede manifestarse en diferentes dominios, sea en la vida cotidiana, el transporte, el trabajo o simplemente la vida deportiva y el tiempo libre activo. La AF está presente desde los orígenes mismos del ser humano, siendo tan básica para su desarrollo como lo es la ingesta de alimentos. Por lo tanto, la AF es una expresión de la naturaleza humana en su mayor dimensión.

III.2.1. La actividad física como pilar de la salud y la calidad de vida.

Desde hace mucho tiempo sabemos que la práctica de actividad física se relaciona positivamente con la salud (Organización Mundial de la Salud, 2004). Esta relación de basa en múltiples investigaciones de diferentes diseños: estudios de cohortes, estudios transversales, epidemiológicos o incluso experimentales (Paffenbarger, Hyde, Wing, & Hsieh, 1986). Y, de hecho, su carencia constituye el cuarto factor de riesgo más importante en el mundo y eleva el

riesgo independientemente del sobrepeso, la obesidad, la dislipemia, la hipertensión arterial, entre otros factores que podrían influir (Johansson et al., 1988; Pereyra Girardi, Ofman, Cofreces, & Stefani, 2001; Sesso et al., 2000). Esto permite dimensionar mejor las implicancias de una vida sedentaria.

Conviene aclarar que el sedentarismo es una entidad particular que debe ser medida específicamente, aunque muchos estudios miden actividad física y dejan de lado la evaluación de cuánto tiempo las personas permanecen quietas (Pate, O'Neill, & Lobelo, 2008). Se ha encontrado una asociación entre la conducta sedentaria y el desarrollo de hipertensión en niños (Martinez-Gomez, Tucker, Heelan, Welk, & Eisenmann, 2009), sobrepeso (D. M. Jackson, Djafarian, Stewart, & Speakman, 2009; Janz et al., 2002) y baja condición física (Swinburn & Shelly, 2008). Incluso, el sedentarismo puede multiplicar sus consecuencias nocivas debido a que, además de la falta de actividad, está asociado a malos hábitos alimenticios (Utter, Scragg, & Schaaf, 2006). El sedentarismo es el único factor de riesgo que cuando se modifica, también modifica a todos los demás. Es decir que la actividad física es beneficiosa por sí misma además de constituir un recurso terapéutico que bien administrado, mejora ostensiblemente muchos trastornos de la salud (Goble et al., 1991). Esta cualidad es única y no está presente en ninguna otra estrategia de prevención. No existe dieta o terapia farmacológica que produzca al mismo tiempo y sin efectos secundarios, los beneficios directos e indirectos de la actividad física. Menos aún, si se tiene en cuenta que, en términos económicos, la actividad física se puede realizar a costo cero. En este sentido, se ha sugerido que si las personas aumentaran mínimamente su nivel de actividad física habitual, el ahorro de recursos del sistema sanitario sería muy significativo y justificaría enormemente la inversión en programas de promoción de actividad física (Aoyagi & Shephard, 2011).

Paffenberger diseñó un estudio retrospectivo sobre ex alumnos de la Universidad de Harvard consistente en un seguimiento a largo plazo de los diferentes niveles de actividad física y logró demostrar que aquéllos que habían permanecido sedentarios aumentaron su riesgo cardiovascular y la prevalencia de enfermedades (Hamer & Chida, 2008; Oguma & Shinoda-Tagawa, 2004; Paffenbarger et al., 1993; Paffenbarger, Hyde, & Wing, 1994). Las personas que tuvieron un gasto calórico de 2.500 kcal/semana o superior disminuyeron el riesgo de mortalidad un 46% con respecto a quienes tuvieron un gasto menor a 1.000 kcal/semana. Entonces, los cambios en estilos de vida partiendo de un estilo de vida sedentario a otro más activo, se asociaron fuertemente con la vida saludable, la disminución del riesgo de enfermedad y de muerte por todas las causas, incluidas las cardiovasculares (Borch, Braaten, Lund, & Weiderpass, 2011; Gulsvik et al., 2012).

En el mismo sentido Rosengren (Rosengren & Wilhelmsen, 1997) encontró que la inactividad física es un factor de riesgo independiente de los demás tras publicar los resultados de un estudio de seguimiento de una población durante 17 años. Una disminución del riesgo de 35% se asoció fuertemente con actividades físicas de intensidad moderada que estuvieron entre los 6 y 8 MET (Ahmadi et al., 2011; Manson et al., 1999). Sin embargo, otros estudios también demostraron que el nivel de actividad física, aunque no estuviere asociado a aptitud física, también influye positivamente sobre el riesgo cardiovascular mejorando la función endotelial, la resistencia a la insulina y la composición corporal (Andersen et al., 2011)(Powell, Thompson, Caspersen, & Kendrick, 1987)(Cooper et al., 2008)(Kim, Valentine, Shin, & Gong, 2008). Un trabajo publicado por Janssen y Ross (Janssen & Ross, 2012) sugiere que la intensidad del ejercicio está asociada con la reducción el riesgo cardiometabólico independientemente del gasto total de energía. Aquellas personas que se ejercitan a mayor intensidad disminuyen hasta un 17% más el riesgo que otras que ejercitan a menor intensidad.

Aunque el ejercicio físico no es suficiente para combatir la obesidad, se ha encontrado evidencia acerca de que los niños y jóvenes que realizan al menos 3000 pasos extras al día, sumados a los habituales, compensan los efectos de mirar la TV en cuanto al riesgo de sobrepeso y obesidad (Tudor-Locke, Craig, Cameron, & Griffiths, 2011).

Estos estudios también permitieron conocer que el ejercicio físico produciría beneficios cuando las personas permanecen activas y que estos beneficios se pierden cuando las personas dejan de serlo. Es decir que la actividad física protege cuando se la practica pero no confiere protección la historia de actividad. Concretamente las personas que vuelven a ser sedentarias vuelven a aumentar el riesgo.

En la actualidad la recomendación más aceptada acerca de la actividad física para la salud se basa en actividades de intensidad moderada porque producen los mayores beneficios con el menor riesgo (Angelino, Peidro, & Saglieti, 2000).

La fuerte evidencia fue tomada por la Organización Mundial de la Salud para elaborar una estrategia válida que aborde la problemática del crecimiento de las enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT) de manera global, integrada y efectiva. En el año 2004 la Asamblea General de la OMS acordó promover una estrategia de prevención plasmada en el documento “Estrategia mundial sobre régimen alimentario, actividad física y salud” (a la que en adelante nos referiremos como EG) (Organización Mundial de la Salud, 2004) y sus países miembros adhirieron a ella. A partir de ese momento los países contaron con un documento innovador que permitía diagramar planes y políticas de prevención basados en los lineamientos en estos sólidos lineamientos.

III.2.2. La actividad física en la estrategia mundial de la OMS.

Entre sus múltiples fundamentos la EG (Organización Mundial de la Salud, 2004) señala: “Los datos actuales sugieren que los factores determinantes de las enfermedades no transmisibles son en gran medida los mismos en todos los países sobre los cuales se dispone de información. Entre esos factores figuran el mayor consumo de alimentos hipercalóricos poco nutritivos con alto contenido de grasas, azúcares y sal; la menor actividad física en el hogar, la escuela y el medio laboral, así como en la recreación y en los desplazamientos; y el consumo de tabaco. La diversidad de los niveles de riesgo y de los correspondientes resultados de salud para la población se puede atribuir en parte a la variabilidad en tiempo e intensidad de los cambios económicos, demográficos y sociales a nivel nacional y mundial. La mala alimentación y la insuficiente actividad física y la falta de equilibrio energético que se observan en niños y adolescentes son motivo de especial preocupación”. Además, dice: “La alimentación y la actividad física influyen en la salud ya sea de manera combinada o cada una por separado. Así pues, mientras que los efectos de la alimentación y la actividad física en la salud suelen interactuar, sobre todo en el caso de la obesidad, la actividad física aporta beneficios adicionales independientes de la nutrición y el régimen alimentario, y hay riesgos alimentarios adicionales que no guardan relación con la obesidad. La actividad física es fundamental para mejorar la salud física y mental de las personas”.

Específicamente para el área de actividad física la EG señala que “Se recomienda que las personas se mantengan suficientemente activas durante toda la vida. Según el tipo y la intensidad de la actividad física se logran diferentes resultados de salud: al menos 30 minutos de actividad regular de intensidad moderada con una frecuencia casi diaria reducen el riesgo de enfermedades cardiovasculares y de diabetes, así como de los cánceres de colon y de mama. Un fortalecimiento de la musculatura y un adiestramiento para mantener el equilibrio permiten reducir las caídas y mejorar el estado funcional de las personas de edad. Para controlar el peso puede ser necesario un mayor nivel de actividad”. De aquí se desprende claramente la intención de la OMS de incrementar los niveles de actividad física general, en todas las edades y todos los grupos poblacionales, con el fin de mejorar la salud y la calidad de vida. Pone de manifiesto la necesidad de estudiar y diseñar propuestas a diferentes niveles para promover la vida activa y saludable, complementada con el abandono del tabaco y el cuidado de la dieta.

En otro párrafo la EG señala que “En todos los países la escuela influye en la vida de la mayor parte de los niños. Para proteger su salud debe suministrar información sanitaria, mejorar la educación básica en materia de salud y promover alimentación sana, así como la actividad física y otros comportamientos saludables. Se alienta a los gobiernos a que adopten

políticas que favorezcan una alimentación saludable en las escuelas y limiten la disponibilidad de productos con alto contenido de sal, azúcar y grasas”.

En la Resolución que oficializa la implementación de la EG, la OMS particulariza: “Observando que el 66% de las defunciones atribuidas a las enfermedades no transmisibles se registran en los países en desarrollo, donde las personas afectadas son por término medio más jóvenes que en los países desarrollados; ...”, “alarmada (la OMS) por el crecimiento de esos porcentajes a raíz de la evolución de las tendencias demográficas y de los modos de vida, en particular los relacionados con las dietas poco saludables y la falta de actividad física...”.

Un punto particularmente relevante a los fines del presente trabajo se menciona más adelante cuando la EG dice: “El seguimiento permanente y a largo plazo de los principales factores de riesgo es fundamental. Sobre la base de esos datos también es posible analizar la evolución de los factores de riesgo y su posible relación con cambios en las políticas y estrategias”. Como se ve, la OMS, a través de la EG, pone énfasis en la evaluación. Evaluación que incluye tanto a programas como a individuos.

Las intervenciones comunitarias basadas en el principio de “mejores prácticas” tal como lo señalan Bauman y otros (Bauman et al., 2003; Bull, 2003; Lentino, Visek, McDonnell, & DiPietro, 2012; Proper, Staal, Hildebrandt, van der Beek, & van Mechelen, 2002; J Salmon, Breman, Fotheringham, Ball, & Finch, 2000) se resumen en la tabla siguiente adaptada a la situación latinoamericana.

Tabla 1. Relación de mejores prácticas para la promoción de la actividad física y su nivel de recomendación. Adaptada de Bases, prioridades y desafíos en promoción de la salud (Albala, Olivares, Salinas, & Vio, 2004)

Intervención	Recomendación
1. Estrategias comunicacionales e informativas	
Campañas de base comunitaria	FR
Letreros o avisos de toma de decisión (Ej. Baja calorías, sube las escaleras)	R
Campañas en medios de comunicación masiva	EI
Educación en el aula de clases	EI
2. Estrategias de apoyo social y del comportamiento	
Actividad física en los centros educacionales	FR
Educación a escolares para reducir las horas de TV y de juegos electrónicos	EI
Intervenciones de apoyo social en la comunidad	FR
Programas individuales de cambios de conducta en salud	FR
3. Estrategias ambientales de desarrollo urbano	
Panificación del uso de terrenos y diseño urbano	R
Cambios en los medios de transporte y creación de infraestructura	EI
Crear nuevas áreas o facilitar el acceso	FR
Actividad física en lugares de trabajo	FR

FR: Fuertemente recomendada; R: recomendada; EI: evidencia insuficiente.

III.2.3. Beneficios de la actividad física para la salud y la calidad de vida.

Entre los principales beneficios que se puede esperar de un programa de actividad física se mencionan los siguientes:

- Favorece el mejoramiento de la composición corporal y aumenta la masa magra e incrementa el fitness físico, esto ayuda a mejorar la calidad de vida (Bouchard et al., 1994; Caspersen, Powell, & Christenson, n.d.; DiPietro, 1995; Tsiros et al., 2009).
- Disminuye el riesgo de obesidad y las complicaciones asociadas a ella (Heath & Brown, 2009; Lakka & Bouchard, 2005; Leyk et al., 2008; Leyk, 2009; Taylor et al., 2011).
- Estimula el metabolismo en su totalidad produciendo un aumento significativo del gasto energético y fortalecimiento de la inmunidad (Agostini & Biolo, 2010; Kujala et al., 2011; Walsh, Gleeson, Shephard, et al., 2011; Walsh, Gleeson, Pyne, et al., 2011).

-
- Previene la diabetes tipo II por aumento del Glut 4 y mayor tasa de utilización de la glucosa y contribuye a mejorar los efectos de programas educativos para personas con diabetes (Allen, Whittemore, & Melkus, 2011; Jeon, Lokken, Hu, & van Dam, 2007; Kujala et al., 2011; Schwarz, Greaves, Lindström, Yates, & Davies, 2012; Xu et al., 2012).
 - Mejora el perfil lipídico reduciendo el riesgo de enfermedades cardiovasculares de origen degenerativo (Boyden et al., 1993; Katznel et al., 1995; Kokkinos et al., 1998; Stefanick et al., 1998). Luego de un meta-análisis sobre 95 estudios se encontró que el ejercicio regular se asocia a una disminución del 6% en el colesterol total (CT), 10% del LDL, 13% del CT/HDL y un incremento del 5% del HDL. También se encontró un aumento de Apo A-1 en personas más activas. Otro efecto importante sobre los lípidos sanguíneos se encuentra en la disminución de los triglicéridos que ocurre probablemente más rápido que los efectos sobre el colesterol. Entre la AF y los lípidos de la sangre existe una relación dosis-dependiente, es decir que superar las recomendaciones produce beneficios adicionales (Boyden et al., 1993; Kokkinos et al., 1998; Stefanick et al., 1998).
 - Disminuye el riesgo de infarto y accidentes cerebrovasculares (F B Hu et al., 2000; Lee, Rexrode, Cook, Manson, & Buring, 2001; Leon, Connett, Jacobs, & Rauramaa, 1987; Mead & Bernhardt, 2011; Morris, Clayton, Everitt, Semmence, & Burgess, 1990; Powell et al., 1987; Reddigan, Riddell, & Kuk, 2012; Zisser, Gong, Kelley, Seidman, & Riddell, 2011).
 - Regula la tensión arterial y ayuda a bajarla en personas hipertensas (Blair, Goodyear, Gibbons, & Cooper, 1984; Paffenbarger, Wing, Hyde, & Jung, 1983).
 - Favorece la densidad mineral ósea previniendo la osteoporosis (Feskanich, Willett, & Colditz, 2002; Marcus et al., 1992).
 - Previene ciertos tipos de cánceres, sobre todo de colon y mama (Demark-Wahnefried, Rock, Patrick, & Byers, 2008; Eliassen, Hankinson, Rosner, Holmes, & Willett, 2010; Fair & Montgomery, 2009; Halle & Schoenberg, 2009; Kushi et al., n.d.; Maruti, Willett, Feskanich, Rosner, & Colditz, 2008; Pan & DesMeules, 2009). Aunque faltan más evidencias, se sugiere que la actividad física podría prevenir el cáncer de páncreas (Bao & Michaud, 2008; Heinen, Verhage, Goldbohm, Lumey, & van den Brandt, 2011; O'Rourke, Cantwell, Cardwell, Mulholland, & Murray, 2010).
 - Disminuye el stress, la ansiedad, mejora la condición psíquica, aumenta la autoestima y el estado afectivo (Biddle & Asare, 2011; Dky, Szeto, & Yf, 2008;

Ekeland, Heian, Hagen, Abbott, & Nordheim, 2004; King, Taylor, Haskell, & DeBusk, 1989; Kruisdijk, Hendriksen, Tak, Beekman, & Hopman-Rock, 2012; Larson et al., 2006; Laurin, Verreault, Lindsay, MacPherson, & Rockwood, 2001; Tarakci, Yeldan, Kaya Mutlu, Baydogan, & Kasapcopur, 2011; Toker & Biron, 2012; Wichers et al., 2012).

- Mejora la capacidad de relación social y combate el aislamiento y la depresión (Ayala, 2011; Dishman, 1992; Kruisdijk et al., 2012; Tarakci et al., 2011).
- Mejora las funciones cognitivas (Knöchel et al., 2012; Sieverdes et al., 2012).
- Ayuda complementariamente a controlar el dolor crónico disminuyendo la dependencia farmacológica (Stommen, Verbunt, Gorter, & Goossens, 2012; Sullivan, Scheman, Venesy, & Davin, 2012; Tonelli, Rakel, Cooper, Angstrom, & Sluka, 2011).

III.2.4. La actividad física asociada al aumento de riesgo para la salud.

Independientemente de todo lo desarrollado hasta aquí sobre los aspectos positivos de la actividad física, es conveniente señalar que, en alguna medida, la AF no está exenta de riesgos. Desde el punto de vista fisiológico la AF produce un aumento de los requerimientos de O₂ y de la actividad simpática que puede originar una necesidad aumentada de provisión de sangre a nivel coronario. El aumento de la descarga de catecolaminas facilita los mecanismos generadores de arritmias y de hipertensión arterial. Entonces, ante esta situación de potencial riesgo es necesario conocer el estado de salud cardiovascular o en su defecto el comportamiento individual de las personas en respuesta al ejercicio. Esto es particularmente importante en adultos con presencia de FRCV u otras enfermedades.

Al mismo tiempo, la actividad física puede tener un efecto adictivo que afecte a la vida familiar, laboral o social de las personas. Pero esto último no es frecuente.

III.3. Condición física y salud.

Si ampliamos la definición clásica de salud y aceptamos que la salud integral debe necesariamente incluir el estado de vitalidad que permita el pleno goce de las potencialidades, entonces la actividad física incrementa su influencia positiva (Guerin, 2012).

La definición más moderna de la **condición física, aptitud física o forma física (*fitness*)** (Bouchard et al., 1994) la contempla como: *el estado dinámico de energía y vitalidad que permite a las personas llevar a cabo las tareas diarias habituales, disfrutar del tiempo de ocio*

activo, afrontar las emergencias imprevistas sin una fatiga excesiva, a la vez que ayuda a evitar las enfermedades derivadas de la falta de actividad física, a desarrollar el máximo de la capacidad intelectual y a experimentar plenamente la alegría de vivir

Desde los años 70 se conoce que la condición física está asociada con la salud en general y que las personas con mejor aptitud aeróbica disminuyen el riesgo cardiovascular independientemente de la presencia de otros factores de riesgo (Ahmed, Blaha, Nasir, Rivera, & Blumenthal, 2012; Blair et al., 1989).

La condición física se compone de cualidades físicas básicas, algunas de las cuales se relacionan directamente con la salud y otras con el rendimiento. En general se acepta que las cualidades que más se relacionan con la salud son la fuerza, la resistencia y la flexibilidad. A continuación se describen estas cualidades.

III.3.1. La fuerza.

La fuerza muscular es una cualidad física básica que se caracteriza por actuar siempre contra una resistencia, sea natural como la gravedad o cualquier objeto de la vida cotidiana o bien artificial como la que produce una máquina o peso deliberadamente diseñado. Se define a la fuerza como “la capacidad del músculo de vencer una resistencia” (Grosser, Starischka, & Zimmermann, 1988, página 49). Según Harre (Harre, 1987) la fuerza puede ser clasificada en tres tipos diferentes: fuerza máxima, fuerza resistencia y fuerza rápida. Las tres tienen implicancias sobre la vida de las personas pero, en general, la dos primeras están más relacionadas con la salud, la calidad de vida y algunos indicadores de independencia como la fuerza prensil, la capacidad para levantarse de una silla o del suelo, así como la posibilidad de repetir cierta cantidad de veces un movimiento contra una resistencia para lograr un fin útil, como es el caso del manejo de una máquina herramienta, cortar leña, abrir una llave exclusiva, etc. Por el contrario, la fuerza rápida no parece estar tan ligada a la vida cotidiana y sí en cambio lo está al rendimiento deportivo, en especial en aquellos deportes donde la potencia es la protagonista.

La fuerza máxima se puede interpretar como la mayor resistencia que un músculo o grupo de músculos puede vencer en una sola repetición voluntaria (Harre, 1987). De esta manera, en la vida cotidiana las personas ponen en juego esta cualidad pocas veces en el día o la semana. Sin embargo, aunque no es frecuente puede ser de gran utilidad en ocasión de mover un elemento pesado en el ámbito laboral, empujar un vehículo, un mueble etc. Se conocen casos donde la fuerza máxima se transforma en supramáxima en situaciones especiales. La fuerza máxima alcanza su mayor importancia en algunos deportes como la lucha

y el levantamiento de pesas donde el valor absoluto alcanzado determina la marca atlética y es la esencia del deporte.

La fuerza resistencia se caracteriza por la capacidad de superar reiteradamente una resistencia venciendo la fatiga (Harre, 1987). Esta cualidad está emparentada con la resistencia muscular localizada pero se diferencia en la magnitud de la carga y la cantidad de repeticiones que se realizan. Claramente, está ligada a la calidad de vida y al rendimiento laboral, pues aquellas personas que tienen más fuerza resistencia son capaces de sostener trabajos más duros y prolongados aumentando el rendimiento laboral y también la independencia personal. En el mundo deportivo es importante en remo, esquí de fondo, natación, etc.

La fuerza rápida es una cualidad neuromuscular en el sentido que depende tanto de la capacidad contráctil como de la velocidad de conducción del impulso nervioso. En ocasiones se la denomina fuerza potencia, haciendo referencia a la unidad de tiempo. En deportes como los lanzamientos o los saltos, tiene gran utilidad, pero no así en movimientos ocasionales de la vida laboral, hogareña y en los desplazamientos.

Por otra parte, pueden definirse dos tipos de fuerza según el análisis que se emplee. Por un lado existe la fuerza absoluta, que se define directamente como el mayor peso que una persona es capaz de levantar y se expresa en kilogramos; por otro lado, la fuerza relativa, que tiene en cuenta el peso corporal y se expresa como la cantidad de kilos de carga desplazados por cada kilo de peso corporal. Esto tiene implicancias diferentes en la vida cotidiana. La primera dimensión (fuerza absoluta), se utiliza al mover objetos o transportarlos, mientras que la segunda (fuerza relativa) se utiliza cuando se debe transportar o levantar el propio peso corporal. Pero más allá de las diferencias, ambas deben ser de magnitud suficiente para llevar a cabo las tareas cotidianas y el ocio en condiciones seguras y confortables, así como para desarrollar al máximo las potencialidades de cada persona.

La fuerza depende de factores fisiológicos y estructurales que conviene mencionar. Por un lado a mayor diámetro de la fibra, mayor fuerza, esto se debe principalmente al aumento de las proteínas contráctiles actina y miosina. Por otro lado, otro factor que influye sobre la capacidad del músculo de vencer una resistencia es la coordinación de sus unidades motrices. Cada unidad motriz está formada por la unión de un axón motor y todas las fibras musculares que éste inerva. Así, cuantas más unidades motrices trabajen sincrónicamente, mayor será la fuerza. Este último caso permite afirmar que aún en niños pequeños o en ancianos en los cuales aumentar el diámetro de la fibra es muy difícil, se pueden lograr importantes ganancias de fuerza muscular si se estimula la coordinación de sus unidades motrices.

En relación al sexo, parecería que ambos tienen la misma calidad muscular y componentes (Barbany, 1990), por tanto la mayor fuerza absoluta del hombre podría deberse a la influencia de la composición corporal, que en la mujer contiene generalmente un mayor porcentaje de masa grasa. Otros factores culturales y sociales también podrían influir negativamente para que las mujeres desarrollen menos fuerza que el hombre.

Se ha especulado acerca de la relación entre la fuerza muscular y la mortalidad por diferentes causas. En este sentido ha sido esclarecedor el trabajo publicado por Ruiz y colaboradores (Ruiz et al., 2008) donde el seguimiento de una cohorte demostró que la fuerza está relacionada inversamente con la mortalidad por todas las causas, incluido el cáncer, aún ajustando por edad y capacidad aeróbica de los sujetos. Incluso se ha visto que la fuerza guarda una relación relativamente baja con la resistencia aeróbica y/o el fitness cardiovascular, con lo cual se puede especular que la relación entre la fuerza y el riesgo cardiovascular incluye otros mecanismos diferentes a los del sistema aeróbico (Jackson et al., 2010; Ruiz et al., 2008). Otro trabajo más reciente realizado con el objetivo de conocer la relación entre algunos trastornos de la salud y el entrenamiento de la fuerza llevado a cabo en adultos jóvenes encontró asociación entre el desarrollo de esta cualidad y la prevención de hipertensión, dislipemia y utilización de la glucosa (Churilla, Magyari, Ford, Fitzhugh, & Johnson, 2012). Si bien harían falta más estudios de este tipo e incluso con nuevos diseños, la sospecha de la importancia del desarrollo de la fuerza como cualidad relacionada con la salud es firme.

III.3.2. La flexibilidad.

La flexibilidad es una cualidad física relacionada tanto con rendimiento como con la salud. Distintos autores dan definiciones de flexibilidad que en apariencia sería diferentes pero que sustancialmente hacen referencia a movimientos articulares posibilitados por la elasticidad muscular. Por ejemplo “la máxima amplitud fisiológica de un determinado movimiento articular” (Araújo & de Araújo, 2000). “La capacidad de llevar a cabo movimientos amplios de las articulaciones así como la elasticidad de las fibras musculares” (Martínez López, 2003).

Esta cualidad tiene un fuerte componente neurológico además de muscular. Su complejidad radica en que se compone de subcualidades como son la movilidad articular, la elasticidad muscular y la tonicidad muscular, entre otros.

La flexibilidad se relaciona con la calidad de vida en tanto permite movimientos amplios y gráciles para aumentar el rango de movimiento, evita dolores y lesiones músculo-tendinosas. Al mismo tiempo, personas más flexibles previenen alteraciones posturales,

especialmente las relacionadas con la columna vertebral. Debido a que la columna vertebral es una sucesión de vértebras con muy poca movilidad entre sí, mantener la flexibilidad del conjunto osteoarticular resulta imprescindible para el bienestar. Los trastornos relacionados con la falta de flexibilidad de la columna son una de las causas más frecuentes de absentismo laboral y de dolor de espalda.

En la vida deportiva la flexibilidad tiene un rol primordial en varias disciplinas como la gimnasia, la natación, el fútbol, los saltos y las carreras de velocidad.

La flexibilidad está limitada por estructuras rígidas como los huesos y los ligamentos y por estructuras elásticas como los músculos, cápsulas articulares, cartílagos, etc. Su desarrollo y mantenimiento desde los primeros años tienen que formar parte de los programas de Educación Física de las escuelas y jardines maternas y mantenerse todo a lo largo del ciclo vital. Los programas destinados a personas añosas deben incorporar estos ejercicios de forma prioritaria, dándoles el espacio y la atención necesarios.

III.3.2. La resistencia.

La resistencia aeróbica es una cualidad condicional (Harre, 1987) que representa la capacidad de realizar un trabajo físico sostenido retardando la aparición de la fatiga. Justamente su nombre hace referencia a resistir o posponer la aparición de la fatiga. La resistencia es una cualidad compleja que está determinada por el sistema muscular, endócrino, sanguíneo, circulatorio, respiratorio y nervioso. La resistencia básica garantiza la posibilidad de realizar trabajo físico sostenido más allá de unos pocos segundos, aunque en algunos sujetos, especialmente entrenados, el trabajo anaeróbico puede extenderse algo más. Es una cualidad que está presente en todo momento en la vida de las personas más allá del tipo de trabajo físico que esté realizando. Se necesita resistencia aeróbica para cualquier actividad de la vida cotidiana como caminar, pedalear, hacer las tareas domésticas o cualquier tipo de ejercicio sostenido y duradero. Para que esta cualidad se exprese en su máxima potencialidad es necesaria la participación adecuada del sistema de transporte de oxígeno (ver consumo de oxígeno más abajo) para combinarlo con los nutrientes necesarios aportadores de energía química. La disponibilidad de oxígeno es determinante para la resistencia aeróbica, claramente, cuanto más oxígeno seamos capaces de transportar e ingresar a la célula, mayores serán las posibilidades de producir ATP por vía aeróbica y por tanto, mantener y sostener el trabajo físico sin fatiga excesiva.

La resistencia aeróbica también está influenciada por la economía del esfuerzo a nivel biomecánico, debido principalmente a que la coordinación intermuscular, la precisión de

movimientos y la eliminación de gestos innecesarios optimiza las funciones biológicas relacionadas con esta cualidad.

La resistencia aeróbica puede ser clasificada como resistencia general o resistencia muscular localizada. La general hace referencia a procesos centrales donde el corazón, los pulmones y la sangre son protagonistas e involucra a grandes grupos musculares en actividades como el caminar, el trote, la carrera, el remo, el ciclismo, etc.; mientras que la resistencia muscular localizada hace referencia a pequeños segmentos corporales que ponen en juego a poca masa muscular y por tanto son fenómenos locales de transferencia de energía, muchas veces sin demanda a nivel central. Esto se manifiesta por ejemplo en actividades donde se utiliza un miembro superior o inferior solamente. El principio básico es el mismo en ambos casos, provisión de oxígeno, metabolismo mitocondrial, producción de CO₂ y H₂O, eventualmente con aumento de ácido láctico, pero todo ello a escala local muscular. Como la resistencia aeróbica está tan directamente ligada al rendimiento, al crecimiento y desarrollo, a la salud y la prevención de enfermedades, conviene tomar tiempo en explicar los mecanismos fisiológicos que están involucrados.

Las personas con bajo fitness cardiorrespiratorio tienen mayor riesgo de desarrollar enfermedades cardiovasculares que aquéllos que poseen buen nivel de fitness (Church et al., 2011).

III.4. El rendimiento aeróbico y su relación con la composición corporal y la salud general.

Desde el punto de vista de la utilización de la energía podría decirse que el aprovechamiento del metabolismo aeróbico permite realizar más trabajo físico y por más tiempo. Como se ha visto anteriormente, el metabolismo aeróbico mayormente utiliza hidratos de carbono y lípidos como sustratos dado que, en condiciones normales, las proteínas se reservan para formar parte de estructuras y funciones vitales. Además, en personas activas, se hace una utilización más eficaz de los lípidos porque los mecanismos implicados son mucho más eficientes. Entonces es esperable que las personas con un mayor rendimiento aeróbico puedan disponer más fácilmente del tejido adiposo para quemarlo en la realización de actividad física. Entonces, de esta manera se pueden reservar los depósitos de glucógeno que son mucho más limitados.

No hay dudas que el exceso de grasa corporal proviene de un desequilibrio de energía y que se puede predecir este exceso conociendo la magnitud del desequilibrio. También es claro que el desequilibrio no se debe solamente a la ingesta sino también a la actividad física.

Entonces el balance se logra equilibrando la ingesta a los niveles de gasto de energía. Es relativamente difícil lograr un equilibrio energético diario, y se cree que la fluctuación varía en un rango de 50 a 150 kcal/día (Bray & Champagne, 2005). Por ello es necesario evaluar el balance energético a mediano plazo donde se puede objetivar mejor el resultado de un período más o menos largo de tiempo. He aquí uno de los fundamentos importantes para evaluar la composición corporal independientemente de otros indicadores de ingesta y de gasto de energía. Los datos epidemiológicos muestran que los bajos niveles de actividad física predicen altos niveles de ganancia de peso (Hancox, Milne, & Poulton, 2004). Además el riesgo de sobrepeso u obesidad es 2,42 veces más alto en personas con pobre condición física o que son inactivas (Hu et al., 2004).

Un estudio de cohorte llevado a cabo en USA por la *American Cancer Society* (Patel et al., 2010) entre 1992 y 2006 sobre 21.785 personas de ambos sexos, con seguimiento y registro de sus historias clínicas, se propuso conocer la relación entre el tiempo que las personas pasan en estado sedente y el riesgo de mortalidad por todas las causas. Los sujetos fueron agrupados en 10 segmentos según el nivel de actividad física semanal ponderado por cuestionario y expresado en MET/horas/semana. El estudio fue revelador en el sentido que aquellas personas que pasan más de 6 horas de su tiempo libre en estado sedente tienen el riesgo de muerte por todas las causas un 40% más alto que quienes pasan menos horas. Pero al mismo tiempo la combinación entre tiempo libre sentado más la falta de actividad física aumentó el riesgo de muerte en 94% y 48% para mujeres y hombres, respectivamente. Esto mismo fue hallado en otros estudios previos (Dunstan et al., 2010; F B Hu et al., 2001; Inoue et al., 2008; Katzmarzyk, Church, Craig, & Bouchard, 2009). Por otra parte la mortalidad fue un 25% más baja entre quienes realizaron más actividad física que quienes realizaron menos. Por lo visto en estos estudios, es de gran importancia disminuir el tiempo libre inmóvil tanto como promover la realización de actividad física, para prevenir enfermedades cardiovasculares, cáncer y mortalidad en general.

Por otra parte las personas que realizan actividad física de larga duración producen oxidación de grasas aún después de terminado el ejercicio, en fase de recuperación (Schutz, Tremblay, Weinsier, & Nelson, 1992; S. R. Smith et al., 2000) . Sin embargo, algunos estudios no han sido concluyentes en relacionar la oxidación de grasas durante el ejercicio y la oxidación de grasas en la recuperación (Geerling et al., 1994; Goedecke et al., 2000; Helge et al., 1999).

IV. Diseño, población, material y métodos.

IV.1. Diseño del estudio.

El estudio se basó en un diseño no experimental, descriptivo, transversal y correlacional (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2006).

IV.2. Población.

Inicialmente se pretendió obtener una muestra representativa de la población escolar de la ciudad de La Plata (Argentina).

Para reclutar a los escolares, se invitó por carta a todos los padres de los 450 niños, entre 6 y 9 años, que asistían a la Escuela Joaquín de González (perteneciente a la Universidad de La Plata), para que sus hijos participasen del estudio. Dicha carta retornó con el asentimiento o no firmado. Participaron del estudio sólo aquellos niños cuyos padres o responsables lo autorizaron mediante la firma del consentimiento informado (ver Anexo 1, en la página 167). Para favorecer la participación y el reclutamiento se trabajó con el apoyo de promotoras de salud barrial quienes recibieron formación y entrenamiento a través del Seminario de Promoción de actividad física para la salud del Dpto. de Educación Física, Facultad de Humanidades, Universidad Nacional de La Plata.

Los criterios de inclusión en el estudio fueron: que los escolares tuvieran entre 6 años y 9 años de edad cronológica; que sus padres hubieran firmado el consentimiento informado correspondiente; y que no presentaron ninguna afección que potencialmente pudiera modificar la composición corporal y el grado de hidratación.

Se excluyeron del estudio los niños que presentaban obesidad mórbida o que al momento estuvieran recibiendo medicación que afectare la composición corporal (glucocorticoides, diuréticos...) al igual que aquéllos que padecían alguna condición médica que modificase la composición corporal (metabolopatías, endocrinopatías...). También se excluyeron los niños que padecían problemas neurológicos o impedimentos que afectaban su normal desarrollo.

Debido a la complejidad del método de agua corporal total por deuterio, lo novedoso de su aplicación en nuestro medio y el alto grado de sensibilidad que requiere la manipulación de las dosis, no fue posible obtener una muestra representativa del universo de niños de la ciudad de La Plata, puesto que finalmente sólo se pudo acceder al citado centro escolar. De todos ellos, 152 aceptaron participar del estudio.

Convendría aclarar que la admisión en este centro escolar se hace por riguroso sorteo de entre los numerosos aspirantes que presentan su solicitud cada curso. Hecho que no evita

la escasa representatividad pero que, de algún modo, significa una selección aleatoria de una población mayor.

Dada la naturaleza del estudio se trabajó con una muestra de conveniencia. En función de las experiencias recogidas por el investigador en cursos, capacitaciones y entrenamientos recibidos en otros países de la región, es posible sostener que la muestra finalmente obtenida de 152 niños permite aplicar los procedimientos estadísticos para cumplir con el objetivo principal del estudio de obtener y validar ecuaciones de predicción de MG y MLG.

La muestra obtenida quedó conformada como se presenta en la Tabla 2, donde las mujeres representan el 52.63% del total, lo cual refleja la misma proporción que la población general argentina.

Tabla 2. Estratificación de la muestra según edad.

Edad	Mujeres n (%)	Varones n (%)	Total n (%)
6 años	19 (47,5)	21 (52,5)	40 (100)
7 años	21 (48,83)	22 (51,16)	43 (100)
8 años	27 (51,92)	25 (48,07)	52 (100)
9 años	13 (76,47)	4 (23,52)	17 (100)
Total	80 (100)	72 (100)	152 (100)

IV.3. Métodos de medida.

IV.3.1. Ambiente físico.

Se verificaron las condiciones edilicias de instituciones potencialmente elegibles para participar. Finalmente una de ellas fue seleccionada y las autoridades de la misma dispusieron de los espacios físicos, y el equipo de investigadores y la autoridad local convinieron en que eran adecuados e higiénicos. Es de destacar que las experiencias previas realizadas en latinoamérica se desarrollaron en ámbitos escolares y rurales (Eckhardt et al., 2003; Haskell et al., 2003).

IV.3.2. Material y métodos de medida de la composición corporal.

Este estudio utilizó mediciones de antropometría, bioimpedancia eléctrica y de dilución isotópica con deuterio. Los dos primeros tipos de medidas se recogieron para poder utilizar los datos en la comparación de las ecuaciones de predicción ya existentes y en las de

nueva creación. La dilución isotópica con agua deuterada se eligió como método de referencia para el estudio de la validez de las nuevas ecuaciones.

IV.3.2.1. Antropometría.

Se determinaron el peso corporal (kg) y la talla (m), calculándose el Índice de Masa Corporal (IMC) (kg/m^2). Se midieron también los pliegues cutáneos tricipital, bicipital, subescapular y suprailíaco con un calibre Lange (mm) y la circunferencia de cintura, con cinta antropométrica (cm). Las técnicas antropométricas se describen con detalle en el Anexo 5, página 203.

Dichas variables fueron utilizadas en ecuaciones preexistentes en la bibliografía para el cálculo del porcentaje de masa grasa (%MG) por pliegues cutáneos aplicando las ecuaciones de Deurenberg (PC Deurenberg), como se muestra a continuación

La Densidad Corporal (DC) se calculó, de acuerdo al sexo, de la siguiente manera:

$$\text{DC varones} = 1,1133 - 0,0561 \cdot \text{Log}_{10} (\sum 4\text{Pliegues}) + 1,7 \cdot (\text{Edad}/1000)$$

$$\text{DC mujeres} = 1,1187 - 0,0630 \cdot \text{Log}_{10} (\sum 4\text{Pliegues}) + 1,9 \cdot (\text{Edad}/1000)$$

$$\text{MG} = ((562 - 4,2 \cdot (\text{Edad} - 2))/ \text{DC}) - (525 - 4,7 \cdot (\text{Edad} - 2))$$

Posteriormente, las mediciones antropométricas fueron utilizadas en la elaboración de ecuaciones propias para la predicción de MG a través del uso de la antropometría.

IV.3.2.2. Análisis de impedancia bioeléctrica.

Se utilizó un bioimpedanciómetro de frecuencia dual Bodystat Co Dual Scan 2500 para determinar la resistencia en ohms y calcular el índice de resistencia (IR) como $\text{talla}^2/\text{resistencia}$ (cm^2/Ohms). Este equipo conduce una corriente eléctrica de 5 y 200 khz y permite estimar agua corporal total, agua intracelular, agua extracelular y MG.

La resistencia y el IR se utilizaron, en un primer momento, para predecir la MLG con 7 ecuaciones de uso internacional y comparar los resultados entre ellas y con una ecuación de antropometría, con la intención de responder al segundo objetivo específico de la tesis.

Deurenberg A:	$MLG = 0,406 \cdot 104 \cdot T^2 (m) / R + 0,360 \cdot P + 5,580 T + 0,56 \cdot \text{Sexo} (* - 6,48$
Deurenberg B:	$MLG = 0,438 \cdot 104 \cdot T^2 (m) / R + 0,308 \cdot P + 1,6 \cdot \text{Sexo} + 7,04 \cdot T - 8,5$
Schaefer:	$MLG = 0,65 \cdot T^2 (cm) / R + 0,68 \cdot \text{edad} + 0,15$
Rush:	$MLG = 0,622 \cdot T^2 (cm) / R + 0,234 \cdot P + 1,166$
Schoeller A:	$ACT = 0,51 + 0,64 \cdot T^2 (cm) / R$
Schoeller B:	$ACT = 0,69 + 0,52 \cdot T^2 (cm) / R + 0,1 \cdot P$
Schoeller C:	$ACT = 1,93 + 0,47 \cdot T^2 (cm) / R + 0,13 \cdot P - 1,2 \cdot \text{Sexo}$
$MLG = ACT / 0,732$	

* 1 para hombres y 0 para mujeres

Con posterioridad, el IR también fue utilizado en la elaboración de ecuaciones propias de predicción de MLG a través del uso de la bioimpedancia (objetivo específico 3).

IV.3.2.3. Agua corporal total por dilución isotópica de deuterio.

La validez del método de dilución isotópica con deuterio, el bajo costo, la sencillez, la aplicabilidad a estudios de campo y la inocuidad de la técnica son los principales motivos por los cuales fue utilizado en este estudio. En los anexos 2, 3 y 4 (en las páginas 173, 197 y 203, respectivamente) se adjuntan: una copia del protocolo seguido, una más detallada del procedimiento, y una lista sobre los antecedentes de la aplicación de esta técnica en niños en otros países.

Este estudio es pionero en Argentina en la utilización del método de agua corporal total por dilución isotópica de deuterio, que sirvió como patrón o *gold standard*, para determinar la validez de las ecuaciones propuestas (objetivo 4).

Implementar este método presentó dificultades de índole variada. Al no existir evidencias de su aplicación a nivel local, hubo que trabajar intensamente para vencer las enormes resistencias de las autoridades sanitarias, la escolares y de la comunidad de padres. La evidencia de su inocuidad a las dosis requeridas, los encuentros sistemáticos y talleres de sensibilización con padres, la difusión de folletería y cursos para maestros, fueron piezas claves para obtener los permisos necesarios.

Recientemente, el grupo de trabajo en cuyo seno se realizó esta tesis doctoral, ha adquirido equipamiento para lograr autonomía en la medición y generar actividades de colaboración con las instituciones que lo requieran.

Para estimar la MLG y posteriormente la MG, se determinó el Agua Corporal Total (ACT) por el método de dilución isotópica con oxido de deuterio o agua deuterada. Este método se basa en el principio de dilución por el cual es posible conocer el ACT del sujeto en estudio a partir de la administración de una dosis de volumen (V1) y concentración (C1) conocidas de agua deuterada y de la determinación de la concentración de deuterio (C2) en un muestra de saliva. Para ello, los sujetos recibieron en ayunas una dosis oral de 0,5 g de óxido de deuterio/kg de peso corporal (99.8%, Cambridge Isotope Laboratories, Boston, USA). Luego de alcanzado el equilibrio, en aproximadamente 3 horas, se recolectó una muestra de saliva. Previamente a la toma de la dosis de agua deuterada, se recogió una muestra de saliva basal para la determinación de deuterio basal que el sujeto posee, la que fue descontada.

La concentración de deuterio en saliva (C2) se midió en un espectrofotómetro de masa en el laboratorio de Metabolismo energético e isótopos estables del INTA de la Universidad de Chile. Las muestras fueron llevadas en mano por colaboradores especialmente capacitados y en todo momento se conservaron congeladas hasta destino.

Calculada el agua corporal total (ACT) como $C1 \cdot V1 / C2$, se calculó la MLG según $MLG = [(ACT/CH)/1,04]$, donde CH es el coeficiente de hidratación de la MLG que para estas edades corresponde a un rango entre 74.9 y 77.0, y 1,04 es un factor de corrección debido al hidrógeno capturado por otros tejidos corporales. El porcentaje de masa grasa se calculó como la diferencia entre el peso corporal (P) y MLG, según $\% MG = (P - MLG)/P \cdot 100$.

El método de dilución isotópica con deuterio se viene utilizando desde hace más de medio siglo en la investigación clínica en todo el mundo, en personas de todas las edades, sanas y enfermas de decenas de países. En el Anexo 4 (página 203) se proveen publicaciones en donde se utilizó el método en poblaciones pediátricas. Se enfatiza la inocuidad del mismo para los seres humanos a las concentraciones que se utilizaron en el presente estudio.

IV.3.3. Medida del rendimiento aeróbico.

Se midió nivel de aptitud física mediante el Test de 6 minutos (T6M), cuyos resultados se correlacionaron con porcentaje graso medido por diferentes metodologías.

Cada niño realizó una marcha de 6 minutos con la consigna de recorrer la mayor distancia posible en ese período de tiempo, evitando trotar. El niño pudo disminuir la velocidad si lo necesitó y, si se detuvo, tiene la opción de reiniciar la marcha tan rápido como

sea posible. La prueba se detiene si el niño presenta algún signo o síntoma de fatiga excesiva o cualquier otra respuesta inadecuada al esfuerzo.

Se aplicó el test en grupos de 3 niños a la vez. Cada niño fue equipado con un cardiófrecuenciómetro marca Polar minutos antes de la prueba, permaneciendo en estado de reposo durante 5 minutos para la determinación de la frecuencia cardíaca inicial. El suelo donde se aplicó el test fue de parquet correspondiente a un gimnasio escolar cerrado y con las ventanas abiertas para una correcta ventilación.

Se marcó una distancia de 30 metros lineales entre un cono inicial y otro final. A intervalos regulares de un metro se realizaron marcas para facilitar el registro de la distancia recorrida, contabilizándose la cantidad de vueltas completas y los metros de la última vuelta incompleta. Cada niño fue monitorizado por un evaluador diferente y otro evaluador fue el encargado de controlar el tiempo total y el tiempo de recuperación.

Los datos que se registraron fueron la distancia recorrida, la frecuencia cardíaca de reposo, de esfuerzo (o final), y de recuperación a los 30, 60 y 90 segundos. Todos se recogieron en el mismo lugar de la prueba, quedando copias de los registros en la UBA y en el PROPIA UNLP

IV.4. Validez e integridad de los datos.

Los datos fueron ingresados en una base de datos en dos copias separadas por diferente personal, se compararon a intervalos de tiempo, y las diferencias observadas se cotejaron de nuevo con los formularios originales y se corrigieron cuando resultó necesario. Los datos se conservarán durante 10 años, con copias en varios ordenadores, y en varios soportes.

IV.5. Análisis estadístico.

Las variables continuas son presentadas en media y desvío estándar (D.E.); las variables categóricas son expresadas en números totales y porcentajes.

Todos los test estadísticos, tienen un $\alpha = 0.05$ y son a dos colas excepto que se indique lo contrario.

Se realizó una descripción de variables y se aplicó el test de Shapiro Wilk para corroborar la hipótesis nula de que las varianzas siguen una distribución normal.

Para definir cuáles variables ingresar al modelo se aplicó el criterio de Mallows (Cp) (Kurtner, Nachtsheim, & Neter, 2004), donde la mejor combinación es aquella que obtiene un

Cp igual al número de variables más uno ($n + 1$). Se utilizó el método de todas las posibles regresiones para elaborar cada ecuación de predicción y se eliminaron *outliers* metodológicos y de la regresión cuando fue necesario para acercar la muestra a la distribución normal.

Se determinó la concordancia en la MG obtenida por antropometría y MLG por bioimpedancia con respecto al patrón por ACT por dilución isotópica usando el Test de Bland y Altman (Bland & Altman, 1986). Además, también se calculó el coeficiente de correlación concordancia de Lin (Lin, 1989) de la regresión (r_c) de los modelos de predicción de MG obtenidos con respecto a la MG determinada por dilución isotópica con deuterio, como método de referencia.

El análisis estadístico, la presentación y el manejo de datos se realizaron con el programa estadístico NCSS 2007 para Windows bajo licencia y Microsoft Office Excel 2007.

IV.6. Registro de Eventos.

Los eventos raramente observados por el ayuno son: mareos, sensación de desvanecimiento, cefalea, molestias gástricas.

No se han reportado efectos adversos vinculados con la ingesta de deuterio a las concentraciones que se utilizaron en el presente estudio.

Hubo un médico pediatra presente todos los días del estudio, quien fue responsable de cualquier decisión médica relacionada con el estudio, durante y después del mismo.

Se instruyó a los padres o responsables de los niños participantes en cuanto a que informen al pediatra del niño.

IV.7. Informes de seguridad.

Los efectos adversos serios serían reportados al Comité de Ética correspondiente y a la autoridad sanitaria. Los médicos participantes serían responsables de un seguimiento con registro pormenorizado de cada caso, anónimo. Por no haberse registrado ningún efecto adverso, esto no ha sido necesario.

IV.8. Entrenamiento del investigador.

Se realizaron previamente a las tareas de terreno talleres de información y capacitación con la totalidad de personal implicado en las instituciones a participar. El investigador realizó cursos de capacitación patrocinados por la IAEA ONU en las temáticas de utilización de isótopos estables para el estudio de la composición corporal en INTA Chile,

bioestadística en Quito Ecuador, diseño de proyectos de investigación en Florianópolis Brasil, diseño y evaluación de proyectos en Panamá, entre otros.

IV.9. Cuestiones éticas.

El protocolo de estudio fue evaluado por el Comité de Ética del Hospital de Niños Sor María Ludovica de La Plata, quién dio su aprobación (anexo 2). En todo momento el niño y los padres fueron libres de abandonar el estudio sin previo aviso o justificación alguna.

El investigador se atuvo y suscribió la Declaración de Helsinki según su versión más actual, ciñéndose a cada uno de sus enunciados. Así mismo, se comprometió a cumplir las Leyes vigentes Nro.25326, Nro.25529 y la Convención Internacional por los Derechos del Niño.

IV.10. Auditoría y monitoreo.

Las autoridades del Comité de Ética, de la entidad patrocinadora y de la autoridad sanitaria local pudieron auditar y monitorear en cualquier punto el desarrollo del trabajo.

IV.11. Procedimiento de manejo de datos y confidencialidad.

La información personal de los sujetos fue y es confidencial. Se codificó la identidad para el análisis posterior por investigador cegado. En una ficha preimpresa se registraron los datos primarios, las variables a analizar, los resultados de la evaluación clínica y métodos complementarios. Las fichas utilizadas se guardaron en una carpeta únicamente accesible al/ los investigadores. Luego, con los datos codificados, se completó una planilla en Microsoft Excel. Una clave de ingreso, conocida sólo por los investigadores, protegió el archivo.

En ningún momento se proveyó ni se proveerán a terceros datos identificatorios del niño, ni el nombre de pila en las bases de datos de registros. El procedimiento se ajustó a la Ley de Protección de Datos Nro.25326, la Ley de Derecho del Paciente Nro. 26529 y a la Convención internacional de los Derechos del Niño.

IV.12. Presupuesto y origen de los fondos.

La IAEA-ONU asignó un presupuesto global total para los 13 países involucrados de 360.000 \$ *EUA*. El proyecto argentino contó con una asignación de 20.000 \$ *EUA*. El total de estos recursos fue destinado a la capacitación de personal, adquisición de tecnología e insumos y pago de servicios. La IAEA-ONU fue la entidad encargada de gestionar y administrar los fondos del proyecto. Todas las compras y pagos de servicios fueron efectuados por el

organismo internacional. El investigador y sus colaboradores no recibieron dinero en efectivo por parte de este organismo. Ningún miembro ni actividad del proyecto fue financiada por la industria y/o entidades privadas de ninguna naturaleza.

El organismo internacional proveyó de recursos técnicos e insumos, así como también costó los gastos de determinación de agua corporal total en laboratorios nacionales y/o del exterior.

Para la cobertura de gastos de trabajos de terreno se utilizaron recursos propios de ambas unidades académicas: recursos menores fueron provistos conjuntamente por la cátedra de Nutrición de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad de Buenos Aires (Subsidio B098 Director: Dra Anabel Pallaro) y del PROPIA (Programa de prevención del Infarto en Argentina) dependiente de la Universidad Nacional de La Plata.

La fase de tareas en terreno tuvo un costo operativo aproximado de \$5000 absorbidos por subsidios otorgados a los investigadores por la Universidad de Buenos Aires y por PROPIA UNLP.

V. Resultados

Los resultados se presentan organizados en cuatro apartados. En el primero se presentan las medias y desviaciones estándar de las variables antropométricas, de bioimpedancia y de composición corporal. Además se grafican las distribuciones de cada variable con sus respectivos test de normalidad, con el fin de caracterizar la muestra en estudio.

El segundo apartado muestra los resultados de CC obtenidos cuando se aplican las variables antropométricas, de bioimpedancia eléctrica y demográficas en ecuaciones antropométricas y de BIA disponibles en la literatura.

El tercer apartado describe el desarrollo y validación de ecuaciones de predicción de de MLG por BIA y de MG por antropometría, utilizando la metodología de dilución isotópica con deuterio como método de referencia. Se muestran los diferentes modelos obtenidos y sus validaciones.

Finalmente, en el cuarto apartado se presentan los resultados de la aplicación del test aeróbico de marcha de 6 minutos y su correlación con la CC.

V.1. Medidas de antropometría, bioimpedancia y dilución isotópica con deuterio (objetivo específico 1).

V.1.1. Valores de las variables.

Las medias y desvíos estándar de las variables de edad, antropométricas, de bioimpedancia y de ACT se presentan en la Tabla 3.

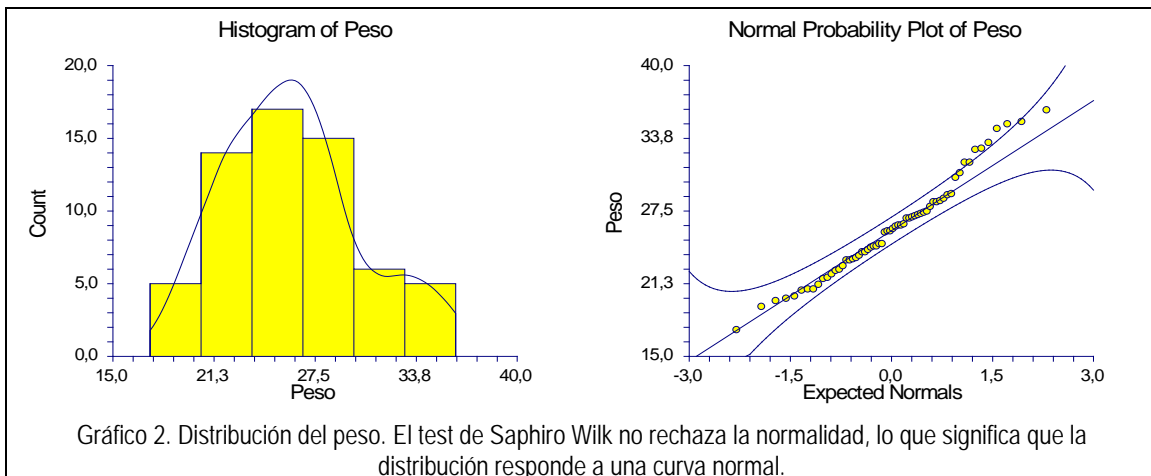
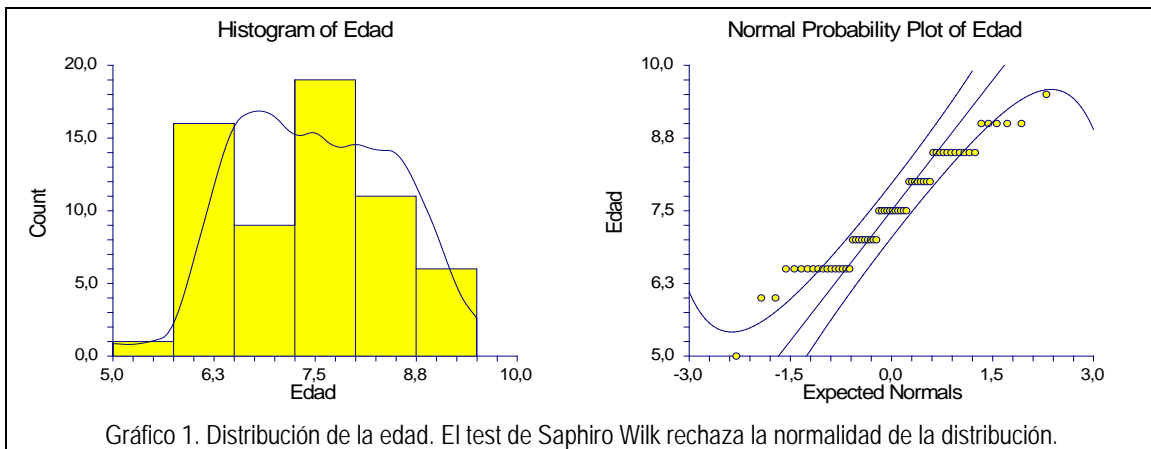
Tabla 3. Medias y desvíos estándar de variables antropométricas y de composición corporal según sexo.

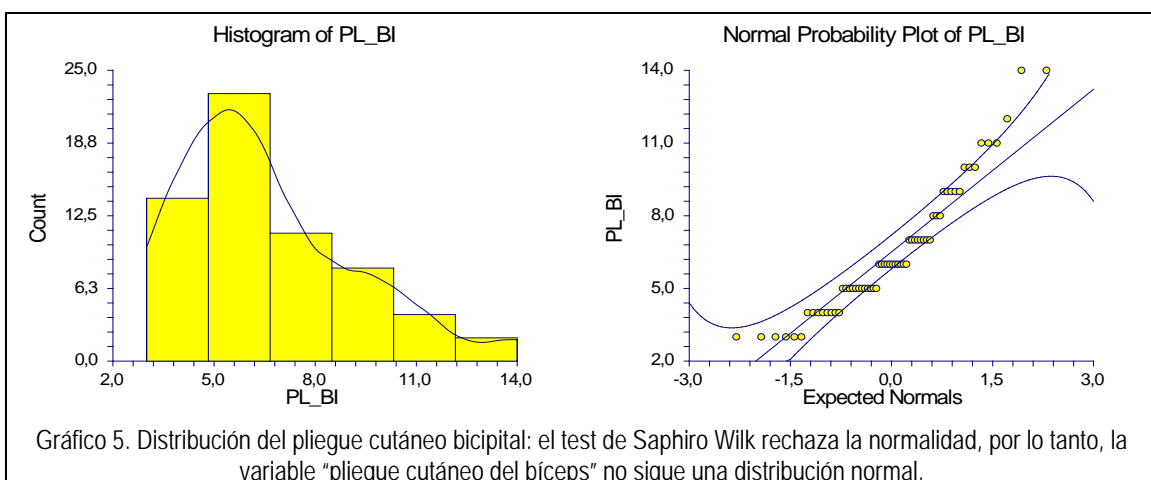
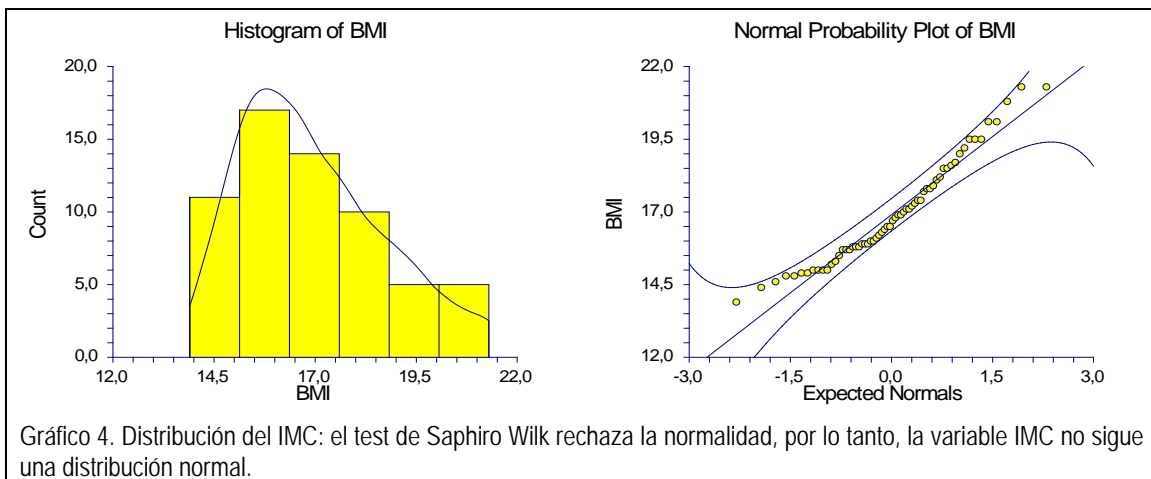
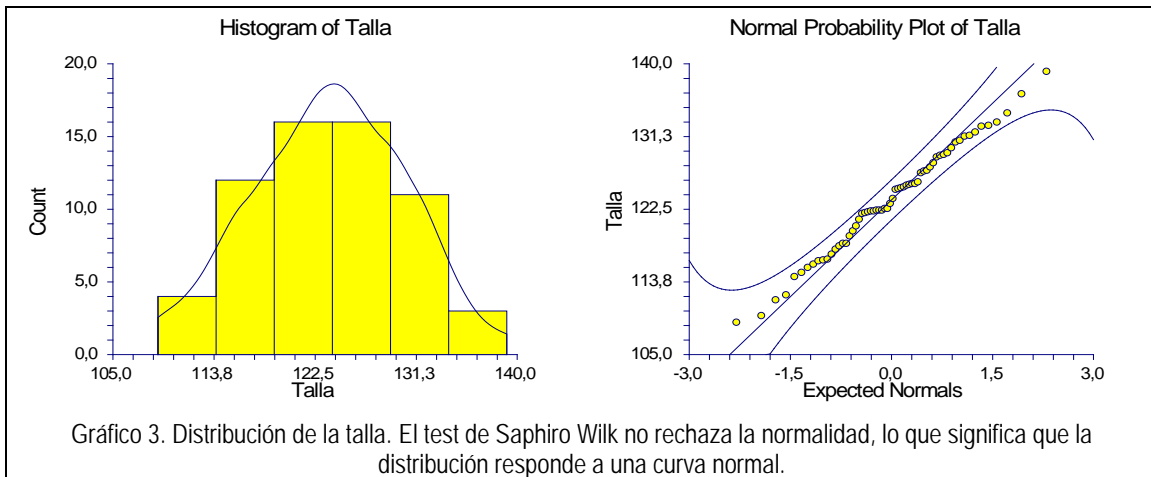
Variable		Sexo					
		Varones		Mujeres		Total	
		Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.
Edad		7,60	1,01	7,70	0,96	7,50	1,02
Peso (kg)		27,64	5,44	27,93	6,18	27,79	5,83
Talla (cm)		126,38	7,07	124,61	7,36	125,44	7,25
IMC		17,24	2,24	17,79	2,6	17,53	2,44
Pliegues cutáneos (mm)	Bíceps	6,92	3,56	7,95	3,47	7,46	3,54
	Subescapular	8,14	4,97	10,24	6,68	9,25	6,01
	Tríceps	12,85	4,15	14,56	4,89	13,75	4,62
	Abdominal	14,17	10,05	18,83	10,04	16,64	10,28
	Cresta ilíaca	15,14	11,80	19,88	12,28	17,65	12,28
	Pantorrilla	11,49	4,19	13,73	4,33	12,68	4,40
Perímetros (cm)	Cintura máxima	59,38	6,58	59,71	7,3	59,55	6,95
	Cintura mínima	57,47	6,59	56,80	7,18	57,11	6,81
IR	BIA	22,23	1,07	24,7	4,5	23,58	3,51
ACT (%)	DI	56,46	2,24	52,97	4,29	54,71	3,36

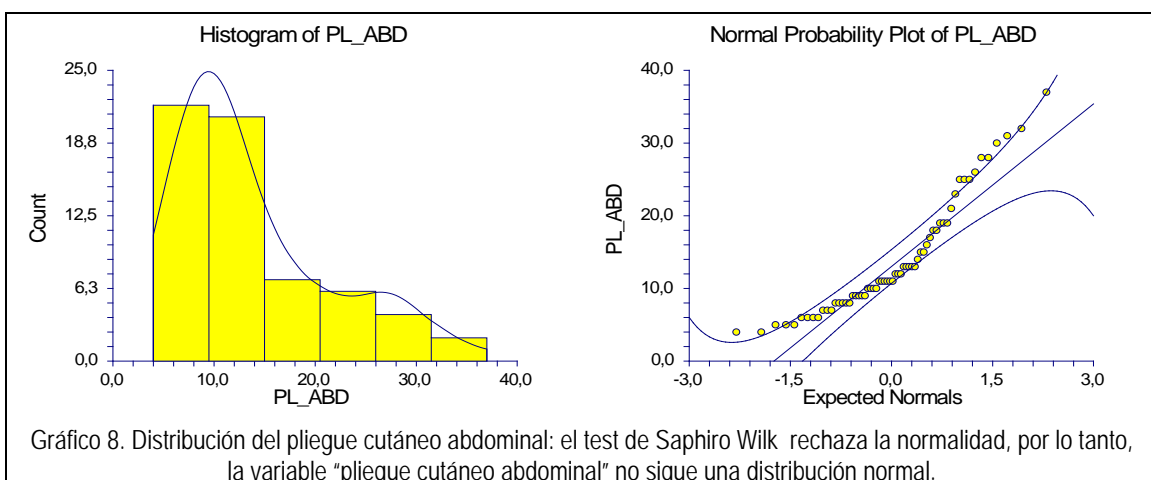
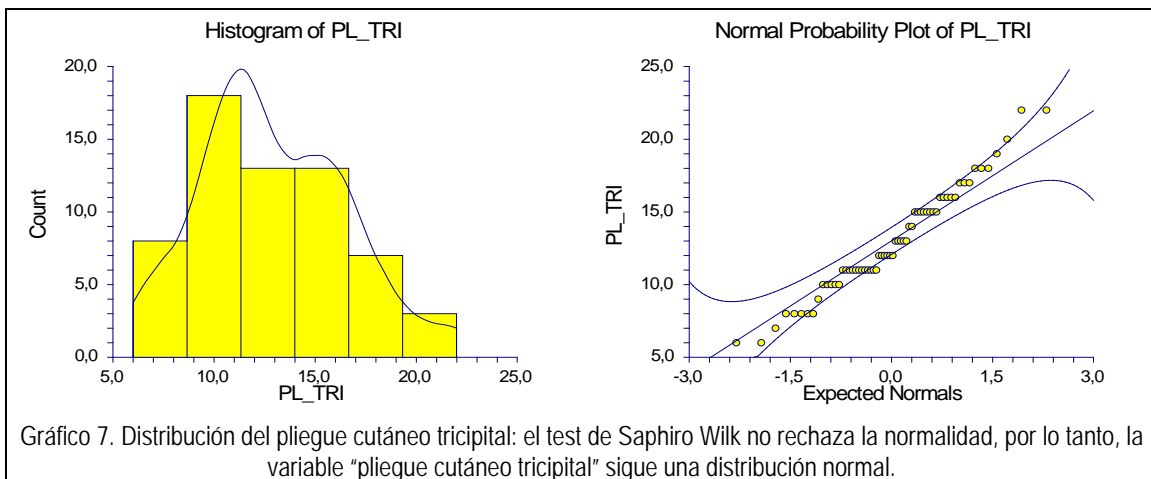
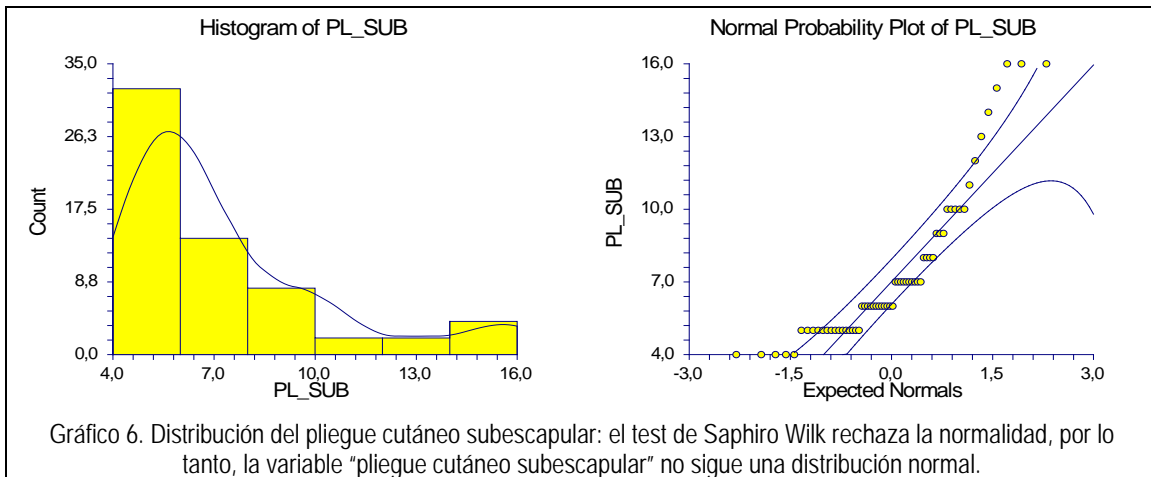
IMC: índice de masa corporal (kg/m²), ACT: agua corporal total, IR: índice de resistencia; BIA: bioimpedancia, DI: dilución isotópica.

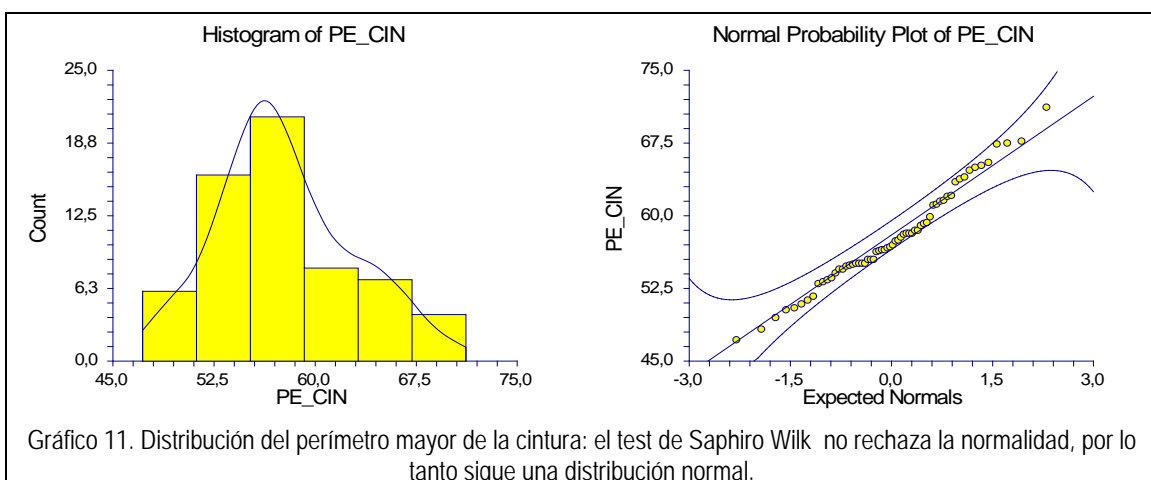
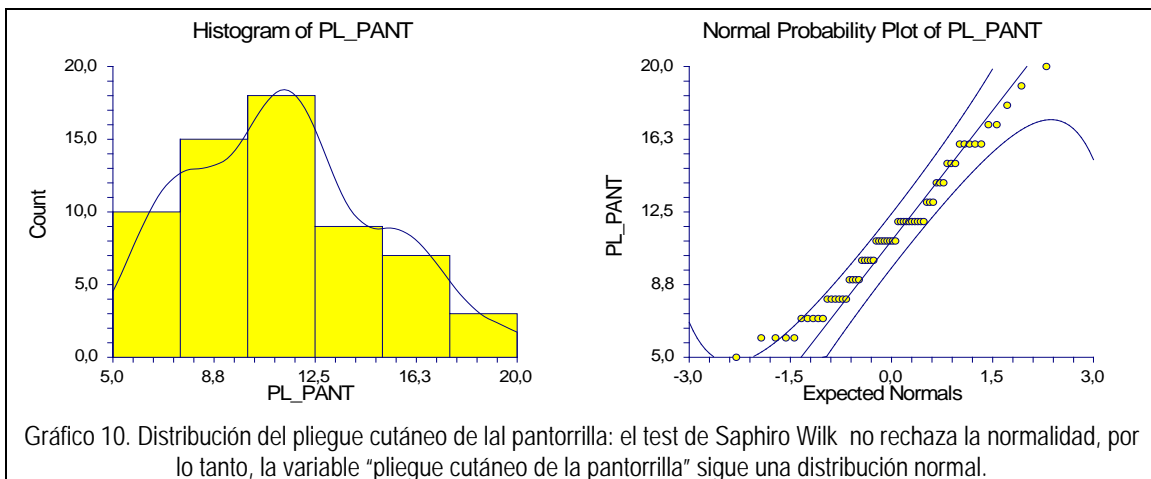
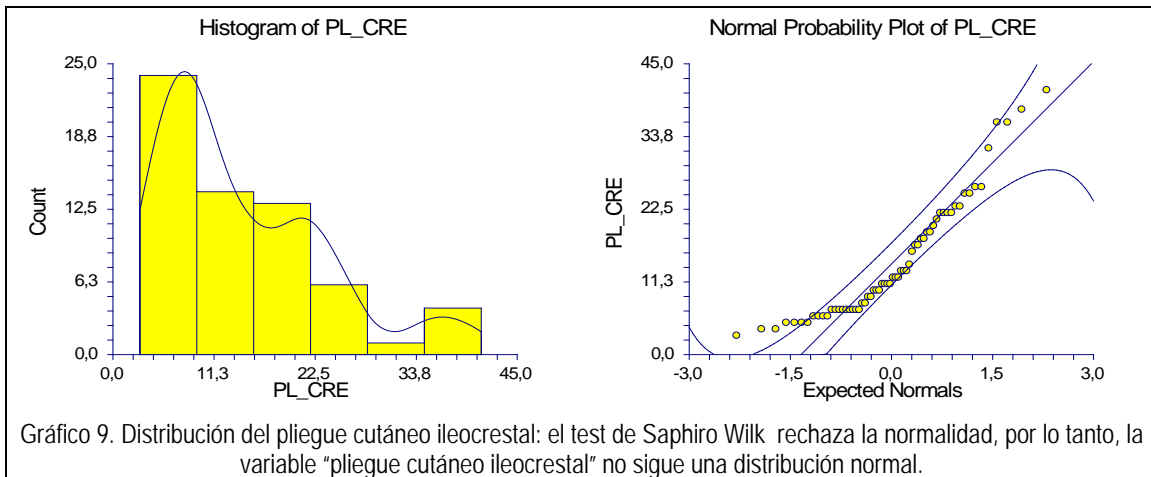
V.1.1. Estudio de la distribución y las correlaciones.

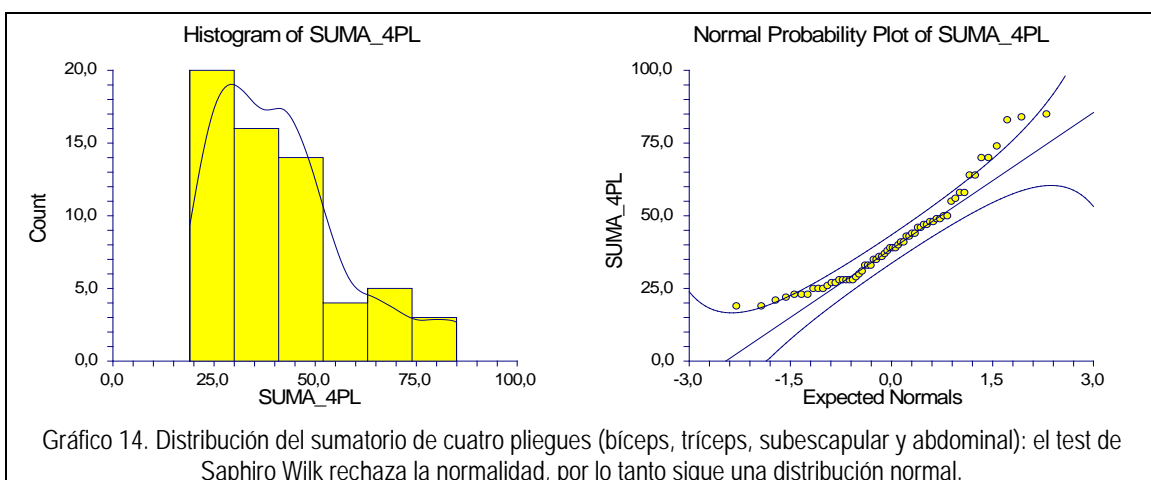
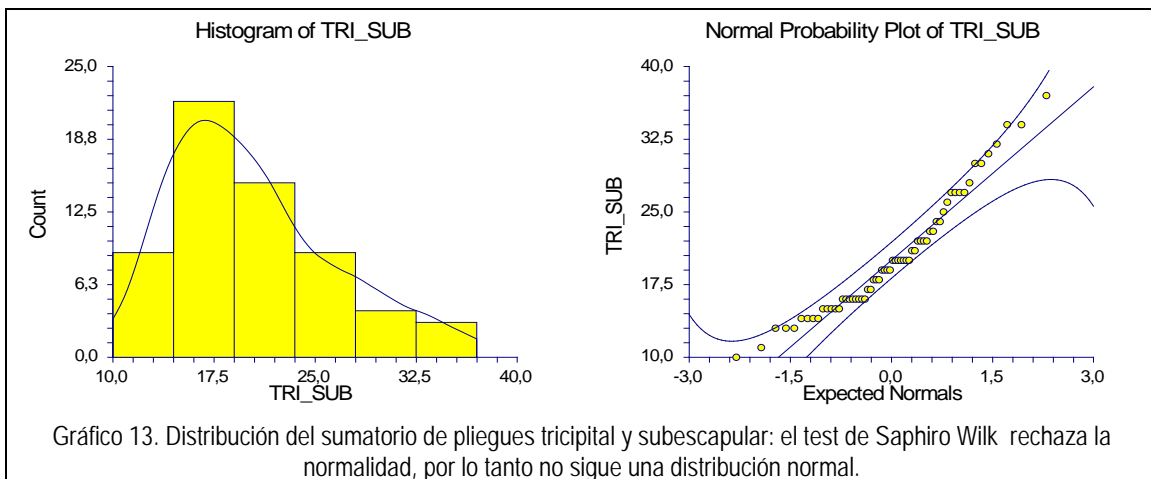
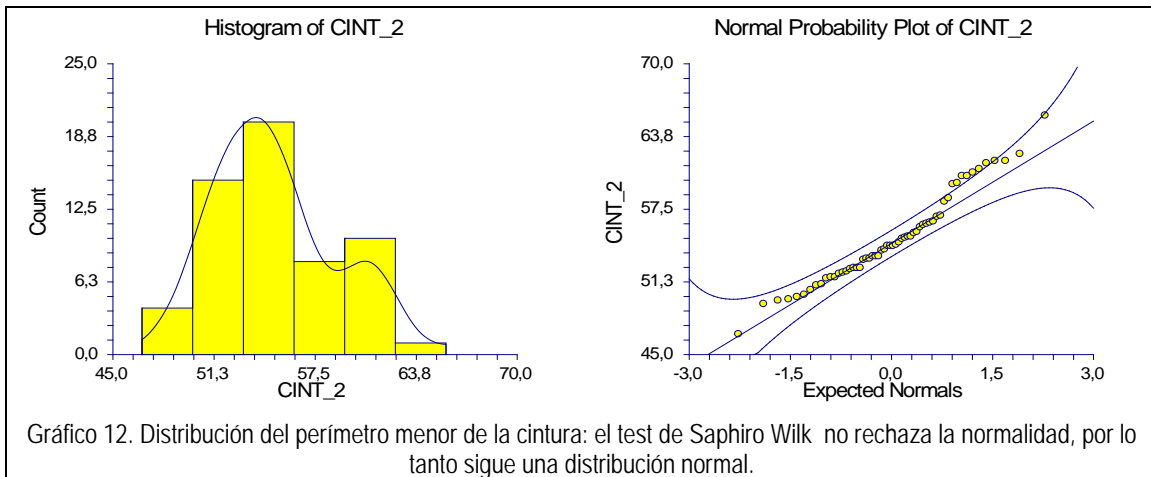
Se presentan los gráficos de distribución de frecuencias para cada una de las variables y a cada una se le aplicó el test de normalidad de Shapiro Wilk que representa la aceptación o rechazo de la hipótesis nula según la cual, la distribución de cada variable sigue una curva normal. Este test fue desarrollado para ponderar la normalidad en muestras pequeñas que contienen aproximadamente 50 casos. Las variables que siguen una distribución normal tienen mejores chances de ser utilizadas en el desarrollo de futuras ecuaciones de predicción de composición corporal.

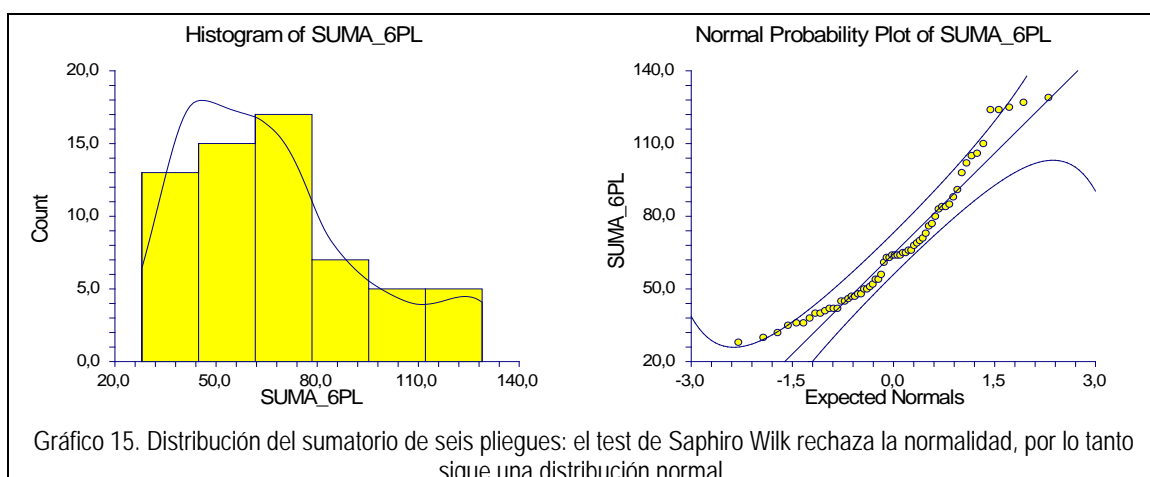












El estado nutricional determinado por categorías de IMC está asociado al sexo. De manera tal que las mujeres tienen un IMC más elevado que los varones (Tabla 4). Entonces el sexo podría ser un factor de confusión si se estudia el estado nutricional según categorías de IMC. La tabla 4 muestra esta relación.

Tabla 4. Estado nutricional según sexo.

	Mujeres		Varones		Total	
Estado nutricional	n	%	n	%	n	%
Normal	50	62,50	49	68,06	99	65,13
Sobrepeso	22	27,50	19	26,39	41	28,28
Obesidad	8	10,00	4	5,56	12	7,89
Total	80	100,00	72	100,00	152	100,00

Chi² 154.1526 p=0.000

En la Tabla 5 se muestra el estado nutricional según el IMC por edad y por sexo.

Tabla 5. Estado nutricional según edad y sexo.

Estado nutricional	Mujeres n (%)				Varones n (%)			
	N	Sp	Ob	Total	N	Sp	Ob	Total
6 años	14 (70,00)	5 (26,31)	1 (5,26)	20 (100)	15 (70)	5 (25,00)	1 (5)	21 (100)
7 años	13 (33,33)	4 (19,04)	4 (19,04)	21 (100)	15 (68,18)	5 (27,72)	2 (9,09)	22 (100)
8 años	13 (50,00)	10 (38,46)	3 (11,53)	26 (100)	15 (60,00)	9 (36,00)	1 (4)	25 (100)
9 años	10 (76,92)	3 (23,07)	0	13 (100)	4 (100,00)	0	0	4 (100)
Total	50 (62,25)	22 (27,50)	8 (10,00)	80 (100)	49 (68,05)	19 (26,38)	4 (5,55)	72 (100)

N: normal, Sp: sobrepeso, Ob: obesidad. P=0.813

Las categorías de estado nutricional estratificadas según sexo no presentan diferencias estadísticamente significativas. Las prevalencias de sobrepeso y obesidad son levemente menores que en la media nacional según lo publicado por la última Encuesta Nacional Nutrición y Salud (ENNYS 2010), lo que expresa que la muestra obtenida no se aleja de la media nacional.

El IMC tuvo una alta correlación con algunas variables antropométricas simples como sumatoria de 4 pliegues (tríceps, bíceps, subescapular, abdominal), porcentaje de MG y perímetro de cintura (Tabla 6). Este dato es importante porque podría utilizarse cualquiera de estas medidas como indicador del estado nutricional en reemplazo del IMC cuando éste no pueda ser determinado o bien cuando las condiciones epidemiológicas lo determinen.

Tabla 6. Correlación entre el IMC y las medidas antropométricas.

Variable antropométrica	r
Sumatoria de 4 pliegues cutáneos	0.85
Porcentaje de masa grasa	0.84
Perímetro de cintura	0.86

La Tabla 7 muestra los valores de CC obtenidos por dilución isotópica (DI) en ambos sexos. Se observa una diferencia estadísticamente significativa en el ACT en niños con respecto a las niñas, lo que es coherente con una mayor MLG y menor MG ($p < 0,001$) en niños.

Tabla 7. Agua corporal total, masa grasa y masa libre de grasa por dilución isotópica de deuterio.

Variable	Niños, n = 67		Niñas, n = 72		Total, n = 139		P
	X	D.E.	X	D.E.	X	D.E.	
ACT(L)	15,32	2,25	14,45	2,49	14,87	2,40	0,0169
ACT (%)	56,47	4,57	53,16	4,43	54,76	4,78	<0,001
MLG (Kg)	20,13	3,23	18,87	3,22	19,48	3,27	0,0048
MLG (%)	74,62	6,01	68,87	5,52	71,65	6,42	<0,001
MG (Kg)	7,12	2,99	8,82	3,30	8,00	3,26	0,0002
MG (%)	25,38	6,01	31,12	5,52	28,35	6,42	<0,001

V.2. Comparación entre las ecuaciones disponibles en la literatura (objetivo específico 2).

V.2.1. Comparación entre las ecuaciones de BIA y la ecuación de Deurenberg para pliegues cutáneos.

Se calculó la MG según las diferentes ecuaciones para BIA disponibles en la literatura internacional y que son de uso frecuente en nuestro medio. El valor medio obtenido con cada una se comparó con el de la ecuación de Deurenberg para pliegues cutáneos. Los resultados se presentan en la Tabla 8.

Tabla 8. Valores de masa grasa (%) obtenidos por distintas ecuaciones de predicción de BIA y comparados con la ecuación de Deurenberg para pliegues cutáneos.

Ecuación	Masa grasa		Correlación r	Diferencia promedio % MG 2 D.E.	
	%	D.E.		%	D.E.
PC Deurenberg	23,30	4,60			
Deurenberg A	23,51	4,47	0,62	0,21	7,88
Deurenberg B	20,68*	5,35	0,81	-0,62	6,27
Schaeffer	23,99	9,02	0,64	0,69	14,11
Rush	17,83*	7,17	0,54	-5,47	12,21
Schoeller A	20,91*	9,70	0,51	-2,39	16,71
Schoeller B	20,67*	8,03	0,52	-2,63	13,72
Schoeller C	25,66*	8,57	0,25	2,63	17,31

*Diferencia significativa respecto a PC Deurenberg ($p < 0,01$)

Los datos demostraron la existencia de diferencias significativas en el porcentaje de MG obtenido con la mayoría de las ecuaciones, cuando se las comparó con el método de referencia utilizado. Sólo las ecuaciones de Schaeffer y Deurenberg A no tuvieron diferencias significativas, pero sin embargo ambas mostraron una r baja.

Al comparar los resultados de la MG (%) por DI en la población total (Tabla 7), se observan valores mayores que los obtenidos por cualquiera de las ecuaciones de predicción utilizadas en la Tabla 8.

V.2.2. Análisis de la concordancia entre las diferentes ecuaciones de bioimpedancia.

Para conocer la concordancia entre los diferentes métodos se aplicó el test de Bland y Altman, que permite conocer, entre otras cosas, las diferencias promedio y el sesgo de cada método. Cuando el sesgo es elevado con respecto al patrón, la ecuación pierde validez. A continuación se presentan los resultados de la aplicación del test con sus gráficos respectivos.

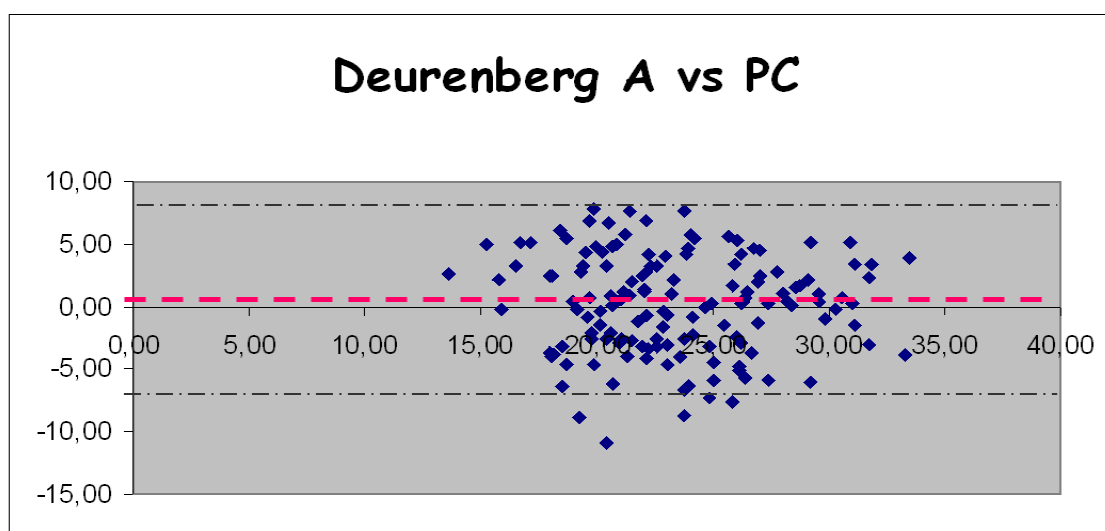


Gráfico 16. Estudio de la concordancia (Bland y Altman) entre la ecuación de Deurenberg A (BIA) y la de Deurenberg para pliegues cutáneos (PC) en la estimación de la masa grasa.

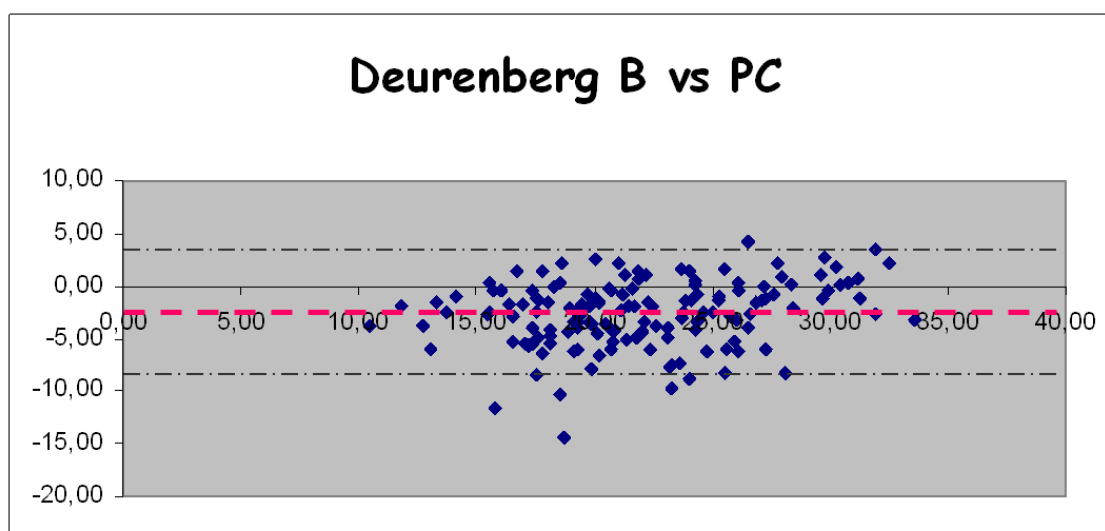


Gráfico 17. Estudio de la concordancia (Bland y Altman) entre la ecuación de Deurenberg B (BIA) y la de Deurenberg para pliegues cutáneos (PC) en la estimación de la masa grasa.

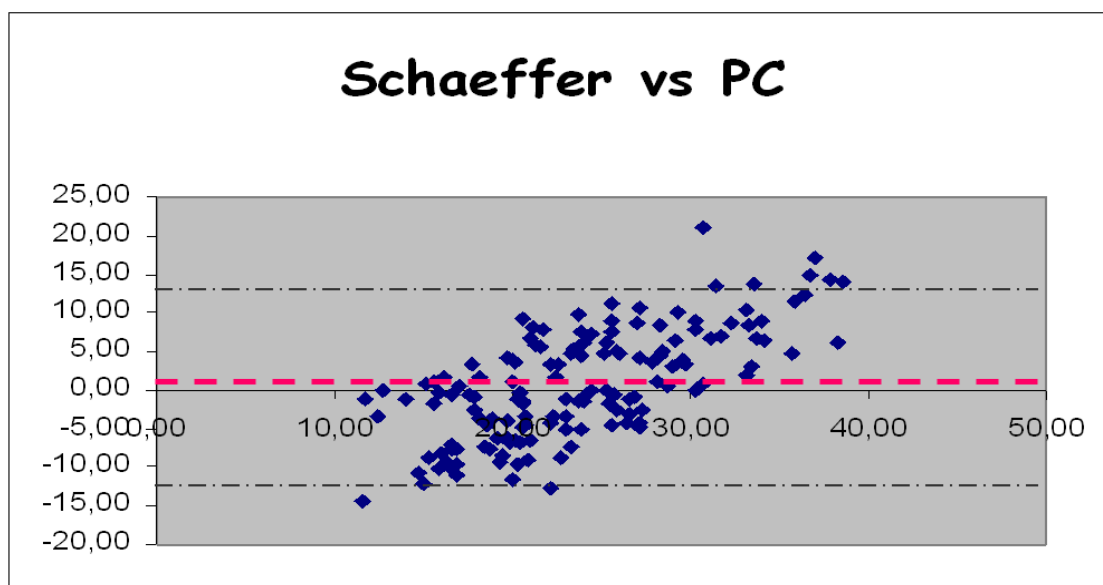


Gráfico 18. Estudio de la concordancia (Bland y Altman) entre la ecuación de Schaeffer (BIA) y la de Deuremberg para pliegues cutáneos (PC) en la estimación de la masa grasa.

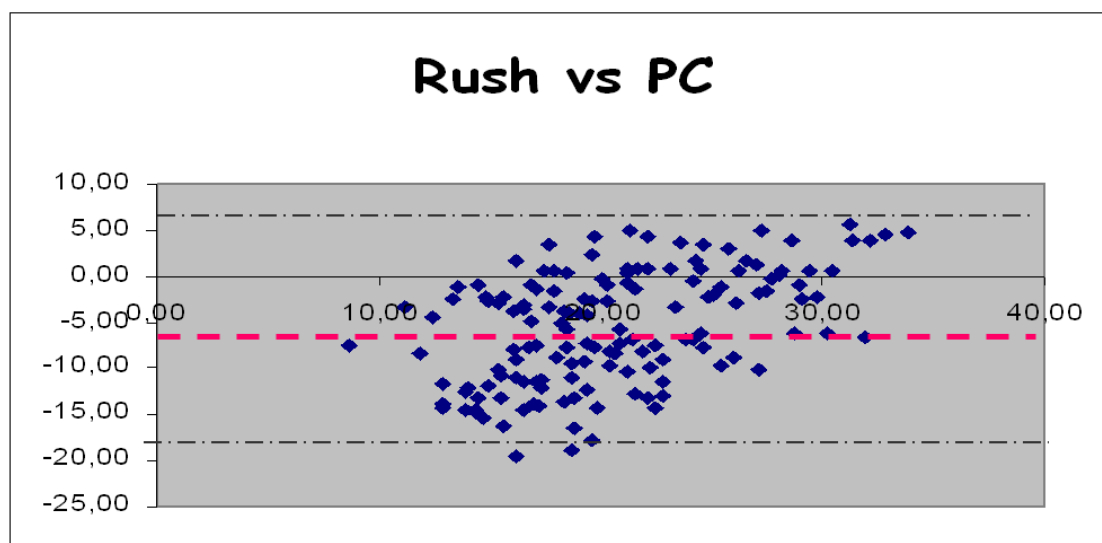


Gráfico 19. Estudio de la concordancia (Bland y Altman) entre la ecuación de Rush (BIA) y la de Deuremberg para pliegues cutáneos (PC) en la estimación de la masa grasa.

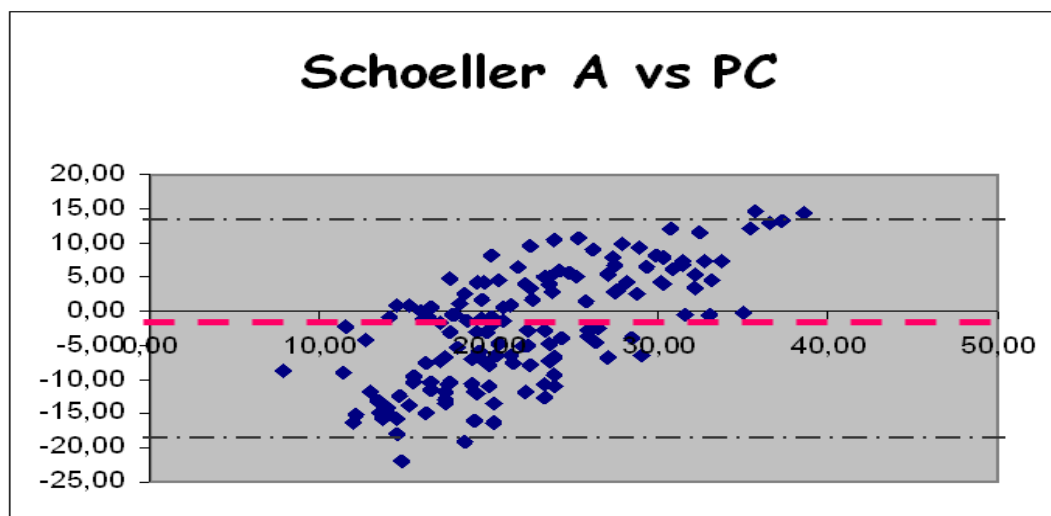


Gráfico 20. Estudio de la concordancia (Bland y Altman) entre la ecuación de Schoeller A (BIA) y la de Deuremberg para pliegues cutáneos (PC) en la estimación de la masa grasa.

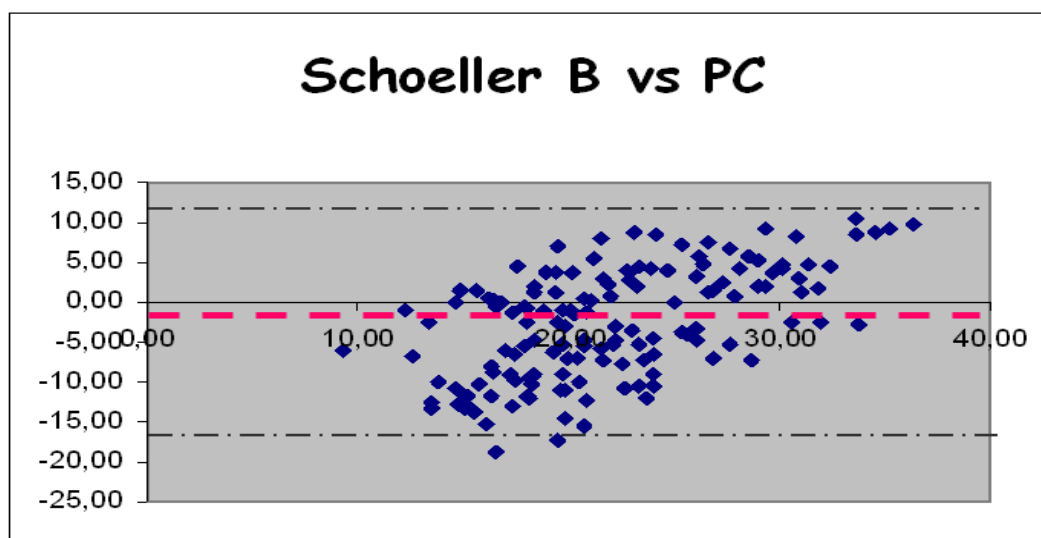


Gráfico 21. Estudio de la concordancia (Bland y Altman) entre la ecuación de Schoeller B (BIA) y la de Deuremberg para pliegues cutáneos (PC) en la estimación de la masa grasa.

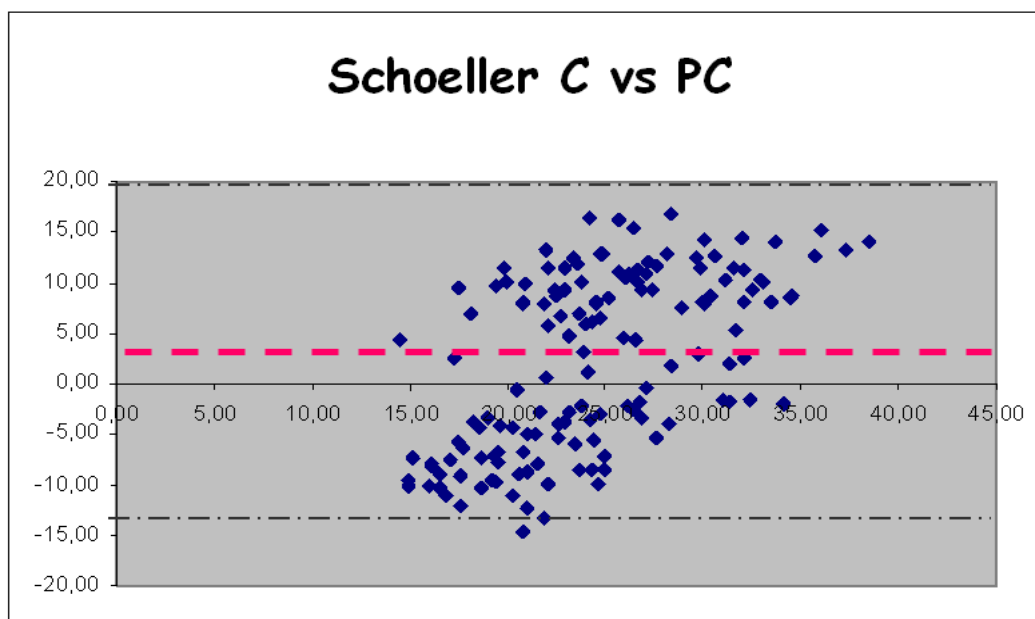


Gráfico 22. Estudio de la concordancia (Bland y Altman) entre la ecuación de Schoeller C (BIA) y la de Deuremberg para pliegues cutáneos (PC) en la estimación de la masa grasa.

Considerando los resultados presentados en la Tabla 8 y en los gráficos precedentes (desde el Gráfico 16 hasta el Gráfico 22), se observan diferencias estadísticamente significativas entre los porcentajes de MG obtenidos por diferentes ecuaciones de BIA y el modelo antropométrico seleccionado (Deurenberg para pliegues cutáneos). El nivel de concordancia fue variable. La ecuación de Durenberg A presentó la menor diferencia promedio, y excepto las ecuaciones de Deurenberg A y B, todas las demás tuvieron un sesgo importante.

La amplia variabilidad entre los resultados de diferentes ecuaciones y el hecho demostrado que la MG por DI difiere de la MG por otras ecuaciones, justifica la necesidad de desarrollar ecuaciones propias y validarlas para las poblaciones locales, lo que constituye el propósito del tercer objetivo de esta tesis doctoral, cuyos resultados se tratarán en el siguiente apartado.

V.3. Obtención y validación de nuevas ecuaciones de predicción de masa corporal (objetivos específicos 3 y 4).

Como ya se adelantó en el capítulo de Material y métodos, y con la única finalidad de integrar la información y facilitar al lector la comprensión, se decidió explicar con detalle los métodos seguidos a medida que se vayan presentando los resultados.

En el primer apartado se presentan los métodos y los resultados obtenidos en el desarrollo de nuevas ecuaciones para predecir la MLG por BIA. En el segundo apartado se hace lo propio pero, en este caso, con ecuaciones para predecir la MG por antropometría.

V.3.1. Desarrollo de ecuaciones para la predicción de masa libre de grasa por bioimpedancia eléctrica.

Con la finalidad de obtener ecuaciones de predicción de masa MLG por BIA, propias y validadas, se utilizó como patrón la medición de agua corporal total con una dilución isotópica de deuterio.

A continuación se describen los pasos seguidos para la obtención de la ecuación de predicción o modelo para BIA utilizando las variables peso corporal (P), índice de resistencia (IR) y talla (T).

V.3.1.1. Paso 1: control de outliers.

De entre los 152 niños estudiados se identificaron y eliminaron de la base de datos 12 outliers metodológicos, que correspondieron a errores en la determinación de deuterio en la saliva, probablemente por no haber alcanzado el tiempo de equilibrio. Para corroborar que se haya alcanzado el equilibrio se utiliza el método de Wells. Cuando los valores de agua por deuterio y por Wells difieren significativamente, se descarta el registro de agua total por deuterio porque se asume que podría haber un problema de equilibrio en la distribución de deuterio corporal.

V.3.1.2. Paso 2: aleatorización de la muestra.

Aleatorización de la muestra utilizando la función *Aleatorización* de Excel.

V.3.1.3. Paso 3: control de outliers de las variables.

Para mantener la distribución lo más cercana a la normalidad, se identificaron y eliminaron los outliers de la regresión para cada variable. Se calcularon la mediana y el rango

intercuartilo, tomando como parámetro el percentilo 25 y el percentilo 75, mínimo y máximo respectivamente. Se utilizó la fórmula: Mediana \pm 2 *(rango intercuartilo). Se eliminaron 3 outliers de IR y 3 de peso.

V.3.1.4. Paso 4: división de la muestra.

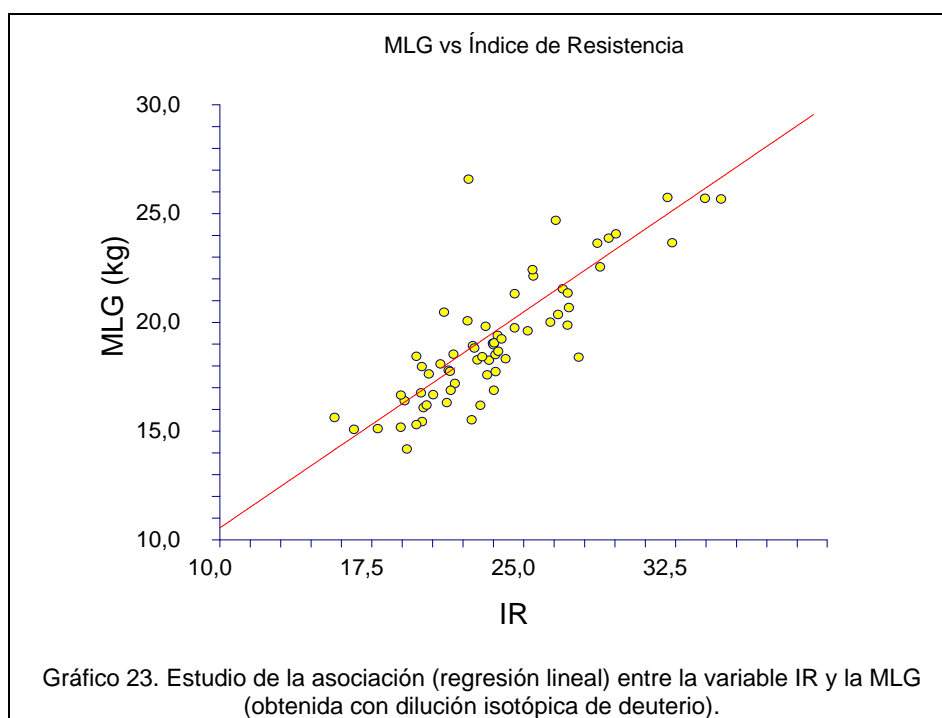
La muestra se dividió aleatoriamente en dos partes iguales, una para la obtención del modelo (base A) y otra para la validación (base B).

V.3.1.5. Paso 5: estudio de la asociación de las variables con la MLG.

Se buscó la asociación entre las variables y la MLG. Las variables que mostraron asociación se consideraron potencialmente útiles para obtener la ecuación.

Asociación con el índice de resistencia IR.

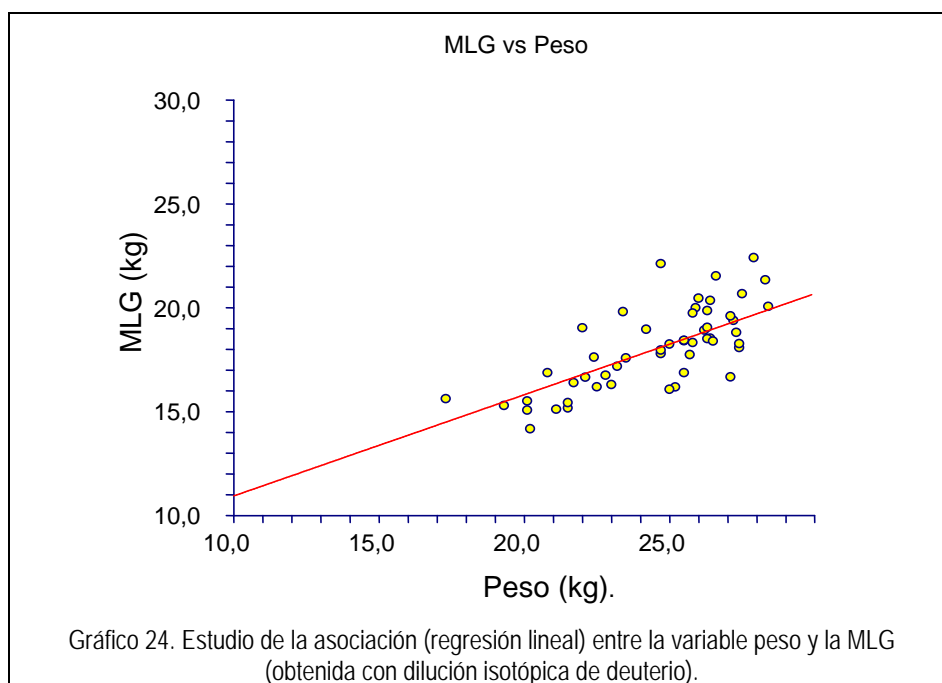
Cuando se aplica regresión lineal se observa que el intervalo de confianza de la pendiente no pasa por cero, por lo cual hay una asociación que es significativa según el test t ($r = 0,8330$; $p < 0,00001$; IC: 0,5281-0,7380)



Para conocer si la distribución del IR es normal se aplicó el test de Shapiro Wilk que no rechazó la normalidad, lo que supone que la relación entre MLG y el IR seguiría una distribución normal.

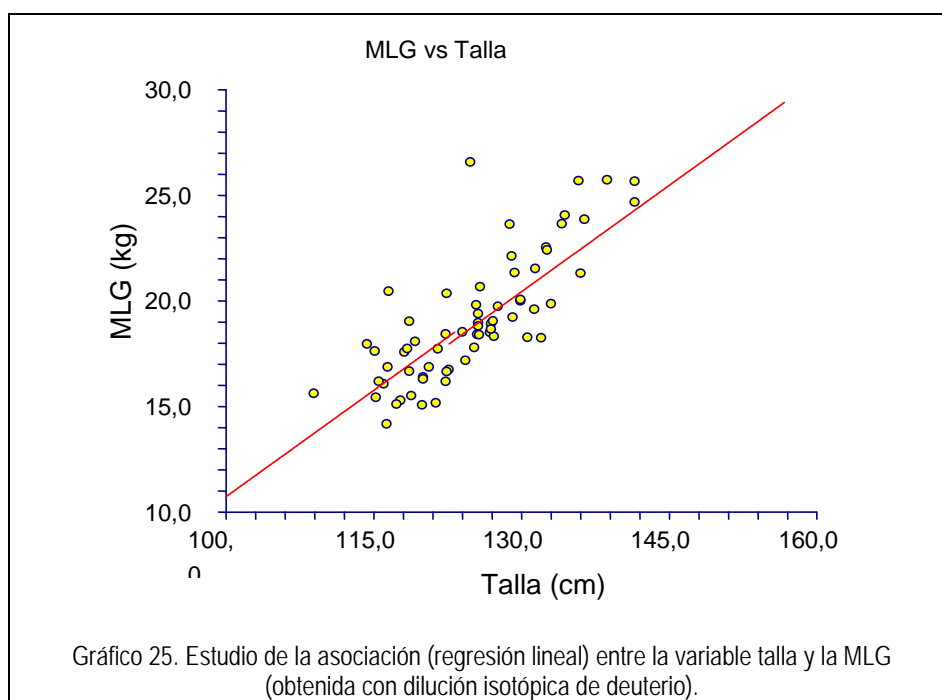
Asociación con el peso

Se procedió de idéntica manera que con el IR y se obtuvieron los siguientes resultados. Cuando se aplica regresión lineal se observa que el intervalo de confianza de la pendiente no pasa por cero, por lo cual hay una asociación que es significativa según el test t ($r = 0,87140$; $p < 0,00001$; IC $0,418281-0,55500$). En este caso el test de normalidad de Shapiro Wilk rechazó la normalidad lo que indica que la relación entre la MLG y el peso no seguiría una distribución normal.



Asociación con la talla.

Se procedió de igual manera que con el IR y el peso y se obtuvieron los siguientes resultados. Cuando se aplica la regresión lineal se observa que el intervalo de confianza de la pendiente no pasa por cero, por lo cual hay una asociación que es significativa según el test t ($r = 0,7936$; $p < 0,00001$; IC $0,2713-0,3998$). En este caso el test de normalidad de Shapiro Wilk no rechazó la normalidad lo que indica que la relación entre la MLG y la talla seguiría una distribución normal.



Así pues, los análisis muestran asociación de la MLG con el IR, la talla y el peso, por lo que estas variables serán utilizadas para la elaboración de los modelos de predicción de MLG.

V.3.1.6. Paso 6: obtención de los modelos o ecuaciones de predicción.

Para ello se probaron 3 modelos distintos.

Modelo bivariado de predicción de MLG en función del peso e IR.

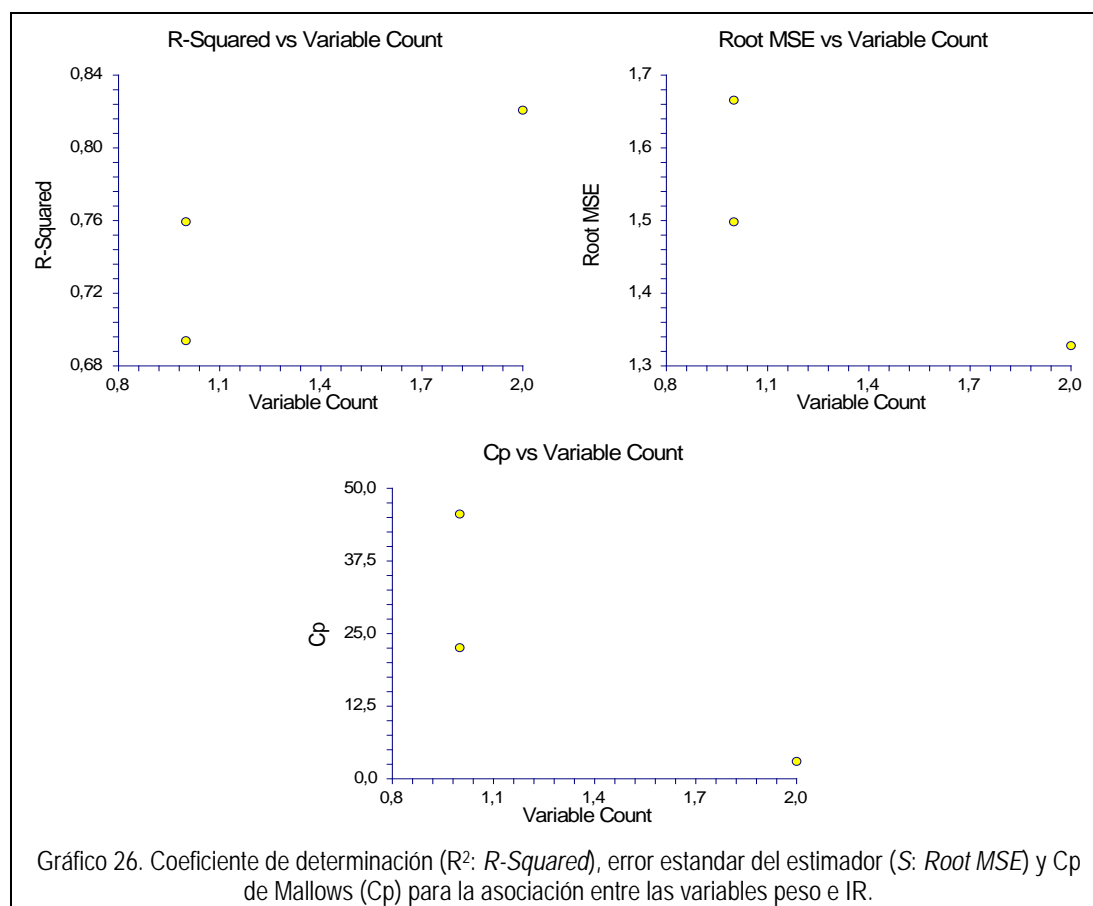
Al aplicar el “método de todas las posibles regresiones” e introducir la variable P más la variable IR se observa que aumenta el R^2 (coeficiente de determinación) y baja el error estándar del estimador (S). Es importante mencionar que se puede obtener una buena ecuación con R^2 bajo, pero a condición de obtener un S lo más bajo posible (error estándar del estimador).

Otro parámetro útil que se obtiene a partir de este método es el valor del C_p de Mallows, que debe ser lo más cercano al número de variables más uno. El valor mínimo de C_p está vinculado no sólo con el valor mínimo de error sino también con el sesgo que se quiera evitar.

Tabla 9. Parámetros del método de todas las posibles regresiones.

Tamaño del modelo	R ²	S	Cp	Variables del modelo
1	0,759340	1,473005	22,569507	A (peso)
1	0,693897	1,661252	45,566331	B (IR)
2	0,820720	1,281408	3,000000	AB

La Tabla 9 muestra los parámetros que permiten determinar cuáles son las mejores asociaciones entre variables. Se observa que cuando se trabaja con una sola variable el R² es relativamente bajo, el S es alto y, sobre todo, el Cp es muy alto. En cambio cuando se ingresan las dos variables P e IR juntas, el Cp baja al valor deseable de 3 (2 variables más 1). Esto indica que la combinación de estas dos variables es la mejor para ingresarlas al modelo.



Se observa que en el modelo bivariado aumenta el R^2 y paralelamente baja el S y se obtiene un C_p de 3. Esto también se observa en los gráficos, cuando entran ambas variables.

Cuando se realiza el análisis de regresión múltiple el test de Shapiro Wilk rechaza la normalidad. A partir de ahí, se identificaron 3 outliers de la regresión y se volvió repetir el análisis. El número de sujetos pasó de 66 a 63.

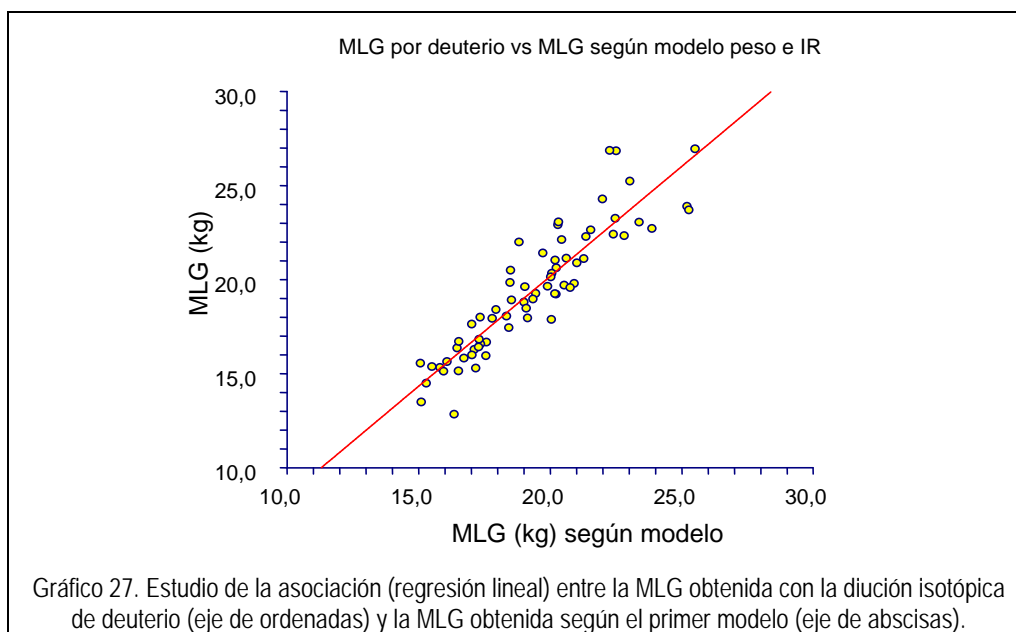
Primer modelo obtenido para bioimpedancia.

$$\text{MLG (kg)} = 3,6036 + 0,3564 (\text{Índice de Resistencia}) + 0,2628 (\text{Peso})$$

El modelo cumple con el test de normalidad de Shapiro Wilk, lo que quiere decir que aún cuando la muestra es pequeña la masa libre de grasa obtenida por este modelo sigue una distribución normal.

Validación del primer modelo.

El paso siguiente fue realizar la validación del modelo obtenido en la base A utilizando la base B ($n = 68$) cuyo gráfico de regresión lineal se presenta a continuación.



Los valores de regresión obtenidos en la validación fueron: $r = 0,9068$; $R^2 = 0,8223$, b (pendiente) = 1,1682; y el valor de intercepto = -3,1961. Si bien r , R^2 y b son adecuados, el

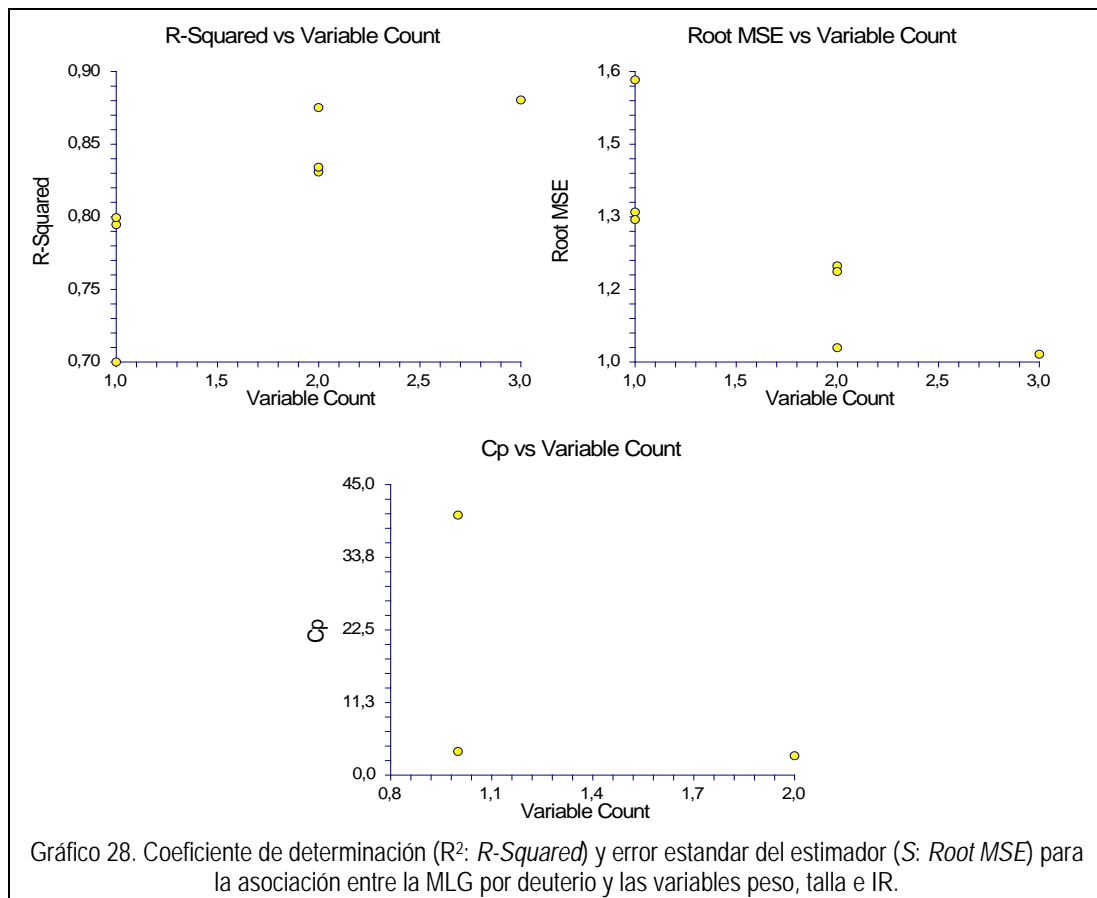
valor de intercepto es elevado. El valor del intercepto (valor estimado de la MLG obtenida por deuterio, cuando la MLG obtenida por el modelo es cero) es -3,1961. Lo cual implicaría una desviación de 3,2 kg si se aplicara el modelo. Por esta razón se procedió a desarrollar otro modelo utilizando IR, P y T.

Modelo multivariado de predicción de MLG en función de la talla, el peso y el IR.

Para la obtención del modelo con peso, IR y talla se siguieron los mismos pasos que en el modelo anterior.

Tabla 10. Parámetros del método de todas las posibles regresiones para las variables peso, talla e IR.

Tamaño del modelo	R ²	S	Cp	Variables del modelo
1	0,799431	0,294229	39,964571	C (IR)
1	0,794589	,309757	42,353564	A (Peso)
1	0,700005	1,582836	89,023026	B
2	0,875153	1,029574	4,601937	AC
2	0,834091	1,18687	24,862560	BC
2	0,830826	1,198493	26,473734	AB
3	0,880426	1,016099	4,000000	ABC



La Tabla 10 y Gráfico 28 el muestran como a medida que se incorporan las variables aumenta el R^2 , disminuye el error y el Cp se acerca a $n+1$.

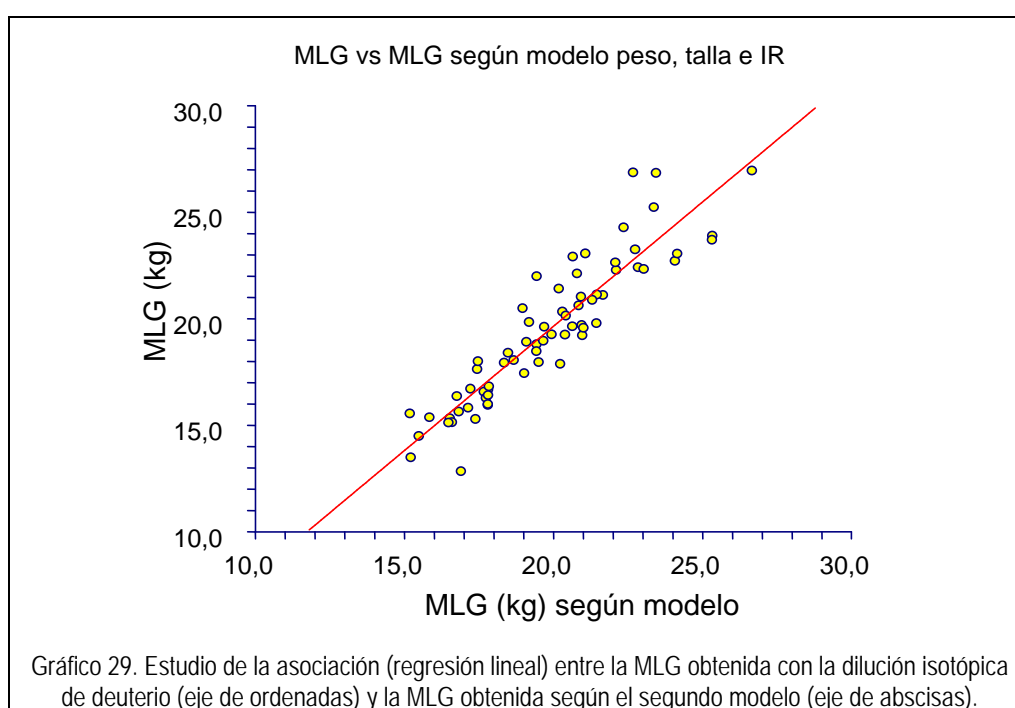
Segundo modelo obtenido para bioimpedancia.

$$\text{MLG (kg)} = -1,4016 + 0,3116 (\text{Índice de Resistencia}) + 0,2288 (\text{Peso}) + 0,0557 (\text{Talla})$$

En este caso el test de Shapiro Wilk no rechaza la normalidad.

Validación del segundo modelo.

La validación del modelo en la base B se muestra en el siguiente gráfico.



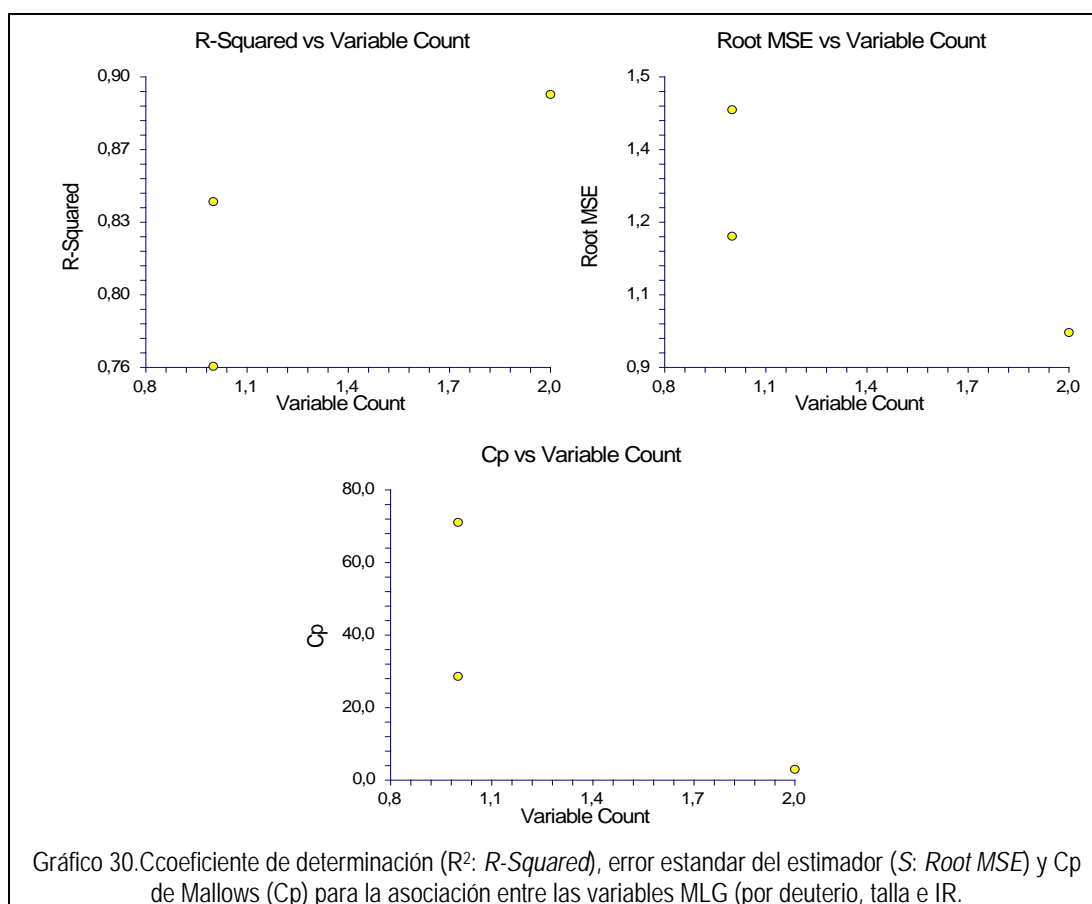
Los valores de regresión obtenidos en la validación fueron: $r = 0,9156$; $R^2 = 0,8384$, $b = 1,1657$ y el valor de intercepto = $-3,6753$. Si bien la correlación de la regresión y el R^2 , así como la pendiente son adecuados, el valor de intercepto vuelve a ser elevado, como en el caso del modelo 1. El valor del intercepto, que es el valor estimado de la MLG por deuterios (kg) cuando la MLG obtenida por el modelo es cero, es $-3,6753$. Lo cual implicaría una desviación de 3,7 kg si se aplicase el modelo. Esta desviación obligó a desarrollar un tercer modelo utilizando la talla y el IR. El modelo se muestra a continuación.

Modelo bivariado de predicción de MLG en función de la talla y el IR.

Para el tercer modelo se procedió de igual manera que en los dos anteriores. Se buscó la asociación entre las variables y se obtuvieron los parámetros de regresión que se observan en la Tabla 11.

Tabla 11. Parámetros del método de todas las posibles regresiones para las variables talla e IR.

Tamaño de modelo	R ²	S	Cp	Variables del Modelo
1	0,839920	1,171074	28,623775	B(IR)
1	0,760549	1,432270	71,078144	A (Talla)
2	0,891565	0,9721051	3,000000	AB



La Tabla 11 y el Gráfico 30 muestran como a medida que se incorporan las variables aumenta el R^2 , disminuye el error y el Cp se acerca a $n+1$.

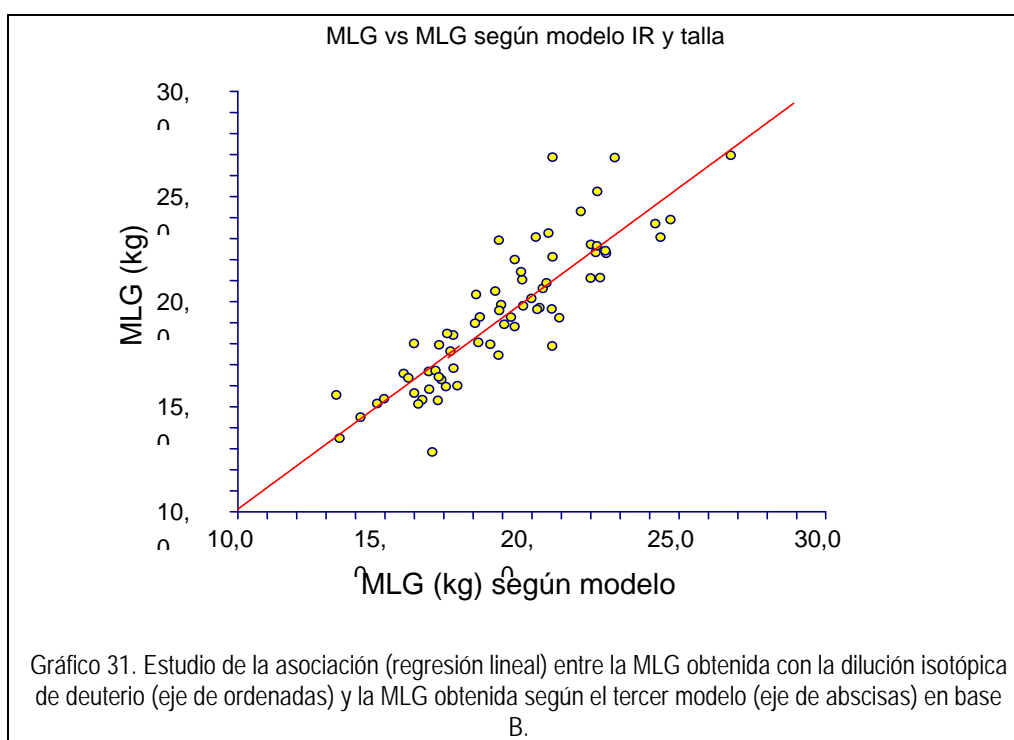
Tercer modelo obtenido para bioimpedancia.

$$\text{MLG (kg)} = -12,3361 + 0,4572 (\text{IR}) + 0,1637 (\text{Talla})$$

En este caso el test de Shapiro Wilk tampoco rechaza la normalidad.

Validación del tercer modelo.

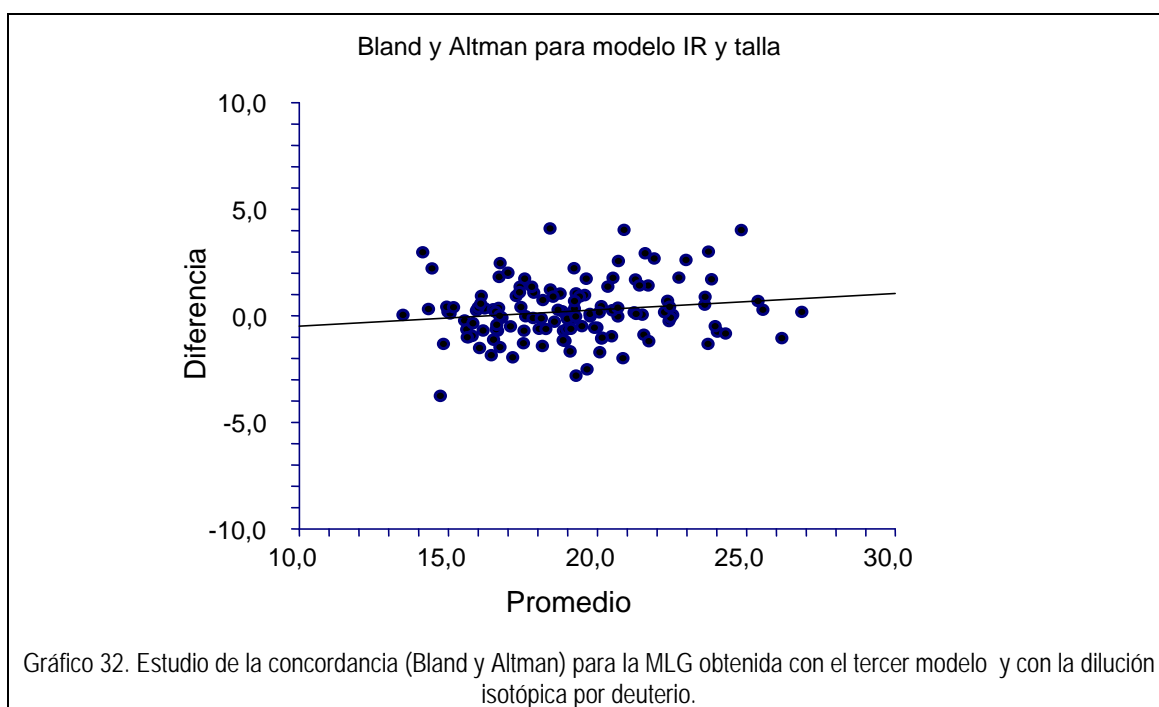
La validación del modelo en la base B se muestra en el siguiente gráfico.



Los valores de regresión obtenidos en la validación fueron: $r = 0,8714$; $R^2 = 0,75934$; $b = 1,0293$, y el intercepto = $-0,1691$. La r y el R^2 , así como la pendiente (b) son adecuados, y el valor de intercepto en el caso de este modelo es bajo. El valor del intercepto, que como se dijo, es el valor estimado de la MLG (por deuterio) cuando la MLG obtenida por el modelo es cero, es $-0,1691$. Lo cual implicaría una desviación de 170 gramos cuando se aplica el modelo obtenido utilizando IR y talla.

El paso siguiente en la validación fue calcular la correlación de concordancia (r_c) que es un índice desarrollado para evaluar la reproductibilidad de un test. Para el caso de la ecuación obtenida la $r_c = 1,0210$, lo que confirma la reproductibilidad.

Finalmente se evaluó la concordancia entre métodos utilizando para ello el test de Bland y Altman, cuyos resultados se muestran en el Gráfico 32.



El análisis de la regresión arrojó un valor no significativo ($p = 0,06$). El intervalo de confianza se situó entre $-2,47$ y $2,89$. El resultado del test de Bland y Altman muestra que el modelo obtenido no presenta un sesgo significativo.

En definitiva, el análisis estadístico realizado permite validar el tercer modelo para estimar la MLG por BIA, de acuerdo con la ecuación propuesta:

$$\text{MLG (kg)} = -12,3361 + 0,4572 (\text{IR}) + 0,1637 (\text{Talla})$$

V.3.2. Desarrollo de ecuaciones de predicción de masa grasa por antropometría.

Para la desarrollar el modelo antropométrico (ecuación de predicción de masa grasa) se procedió de manera similar al modelo para BIA y se obtuvieron los siguientes resultados.

V.3.2.1. Paso 1: control de outliers.

A partir de una base general de 152 niños evaluados se procedió a identificar outliers metodológicos identificándose 12 registros y se procedió a su eliminación de la base de datos.

V.3.2.2. Paso 2: aleatorización de la muestra.

Aleatorización de la muestra utilizando la función *Aleatorización* de Excel.

V.3.2.3. Paso 3: control de outliers de las variables.

Para identificar outliers se procedió a calcular la mediana y el rango intercuartilo tomando como parámetro el percentilo 25 y el percentilo 75, mínimo y máximo respectivamente. De esta manera el rango intercuartilo se obtiene como la diferencia entre el percentilo 75 y el 25. Se utilizó la fórmula: $\text{Mediana} \pm 2 * (\text{rango intercuartilo})$.

Este procedimiento se realiza para mantener la distribución de las variables lo más cercana a la normal. Se eliminaron outliers de peso, de perímetro de cintura y de pliegues cutáneos, quedando una base A para la obtención del modelo con 62 registros.

V.3.2.4. Paso 4: división de la muestra.

La muestra se dividió en dos partes iguales, una para la obtención del modelo (base A) y otra para la validación (base B).

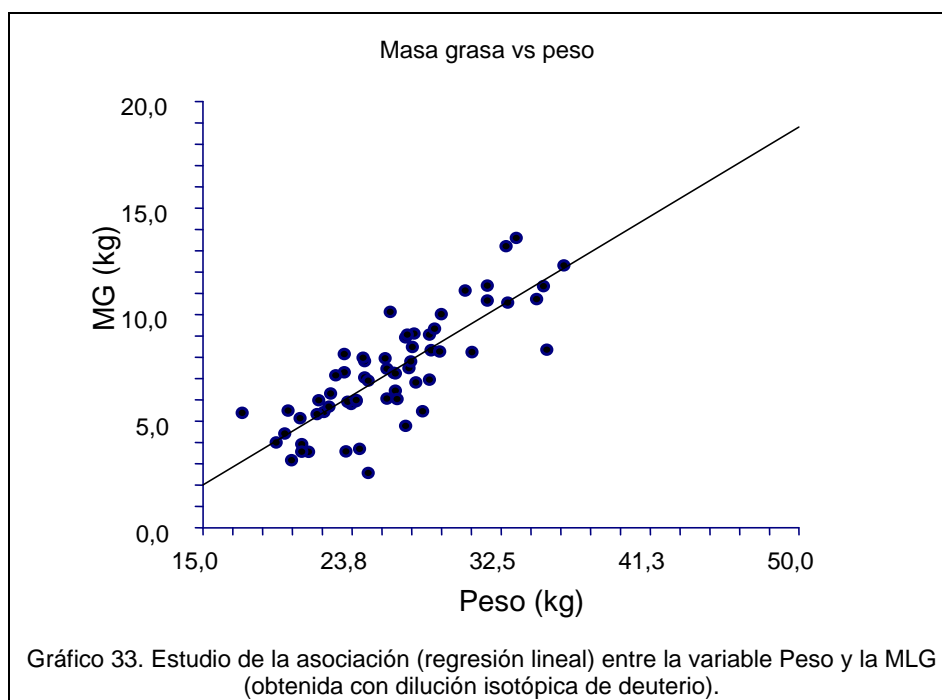
V.3.1.5. Paso 5: estudio de la asociación de las variables con la MG.

Se buscó asociación entre diferentes variables y MG. Las variables que muestran asociación se consideraron potencialmente útiles para obtener la ecuación.

Asociación de la masa grasa con el peso.

Cuando se aplica regresión lineal entre la MG por deuterio y el peso se observa que el intervalo de confianza de la pendiente no pasa por cero, por lo cual hay una asociación que es

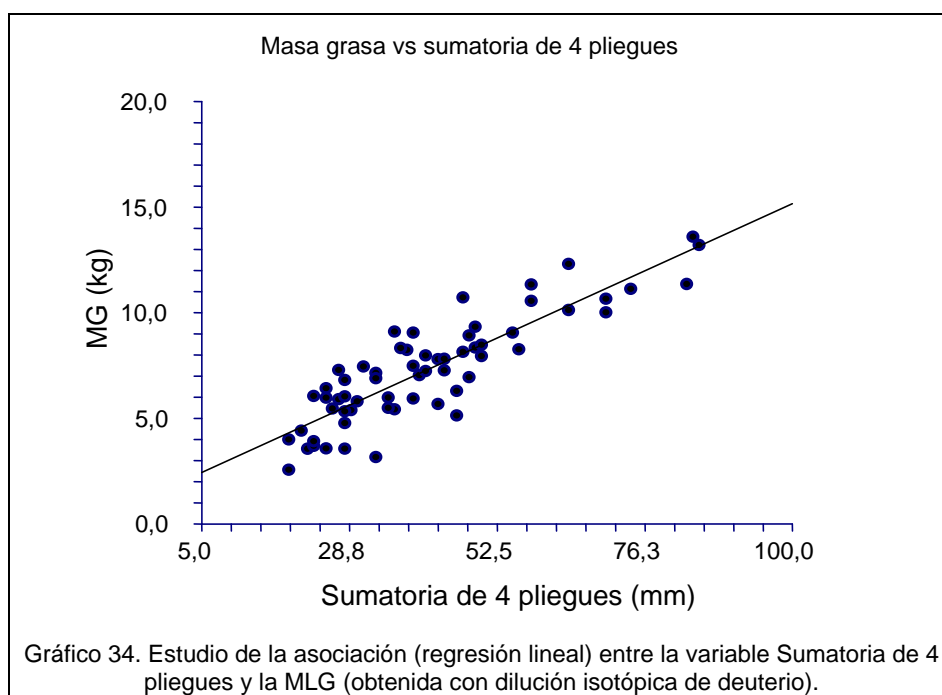
significativa según el test t ($r = 0,8160$; $p < 0,00001$; IC: $0,3958 - 0,56410$). Se muestran en el Gráfico 33.



Para conocer si la distribución del peso es normal se aplicó el test de Shapiro Wilk que no rechazó la normalidad, lo que supone que la relación entre la MG y el peso seguiría una distribución normal.

Asociación de la masa grasa con la sumatoria de 4 pliegues.

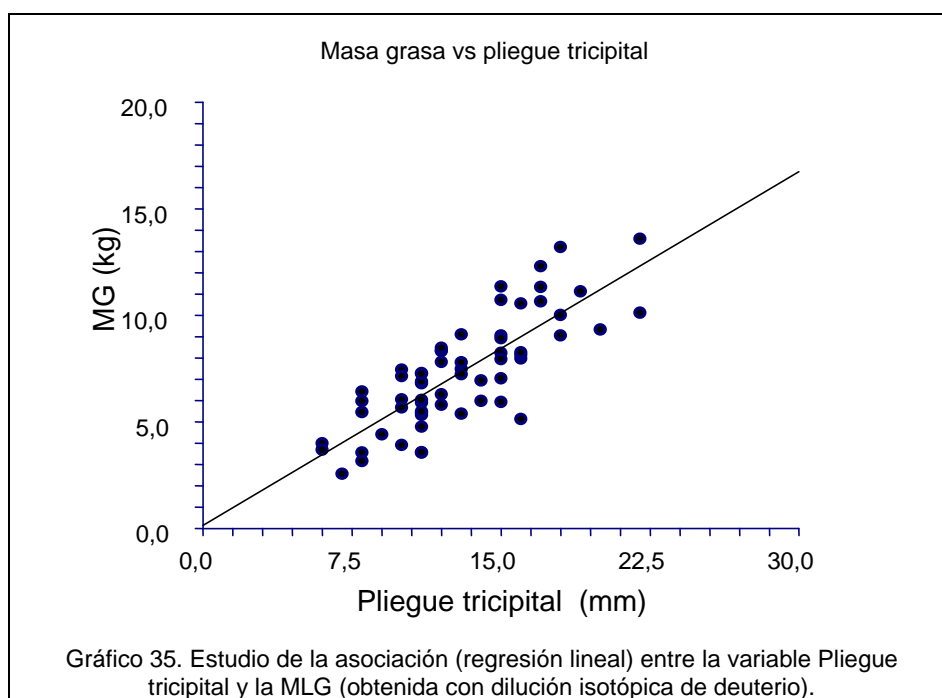
Se procedió de idéntica manera que con el modelo de BIA. Cuando se aplica regresión lineal se observa que el intervalo de confianza de la pendiente no pasa por cero, por lo cual hay una asociación que es significativa según el test t ($r = 0,8715$; $p < 0,00001$; IC: $0,1153 - 0,1526$). Se muestra en el Gráfico 34.



En este caso el test de Shapiro Wilk rechazó la normalidad, lo que indica que la relación entre la MG y la sumatoria de 4 pliegues no seguiría una distribución normal.

Asociación de la masa grasa con el pliegue tricipital.

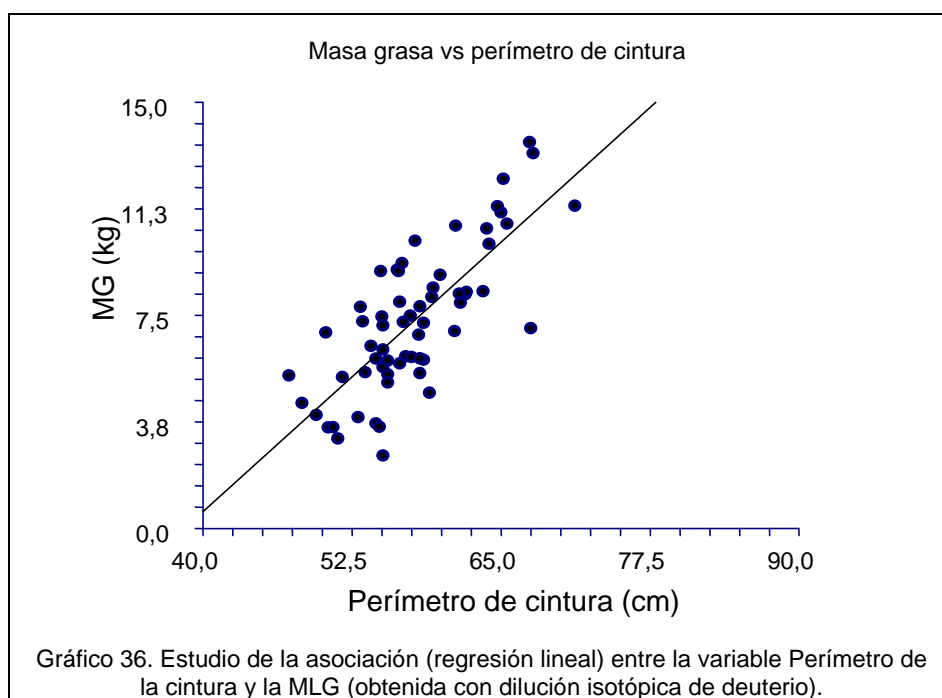
Cuando se aplica regresión lineal se observa que el intervalo de confianza de la pendiente no pasa por cero, por lo cual hay una asociación que es significativa según el test t ($r = 0,8026$; $p < 0,00001$; IC: $0,45153 - 0,6551$). El resultado se puede observar en el Gráfico 35.



En este caso el test de Shapiro Wilk no rechazó la normalidad lo que indica que la relación entre la MG y el pliegue del tríceps seguiría una distribución normal.

Asociación de la masa grasa con el perímetro de cintura.

Se procedió de igual manera que con las variables. Cuando se aplica regresión lineal se observa que el intervalo de confianza de la pendiente no pasa por cero, por lo cual hay una asociación que es significativa según el test t ($r = 0,7644$; $p < 0,00001$; IC: 0,3002 – 0,4585). El resultado se puede observar en el gráfico 36.



El test de Shapiro Wilk rechazó la normalidad, lo que indica que la relación entre la MG y el perímetro de cintura no seguiría una distribución normal.

En conclusión, los análisis mostraron asociación de la MG con el peso, la sumatoria de pliegues, el pliegue tricípital y el perímetro de la cintura, por lo que estas variables fueron utilizadas en la elaboración de los modelos de predicción de MG.

V.3.2.6. Paso 6: obtención de los modelos o ecuaciones de predicción.

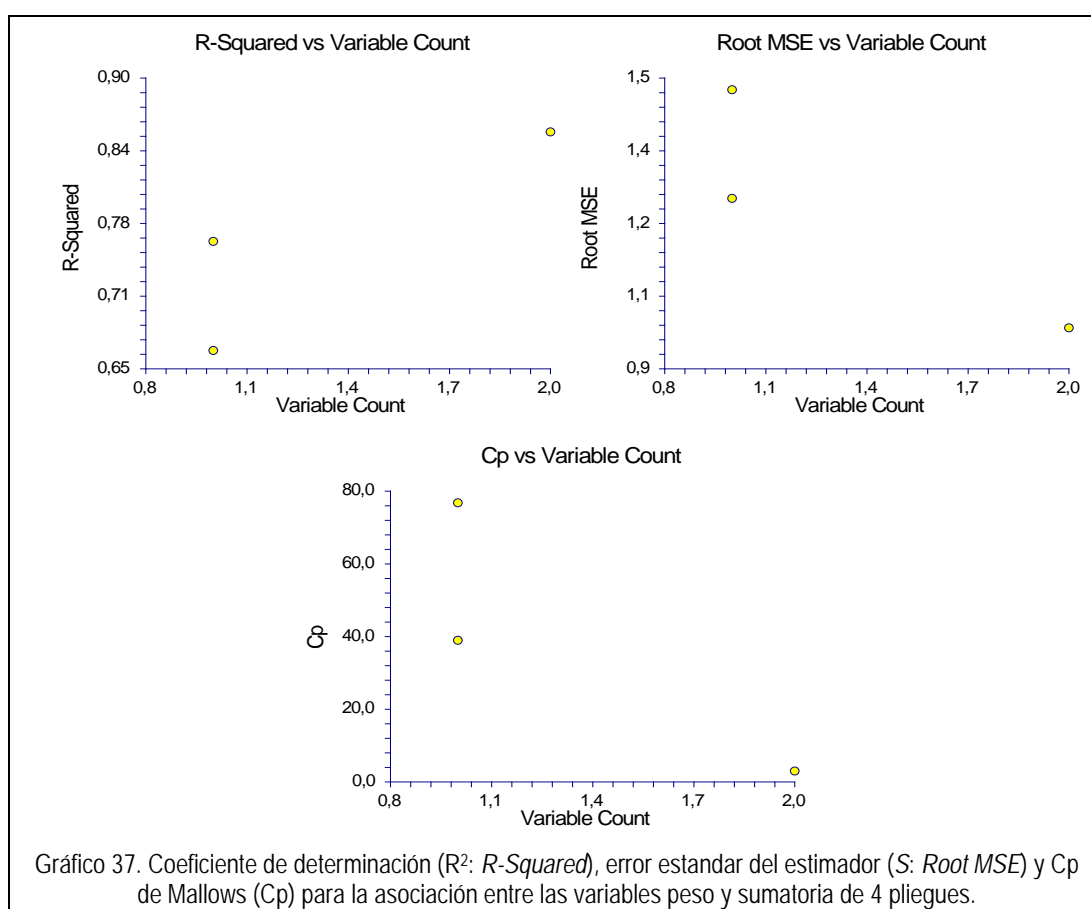
Se probaron varios modelos diferentes ingresando combinaciones de variables como peso, talla, pliegue tricípital, sumatoria de cuatro pliegues y perímetro de cintura.

Modelo bivariado de predicción de MG en función del peso y la sumatoria de 4 pliegues cutáneos.

La Tabla 12 muestra los parámetros que permiten determinar cuáles son las mejores asociaciones entre variables. Se observa que cuando se trabaja con una sola variable el R^2 es relativamente bajo, el S es alto y, sobre todo, el C_p es muy alto. En cambio cuando se ingresan las dos variables, peso y sumatoria de 4 pliegues o peso y pliegue de tríceps, el C_p baja considerablemente. Esto determina que la combinación de estas dos variables sería la mejor para incorporarlas al modelo.

Tabla 12. Parámetros del método de todas las posibles regresiones para las variables sumatoria de 4 pliegues, peso y pliegue tripital.

Tamaño del modelo	R ²	S	Cp	Variables del modelo
1	0,759562	1,251858	53,495571	G (SUMA_4PL)
1	0,665790	1,47592	96,979185	A (Peso)
1	0,644161	1,522931	107,009134	D (PL_TRI)
2	0,853717	0,9846922	11,834338	AG
2	0,838935	1,033246	18,688963	AD
3	0,875075	0,9177826	3,930090	ADG



El C_p correspondiente a las variables analizadas es elevado, pero cuando se probó el ingreso de más variables tampoco mejoró y tampoco mejoró el R^2 , lo cual permite tomar la decisión de desarrollar el modelo con las variables peso y sumatoria de 4 pliegues sin necesidad de incorporar un mayor número de ellas, lo que haría más compleja y menos aplicable la ecuación.

Se observa que en el modelo bivariado aumenta el R^2 y paralelamente baja el S y se obtiene un C_p de 18,68. Esto también se observa en los gráficos, cuando entran ambas variables. Cuando se incorporan en el modelo las variables peso, pliegue tricípital y sumatoria de 4 pliegues, el C_p es de 3,93, lo cual mejora desde el punto de vista estadístico.

Primer modelo obtenido para antropometría.

En este modelo se utilizaron como variables la sumatoria de 4 pliegues y el peso. Y se obtuvieron los resultados recogidos en la Tabla 13.

Tabla 13. Parámetros del método de todas las posibles regresiones para las variables sumatoria de 4 pliegues y peso.

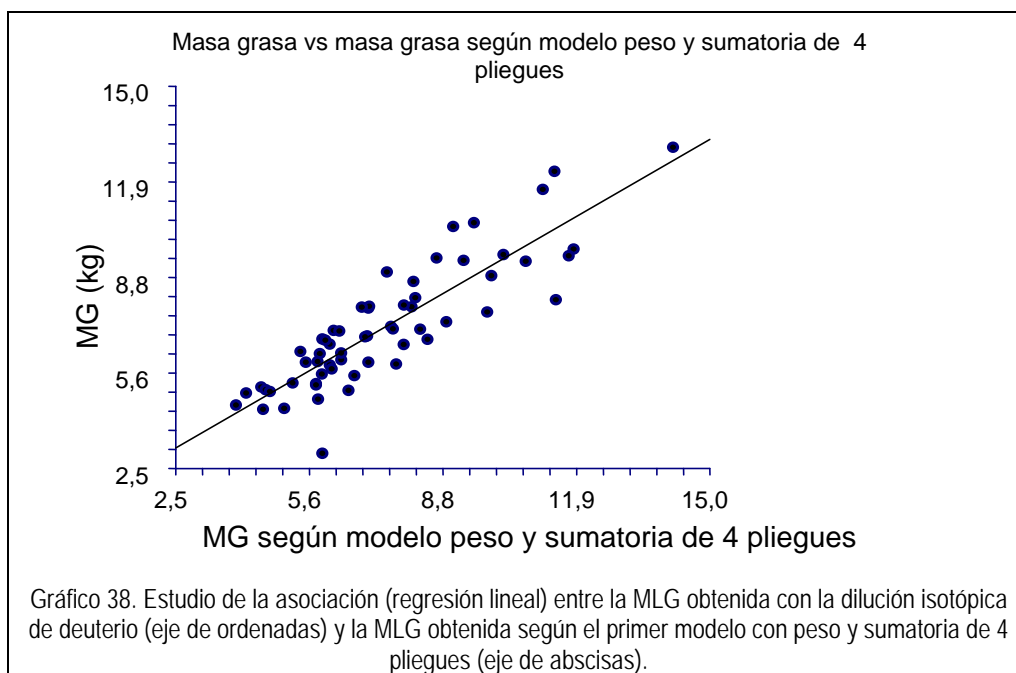
Tamaño del modelo	R^2	S	C_p	Variables del modelo
1	0,759586	1,251795	38,968637	B (SUMA_4PL)
1	0,665790	1,47592	76,800175	A (Peso)
2	0,853721	0,9846756	3,000000	AB

$$MG \text{ (kg)} = -3,2120 + 0,2829 \text{ (Peso)} + 0,0796 \text{ (Sumatoria de 4 pliegues)}$$

El modelo cumple con el test de normalidad de Shapiro Wilk, es decir que no se rechaza la posibilidad de que la distribución de la grasa evaluada por esta ecuación siga una curva normal. El R^2 fue de 0,9143 y el S de 0,7388.

Validación del primer modelo.

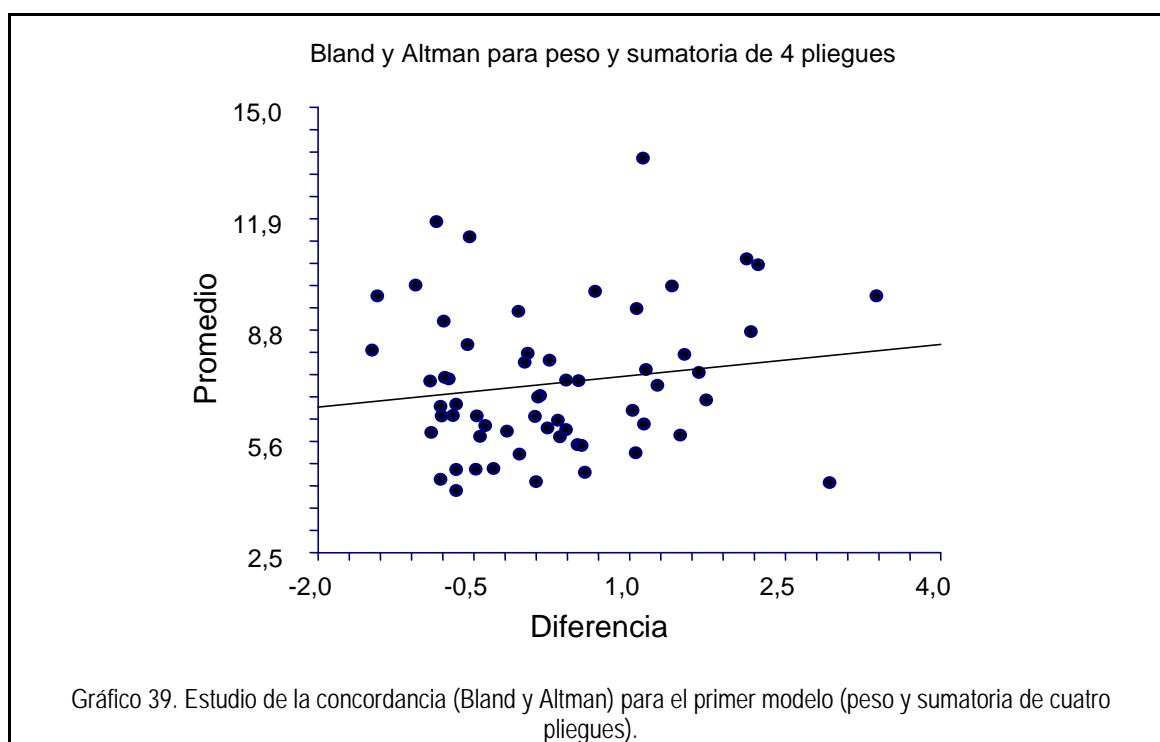
El paso siguiente fue realizar la validación del modelo obtenido en la base A utilizando la base B ($n = 60$) cuyo gráfico de regresión lineal se presenta a continuación.



Los valores de regresión obtenidos en la validación fueron: $r = 0,8717$; $R^2 = 0,7598$; $b = 0,8071$ y el valor de intercepto = $1,1577$. Éste último implicaría una desviación de $1,2$ kg si se aplicara el modelo.

La correlación de concordancia (r_c) de la ecuación obtenida es $0,7861$, lo que significaría que la validación del primer modelo es correcta y su reproductibilidad es alta.

Para conocer la concordancia y el posible sesgo se realizó el test de Bland y Altman (Gráfico 39).



El análisis de la regresión arrojó un valor no significativo ($p = 0,2368$). El resultado del test de Bland y Altman muestra que el modelo obtenido no presenta sesgo.

Modelo bivariado de predicción de MG en función del peso y el pliegue tricipital.

Con el fin de mejorar los parámetros estadísticos y de obtener un modelo aplicable a diferentes condiciones clínicas y epidemiológicas se procedió a desarrollar un segundo modelo bivariado de predicción de MG en función del peso y el pliegue tricipital.

Segundo modelo obtenido para antropometría.

La asociación entre la variable MG con el peso y el pliegue tricipital se muestra en el la Tabla 12.

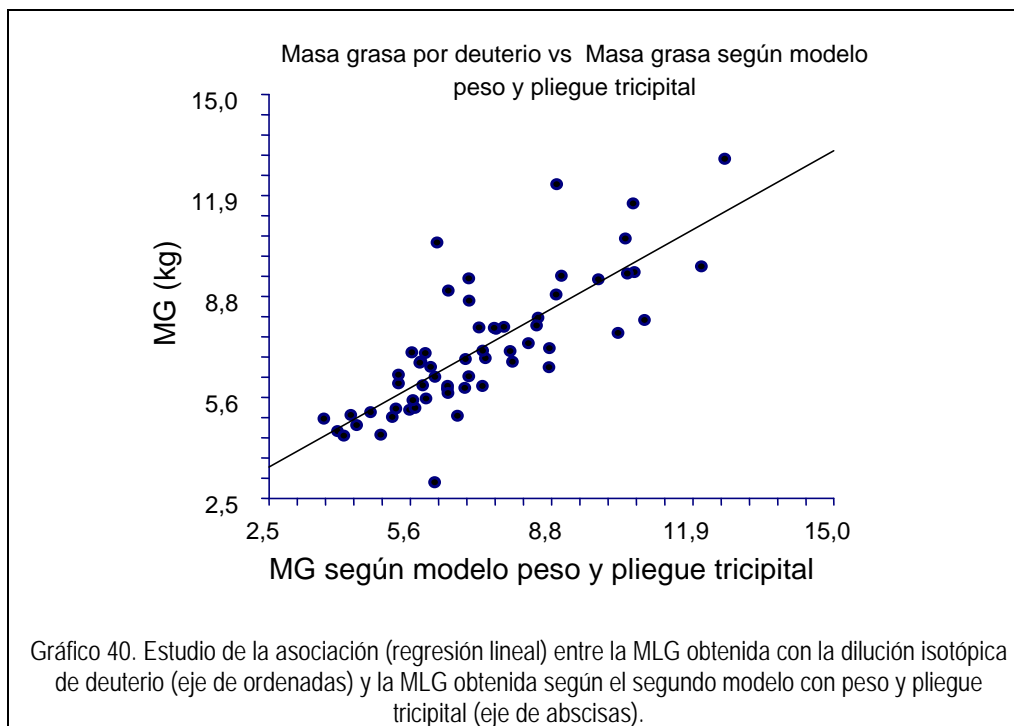
El segundo modelo antropométrico obtenido fue:

$$MG \text{ (kg)} = -4,7343 + 0,3148 \text{ (Peso)} + 0,3029 \text{ (Pliegue tricipital)}$$

El test de Shapiro Wilk no rechaza la normalidad. Nuevamente, la distribución de la MG ponderada por esta ecuación seguiría una distribución normal.

Validación del segundo modelo.

El paso siguiente fue realizar la validación del modelo obtenido en la base A utilizando la base B (n = 60) (Gráfico 40).



Los valores de regresión obtenidos en la validación fueron: $r = 0,7826$; $R^2 = 0,6125$; $b = 0,7826$ y valor de intercepto = $1,5160$. Si bien r , R^2 y b son adecuados, el valor de intercepto es moderadamente elevado, lo cual implicaría una desviación de $1,5$ kg si se aplicara el modelo.

La correlación de concordancia (r_c) de la ecuación obtenida es $0,7824$, lo que significa que la reproductibilidad del segundo modelo es alta dado que no difiere significativamente de 1.

Para conocer la concordancia y el posible sesgo se realizó el test de Bland y Altman (Gráfico 41).

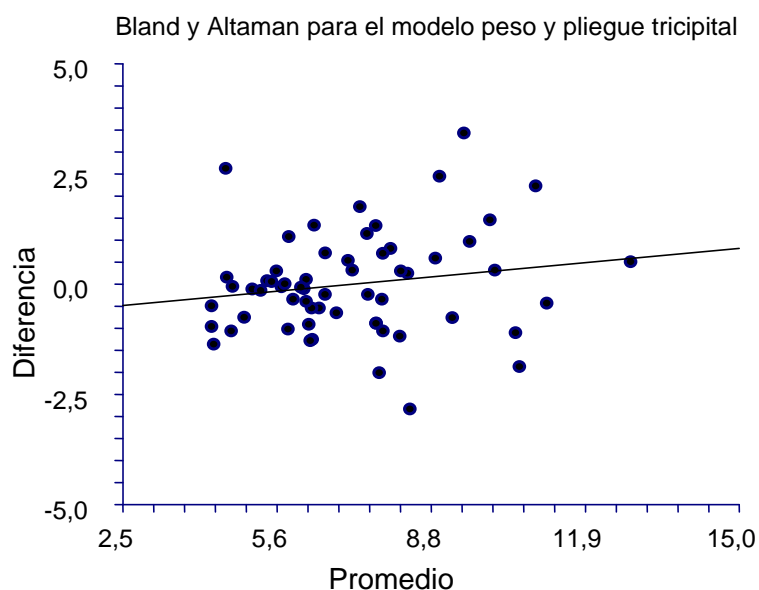


Gráfico 41. Estudio de la concordancia (Bland y Altman) para el segundo modelo (peso y pliegue tripital).

El análisis de la regresión arrojó un valor no significativo ($p = 0,1878$). El resultado del test de Bland y Altman muestra que el modelo obtenido no presenta un sesgo significativo.

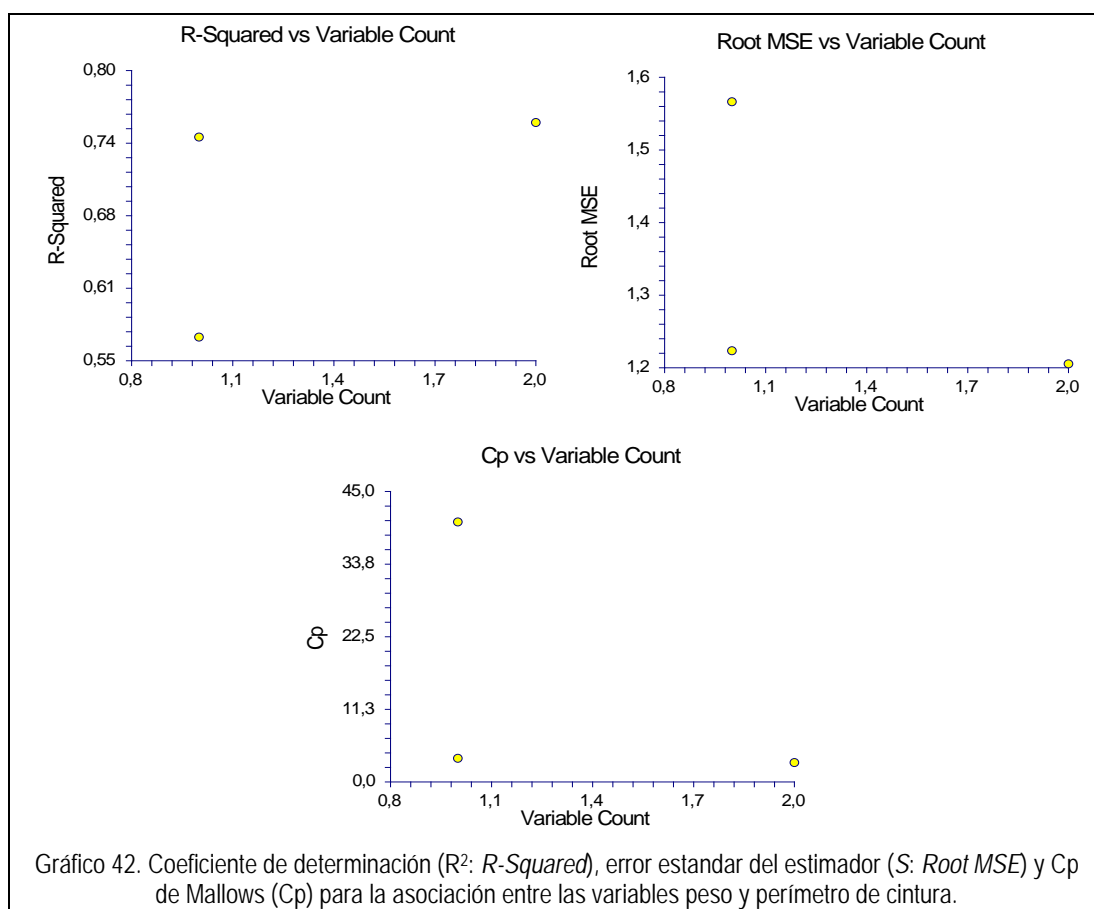
Modelo bivariado de predicción de MG en función del peso y el perímetro de la cintura.

Con el fin de mejorar los instrumentos de medición en diferentes condiciones de terreno se procedió a desarrollar un modelo bivariado de predicción de MG en función del peso y perímetro de cintura.

Tabla 14. Parámetros del método de todas las posibles regresiones para las variables peso y perímetro de cintura.

Tamaño del modelo	R ²	S	Cp	Variables del modelo
1	0,742717	1,173453	3,665478	A (Peso)
1	0,570396	1,516334	40,279016	B (PE_CIN)
2	0,755262	1,15544	3,000000	AB

La Tabla 14 muestra que la combinación de las variables peso y perímetro de cintura tiene un Cp de 3, lo que permite su utilidad en una nueva ecuación.



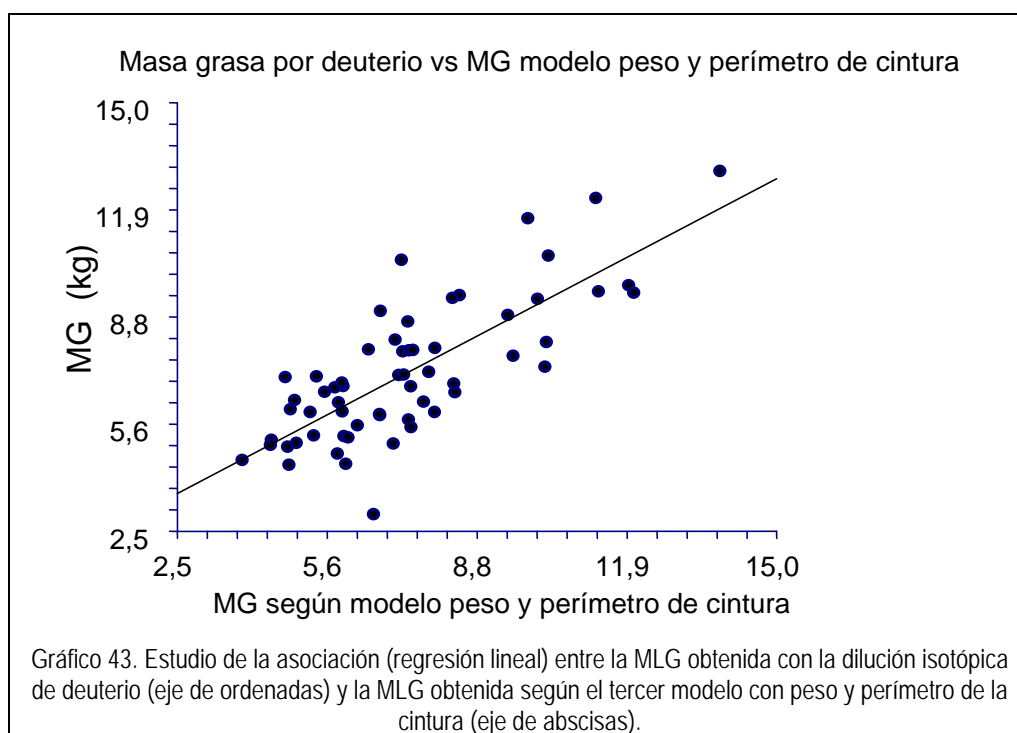
Tercer modelo obtenido para antropometría.

$$MG \text{ (kg)} = -7,8366 + 0,3942 \text{ (Peso)} + 0,0856 \text{ (Perímetro de cintura)}$$

El modelo no cumple con el test de normalidad de Shapiro Wilk, es decir que se rechaza la posibilidad de que la distribución de la grasa evaluada por esta ecuación siga una curva normal. El R^2 fue de 0,7553 y el S de 1,1554.

Validación del tercer modelo.

El paso siguiente fue realizar la validación del modelo obtenido en la base A utilizando la base B ($n = 60$) cuyo gráfico de regresión lineal se presenta a continuación.



Los valores de regresión obtenidos en la validación fueron: $r = 0,7760$; $R^2 = 0,6022$, $b = 0,7345$ y el valor de intercepto = $1,7663$, lo cual implicaría una desviación de $1,8$ kg si se aplicara el modelo.

La correlación de concordancia (r_c) de la ecuación obtenida es $0,7774$, confirmándose la reproductibilidad, dado que no difiere significativamente de 1.

Para conocer la concordancia y el posible sesgo se realizó el test de Bland y Altman (Gráfico 44).

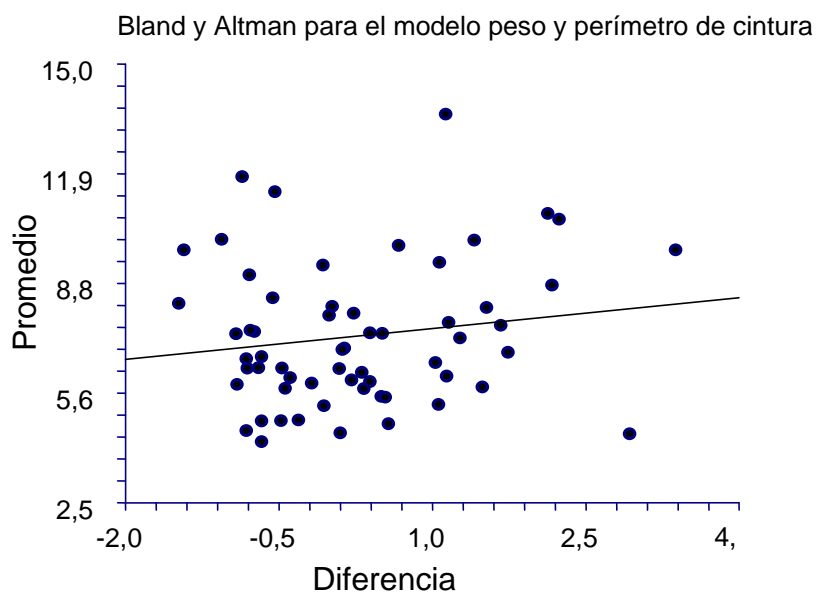


Gráfico 44. Estudio de la concordancia (Bland y Altman) para el tercer modelo (peso y perímetro de cintura).

El análisis de la regresión arrojó un valor no significativo ($p = 0,2368$). El resultado del test de Bland y Altman muestra que el modelo obtenido no presenta sesgo.

V.4. Rendimiento en el test aeróbico de 6 minutos y su relación con la masa grasa (objetivo específico 5)

Entre los principales resultados, que se muestran a continuación, destaca la asociación significativa entre el rendimiento en la prueba de 6 minutos y la recuperación de la frecuencia cardíaca en ambos sexos. También se debe resaltar que la prueba de campo aplicada resultó factible de ser utilizada en nuestro medio, dado que había escasos antecedentes al respecto. Los niños, de ambos sexos, respondieron adecuadamente a la carga que significó la prueba y no se presentaron respuestas anormales ni signos o síntomas que hicieran detener precozmente la realización del test.

La Tabla 15 muestra el rendimiento en la prueba de caminar 6 minutos para niños y niñas.

Tabla 15. Resultados del test de 6 minutos y desviaciones estándar según sexo.

Variable	Total n = 139		Varones n = 64		Mujeres n = 75		p
	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.	
Distancia	566,70	50,04	575,16	54,42	559,50	45,09	0,07
FC inicial	108,35	15,53	104,14	15,20	111,93	14,99	0,003
FC final	171,89	19,26	167,47	21,38	175,80	16,35	0,01
Diferencia FCI-FCF	63,978	16,84	64,46	17,48	63,57	16,38	0,76
FC 30"	148,92	21,34	143,03	22,07	153,06	19,94	0,02
FC 60"	133,53	19,90	127,60	19,87	138,51	18,63	0,001
FC 90"	126,39	19,63	122,73	20,21	129,47	18,72	0,04

Como era de esperar, se observó que los varones recorrieron una distancia mayor que las niñas pero la diferencia no fue estadísticamente significativa.

La FC inicial (FCI) y final (FCF) fueron estadísticamente diferentes entre chicos y chicas. También la recuperación de la FC de los varones a 30, 60 y 90 segundos fueron estadísticamente menores que los valores para las niñas. Sin embargo la diferencia de la FCF no fue estadísticamente distinta entre ambos. Esto es compatible con lo esperado según la ecuación de Karvonen (Karvonen, Kentala, & Mustala, 1957) que a igual carga de trabajo predice una mayor frecuencia cardíaca en mujeres.

Como puede observarse en el Gráfico 45, ambos sexos mostraron una respuesta similar de la FC en el intra y post esfuerzo, pero los varones siempre alcanzaron menores valores de FC, aún durante la recuperación en el corto y medio plazo. La diferencia promedio fue de 6,63% entre sexos, siempre más baja en varones. La recuperación de la FC a los 90

segundos (FC90'') fue incompleta con una diferencia promedio entre la FCI y la FC90'' de 18,8 y 17,5 latidos/minuto para niños y niñas respectivamente.

Otro resultado interesante (ver Gráfico 45) es el hecho de que la FC no se recuperó totalmente al cabo de 90 segundos post ejercicio. En términos relativos la recuperación fue del 82,9% en varones y del 84,1% en mujeres.

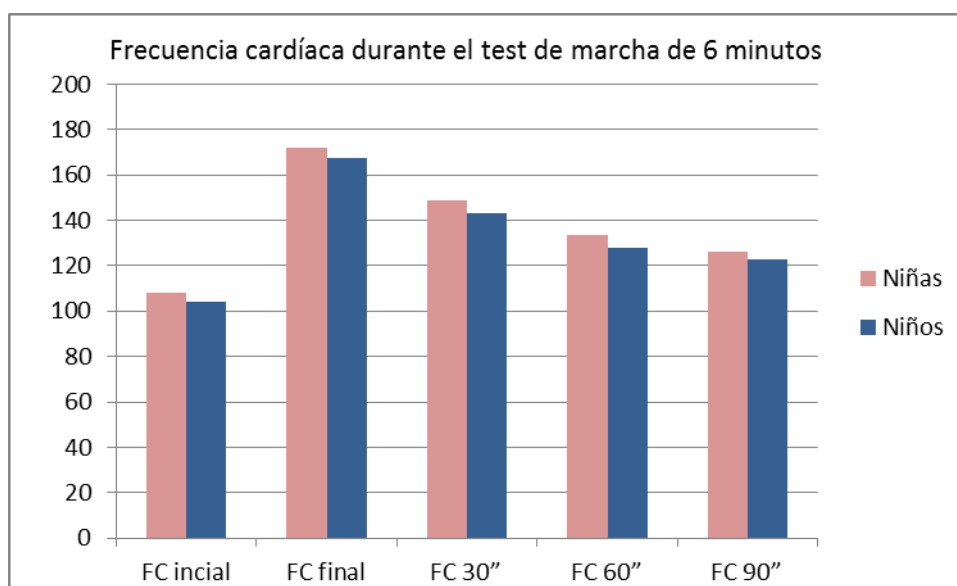


Gráfico 45. Respuesta de la frecuencia cardíaca en ambos sexos.

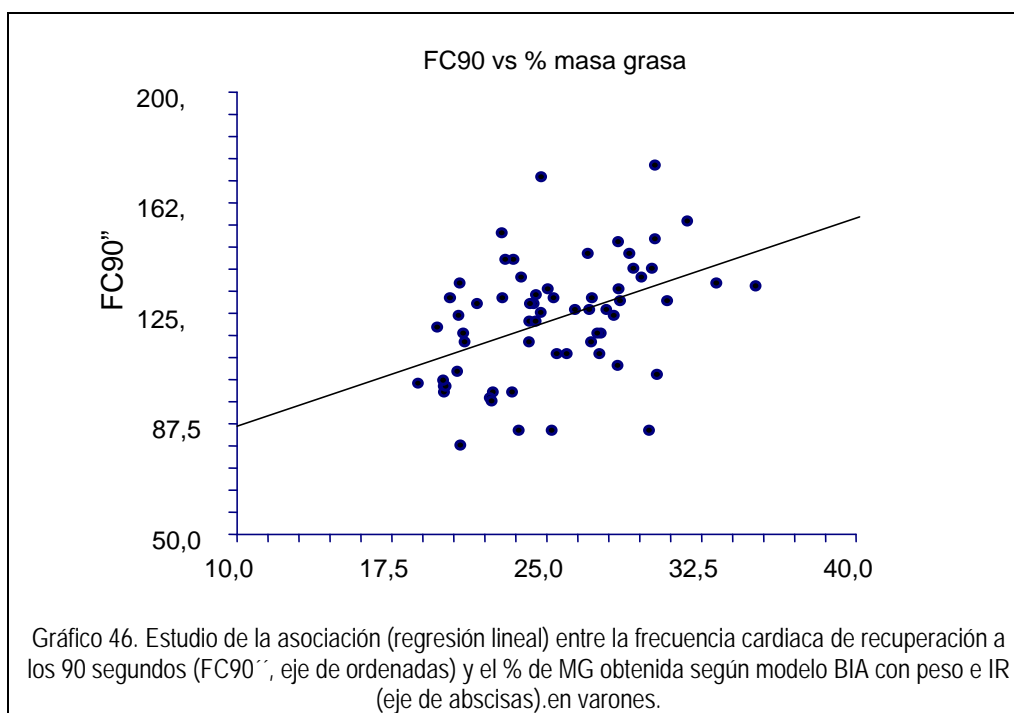
V.4.1. Asociación entre el rendimiento en el T6M y las variables antropométricas y de composición corporal.

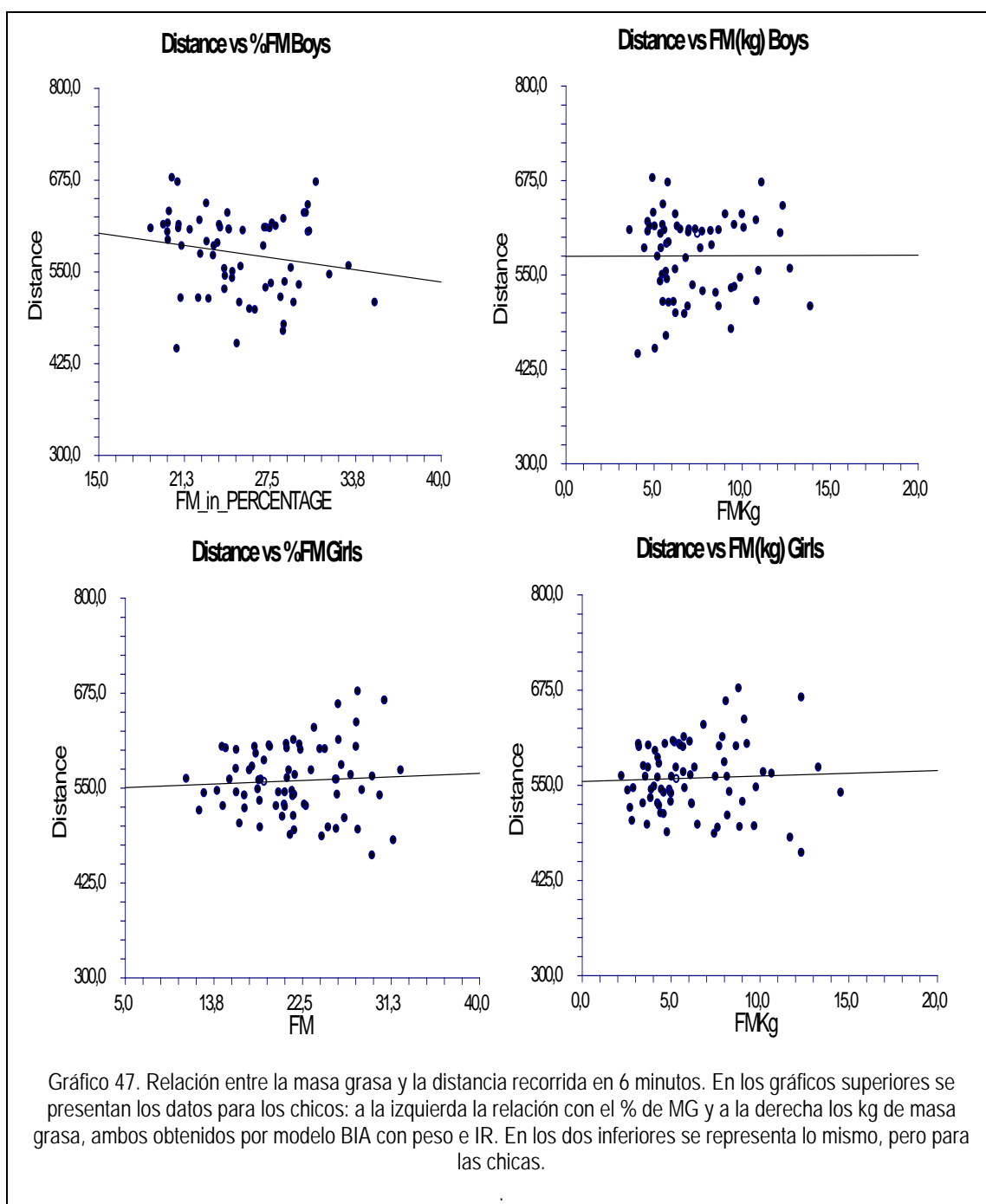
La correlación entre la distancia recorrida o la FC intra y post esfuerzo y el IMC, la MG y la MLG se analizó separadamente en varones y mujeres, debido a la diferencia observada entre sexos en el apartado V.1. Los resultados se muestran en la Tabla 16 y en los Gráficos Gráfico 46 y Gráfico 47.

Tabla 16. Correlación entre el test de 6 minutos y la composición corporal según sexo.

Variable	IMC	MG		MLG	
		%	kg	%	kg
Varones					
Distancia	NS (p = 0,10)	NS (p = 0,15)	NS (p = 0,98)	NS (p = 0,15)	NS (p = 0,11)
FC final	NS (p = 0,49)	NS (p = 0,36)	NS (p = 0,48)	NS (p = 0,36)	NS (p = 0,76)
FC90"	NS (p = 0,08)	<i>r = 0,40;</i> <i>(p = 0,001)</i>	<i>r = 0,27;</i> <i>(p = 0,03)</i>	<i>r = -0,40;</i> <i>(p = 0,001)</i>	NS (p = 0,79)
Diferencia FCF-FC90"	NS (p = 0,52)	NS (p = 0,77)	NS (p = 0,48)	NS (p = 0,77)	NS (p = 0,30)
Mujeres					
Distancia	NS (p = 0,67)	NS (p = 0,62)	NS (p = 0,72)	NS (p = 0,62)	NS (p = 0,70)
FC final	NS (p = 0,20)	NS (p = 0,06)	NS (p = 0,07)	NS (p = 0,06)	NS (p = 0,19)
FC90"	NS (p = 0,86)	NS (p = 0,30)	NS (p = 0,27)	NS (p = 0,29)	NS (p = 0,34)
Diferencia FCF-FC90"	NS (p = 0,19)	NS (p = 0,06)	NS (p = 0,14)	NS (p = 0,06)	NS (p = 0,14)

En la Tabla 16 se observa que la distancia recorrida en el T6M no guarda una asociación estadísticamente significativa con el IMC y que la MG está inversamente relacionada con la recuperación de la FC a los 90" solamente en varones. Las mujeres en cambio no mostraron asociación entre la CC y la FC ni en reposo ni durante el esfuerzo.





El Gráfico 47 muestra el análisis de regresión de la distancia y la MG de varones y mujeres. Aunque se observó una tendencia negativa entre la distancia recorrida y el porcentaje de MG en varones, no se halló diferencia significativa.

En el Gráfico 46 se observa una correlación significativa entre la FC de recuperación a los 90" y el porcentaje de MG de los varones; esto significa que la FC90" fue mayor a mayor MG.

Por otro lado la FCF y la diferencia entre FCI y FCF de las niñas tendieron a ser mayores a medida que el porcentaje de MG aumentaba, pero esta correlación no fue estadísticamente significativa.

En la Tabla 17 se muestra la relación entre el rendimiento del T6M y el sobrepeso y la obesidad.

Tabla 17. Valores de las variables obtenidas con el test de 6 minutos, el IMC, el % y los kg de grasa corporal (estimados con Deurenberg, clasificados en función del normopeso y el sobrepeso/obesidad).

Variable	Niños				Niñas			
	Normopeso		Sobrepeso/Obesidad		Normopeso		Sobrepeso/Obesidad	
	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.
IMC	15,63	0,83	19,25	1,72	15,68	0,90	19,74	2,34
MG%	16,90	3,45	25,24	4,77	20,52	3,45	30,27	4,06
MG Kg	4,20	1,10	8,31	2,62	4,87	1,15	9,80	2,95
T6M (m)	579,67	57,22	570,35	51,78	556,11	34,53	562,70	65,71
FCF	166,66	22,97	168,33	19,91	173,00	16,78	178,44	15,70
FC90	119,88	20,47	125,87	19,79	127,19	20,68	131,60	16,56
Diferencia entre FCI y FCF	58,69	33,44	65,10	18,54	60,74	16,60	66,25	15,93

No se observó diferencia significativa en la distancia recorrida, ni en la diferencia entre la FCI y la FCF entre niños normopeso y/o niños con sobrepeso/obesidad, en ninguno de los sexos.

VI. Discusión.

El presente trabajo se propuso primariamente desarrollar ecuaciones de predicción de MG y MLG en niños de edad escolar, bajo el criterio de que hasta la actualidad, las ecuaciones disponibles habían sido desarrolladas en otras poblaciones muy diferentes a la argentina. En este sentido, se obtuvieron diferentes modelos de ecuación para ser aplicados en condiciones epidemiológicas, clínicas y/o deportivas diferentes. Secundariamente el trabajo se abocó a la aplicación por primera vez en Argentina del test de caminar 6 minutos (T6M) en niños de edad escolar, para conocer la relación entre el rendimiento aeróbico y la composición corporal. Dado que no existen antecedentes de la aplicación de este test en niños argentinos de edad escolar, la forma de implementación y la respuesta al esfuerzo permanecían desconocidas. Esta herramienta puede ser un recurso adecuado para evaluar rendimiento aeróbico en niños pequeños.

VI.1. En relación con el primer objetivo: determinar la composición corporal de los niños mediante mediciones antropométricas, de BIA y con dilución isotópica de deuterio.

En relación a la composición de la muestra, se evaluaron niños y niñas de entre 6 y 9 años de edad cronológica. Si bien este estudio tiene la limitación de haber evaluado niños pertenecientes a un solo establecimiento escolar, es importante destacar el carácter público de la Institución y que es la primera experiencia argentina en la aplicación de la técnica de dilución isotópica con deuterio. Así mismo, la muestra que se obtuvo reprodujo fielmente la relación hombre/mujer que arrojó el Censo nacional de población y vivienda (INDEC, 2010), por tanto resultó balanceada con respecto al sexo. Además, el estado nutricional obtenido por IMC mostró un nivel de sobrepeso del 28% y una obesidad del 7,89 %, lo cual también se asemeja a los valores obtenidos en la última ENNYS (Ministerio de Salud de la Nación Argentina., 2007). Esto significa que la muestra no difiere de la población general de niños argentinos. Todo esto da sustento a la utilidad de los resultados obtenidos, si bien, sería conveniente realizar nuevos estudios con muestras más grandes y que reflejen distintos grupos poblacionales de diferentes regiones del país. Además, las variables incluidas en el desarrollo de la tesis siguieron una distribución normal.

VI.2. En relación con el segundo objetivo: Comparar ecuaciones disponibles en la literatura para la ponderación de la masa grasa.

En el apartado V.2. del capítulo de Resultados se abordan una serie de comparaciones entre las ecuaciones disponibles para BIA con la ecuación de Deuremberg para pliegues cutáneos. Hasta el presente en la práctica cotidiana se aplican estas ecuaciones y en la mayoría de los casos carecen de validación a nivel local y/o regional. Por tanto es de suponer que los resultados de la estimación de la MG y/o de la MLG no son exactos ni fiables.

Nuestros análisis mostraron que, efectivamente, en la mayoría de los casos no había concordancia entre los resultados de unas y otras ecuaciones. Esto puede interpretarse como un problema de error en la estimación de la masa grasa o bien un sesgo significativo de cada una de estas ecuaciones. Entonces, estos hallazgos refuerzan la necesidad de contar con ecuaciones propias desarrolladas y validadas para los niños argentinos.

VI.3. En relación con el tercer y cuarto objetivos: obtener y validar ecuaciones de estimación de la composición corporal para la antropometría y la impedancia eléctrica.

En los apartados V.3.1. y V.3.2. se mostraron los resultados correspondientes al desarrollo de modelos de predicción de MLG por BIA y de MG por antropometría. El criterio que se siguió para la obtención de los modelos fue que requirieran la menor cantidad de variables (mediciones) posibles, que fueran de aplicabilidad en diferentes condiciones de trabajo y que superaran el proceso de validación.

El sexo no resultó una variable relacionada con la MG ni con la MLG en estas edades, por lo tanto no se incluyó en ninguno de los modelos propuestos. Quiere decir que al menos para este tipo de ecuaciones, el mismo modelo es aplicable y está validado para ambos sexos indistintamente.

De esta manera se testearon diferentes combinaciones de variables y se seleccionaron aquellas que potencialmente tendrían mayor peso en futuros modelos predictivos. A continuación se discuten los modelos obtenidos.

VI.3.1. Ecuaciones desarrolladas para la predicción de composición corporal por bioimpedancia.

Nuestro estudio permitió desarrollar y validar ecuaciones de predicción de MLG para BIA utilizando la talla y el índice de resistencia como variables predictoras. De esta manera se cumple uno de los objetivos del trabajo que fue obtener ecuaciones para la población infantil aplicables en situaciones clínicas y epidemiológicas así como deportivas.

Se ensayaron varios modelos pero finalmente se obtuvo el siguiente:

$$\text{MLG (kg)} = -12,3361 + 0,4572 (\text{IR}) + 0,1637 (\text{Talla})$$

El modelo obtenido presenta una correlación (r) de 0,87, un coeficiente de determinación (R^2) de 0,76, una pendiente (b) de 1,03 y un valor de intercepto de - 0,17. Esto último significa que cuando se aplique el modelo podría tener una desviación con respecto al patrón de apenas 170 gramos en la predicción de la MLG, por lo cual se acerca a un modelo ideal.

La correlación de concordancia resultó de 1,02, valor que permite asegurar la reproductibilidad del modelo. El test de Bland y Altman demostró que el modelo no presenta sesgo significativo, por tanto podría aplicarse a niños de cualquier contextura física y de cualquier nivel de crecimiento y desarrollo siempre que esté dentro del rango de edad validado en este estudio (6 a 9 años).

Por otra parte, el método de BIA no es “operador dependiente”, pero sí requiere de un equipo que permita medir a una frecuencia de 200 kHz, dado que esa fue la frecuencia utilizada para el desarrollo de la ecuación. No es necesario un equipo multifrecuencia siempre que tenga la capacidad de medir a la frecuencia utilizada en nuestro trabajo.

Es posible que un cierto error en la ecuación sea introducido por el hecho de utilizar en dos de sus términos la misma variable (talla), porque recordemos que el IR es el cociente entre la talla y resistencia). De ahí que se produzca un fenómeno de colinealidad, que no invalida la ecuación pero podría inducir cierto sesgo.

VI.3.2. Ecuaciones desarrolladas para la predicción de composición corporal por antropometría.

Se obtuvieron tres ecuaciones de predicción de MG utilizando diferentes variables, todas ellas de aplicación clínica, epidemiológica y deportiva.

La **primera** ecuación o modelo para antropometría utiliza el peso y la sumatoria de 4 pliegues (bicipital, tricipital, subescapular y abdominal), en una fórmula que queda de la siguiente manera:

$$MG \text{ (kg)} = -3,2120 + 0,2829 \text{ (Peso)} + 0,0796 \text{ (Sumatoria de 4 pliegues)}$$

El modelo tiene un coeficiente de determinación alto ($R^2 = 0,91$) y un error estándar del evaluador (S) de 0,74. La validación mostró un r de 0,87, un R^2 de 0,76, una pendiente de 0,81 y un intercepto de 1,5. La correlación de concordancia fue de 0,78, lo que permite asegurar que tiene un alto grado de reproductibilidad.

El modelo no presenta sesgo significativo según el test de Bland y Altman, con una pendiente diferente de cero ($p = 0,2368$).

Desde el punto de vista de su aplicabilidad, sólo se necesita contar con una balanza y un compás de pliegues cutáneos; el tiempo requerido para completar las mediciones es relativamente corto. La sumatoria de 4 pliegues, además, provee información sobre la grasa subcutánea de diferentes segmentos corporales. Los únicos inconvenientes son que la determinación de pliegues cutáneos necesita del entrenamiento previo del evaluador, a fin de evitar un error considerable, y que la ecuación podría desviarse del patrón en unos 1,5 kg.

La **segunda** ecuación o modelo para antropometría utiliza el peso corporal y el pliegue tricipital. Esto significa un mayor grado de aplicabilidad en condiciones epidemiológicas de campo por cuanto solamente requiere de una balanza y una sola medición de pliegue cutáneo, para lo que basta dejar al descubierto el brazo del niño.

El segundo modelo obtenido fue:

$$MG \text{ (kg)} = -4,7343 + 0,3148 \text{ (Peso)} + 0,3029 \text{ (Pliegue tricipital)}$$

En este caso el modelo cuenta con una correlación de 0,78, un coeficiente de determinación (R^2) de 0,61, una pendiente de 0,78 y un valor de intercepto de 1,5. Desde el punto de vista de la validación estadística introduce un error en la estimación similar al modelo anterior, pero tiene la ventaja de que se requiere solamente una medición de pliegue y el peso corporal. Esto reduce el tiempo de toma de mediciones y no requiere que el niño descubra su tronco. La correlación de concordancia fue de 0,78, por tanto también estaría asegurada la reproductibilidad. La ecuación tampoco presenta un sesgo significativo dado que el test de Bland y Altman arrojó un valor de p diferente de cero ($p = 0,1878$).

El **tercer** modelo obtenido para antropometría se basa en la medición del peso y el perímetro de la cintura. Claramente este modelo tiene una aplicabilidad mayor en condiciones epidemiológicas o estudios poblacionales con un número grande de sujetos. Debido a que no requiere de medición de pliegues cutáneos minimiza el error de evaluador y no requiere entrenamiento altamente especializado para aplicarse. Además, elimina el importante costo de un compás de pliegues.

El modelo para peso y perímetro de cintura es el siguiente:

$$\text{MG (kg)} = -7,8366 + 0,3942 (\text{Peso}) + 0,0856 (\text{Perímetro de cintura})$$

Este modelo cuenta con una correlación de 0,78, un coeficiente de determinación de 0,60, una pendiente de 0,73 y valor de intercepto de 1,7. El valor de intercepto es superior a los dos modelos anteriores, lo que podría significar un error sistemático mayor, pero, a cambio, se gana en aplicabilidad en condiciones epidemiológicas.

Podría decirse entonces que los tres modelos obtenidos para antropometría cumplen con la validación y por tanto son aplicables, pero bajo diferentes condiciones. Si se pretende obtener más exactitud conviene utilizar los dos primeros, pero si se desea trabajar en condiciones epidemiológicas podría utilizarse el tercero. En este sentido es importante destacar la relevancia de contar con instrumentos propios, desarrollados y validados en poblaciones locales, que al mismo tiempo cumplan con exigentes requisitos de validación y sean de fácil aplicación y muy bajo costo.

En definitiva el trabajo que aquí se presenta se propuso y logró desarrollar y validar una ecuación para MLG por BIA y tres ecuaciones diferentes para antropometría.

VI.4. En relación con el cuarto objetivo: relación entre el rendimiento aeróbico y la composición corporal.

El T6M fue desarrollado para medir la capacidad funcional por medio de la distancia recorrida durante un lapso predeterminado de tiempo (Acquistapace & Piepoli, 2009). Permite estimar la respuesta individual a un ejercicio submáximo reflejando acertadamente la capacidad de las personas aún cuando éstas presentaren condiciones especiales. Algunos autores han encontrado una alta correlación entre la distancia recorrida y el consumo máximo de oxígeno (Chandra et al., 2012).

El T6M ha demostrado alta reproductibilidad en obesos adultos y podría utilizarse como un buen indicador de fitness en estudios clínicos (Beriault et al., 2009; Larson et al.,

2006). El T6M también mostró buena reproductibilidad en niños por lo cual se recomienda su aplicación en estudios de poblaciones pediátricas (Morinder, Mattsson, Sollander, Marcus, & Larsson, 2009).

En nuestro estudio todos los niños, de ambos sexos, respondieron apropiadamente al esfuerzo. No se observaron signos ni síntomas que dieran cuenta de una respuesta cardiorrespiratoria inadecuada durante el test y ningún niño tuvo que suspender la prueba por ninguna circunstancia. Por lo tanto, la primera conclusión acerca de este test es que se confirma su aplicabilidad en poblaciones de 6 a 9 años de edad, lo cual representa un avance notorio porque dada la sencillez de la prueba y su bajo riesgo, representa una contribución significativa a la batería de pruebas sobre condición física y cardiorrespiratoria de niños en edad escolar, siempre que se aplique en condiciones adecuadas y controladas.

En cuanto a los resultados, no se han encontrado diferencias en la distancia recorrida según el sexo, de manera tal que la prueba podría administrarse conjuntamente a niños y niñas, sin necesidad de separarlos.

Respecto a la CC y el rendimiento en el test, hemos encontrado que no existen diferencias significativas entre la distancia recorrida y la MG en ambos sexos. Tampoco la distancia recorrida (m) fue diferente entre los niños obesos de los no obesos (niños: 579,67 vs 570,35; niñas: 556,11 vs 562,76). Este hallazgo difiere de lo encontrado por Morinder et al. (2009), quienes reportaron que en niños y adolescentes entre 8 y 16 años de edad el T6M fue diferente para niños obesos y no obesos. Una posible explicación a esta discrepancia podría encontrarse en el amplio rango de IMC del estudio de Morinder (23,2-57 kg/m²) en comparación con el presente estudio (16,9-26,0 kg/m²). Además las discrepancias podrían deberse a las diferentes edades que involucraron ambos estudios, variaciones relativas en la fuerza (la masa crece con la tercera potencia –volumen, longitud³–, mientras que la fuerza lo hace con la segunda –área de sección muscular, longitud²–), cambios hormonales propios de la adolescencia, adopción de estilos de vida cada vez más sedentarios, entre otros condicionantes.

Las diferencias entre las frecuencias cardíacas iniciales (FCI) y finales (FCF) fueron similares para niños y niñas, aunque los chicos presentaron valores significativamente inferiores tanto al inicio como al final. Esta diferencia podría explicarse por otros factores no relacionados a la CC, por ejemplo diferencias fisiológicas asociadas al sexo.

Por otra parte, en los varones se observó asociación positiva entre la MG y la FC post ejercicio; en niñas la asociación se encontró intra esfuerzo. Esto sugiere una asociación entre CC y FC pero es difícil dilucidar cuál es causa y cual su efecto. Para ello se necesitan más estudios y nuevos diseños de investigación. En cualquier caso, se necesitan más estudios para

reforzar la idea de mantener altos niveles de AF para asegurar buenos niveles de salud cardiovascular, controlar el sobrepeso y mejorar la salud general, especialmente en niños.

VII. Conclusiones.

Primera.

La composición corporal de los niños evaluados por el método de dilución isotópica de deuterio fue de $28,35 \pm 6,42$ % de masa grasa, el agua corporal representa el $54,76 \pm 4,78$ %. Existen diferencias significativas entre sexos para ambos componentes, siendo las niñas quienes tienen más MG y los niños mayor proporción de agua.

Segunda.

Se ha podido implementar con éxito, y por primera vez en Argentina, la medición del agua corporal total con el método de dilución isotópica con deuterio, lo que facilitará su utilización como patrón en estudios ulteriores.

Tercera.

Las ecuaciones disponibles en la literatura y que se utilizan con más frecuencia en Argentina para predecir la composición corporal de los niños de 6 a 9 años, bien a través de bioimpedancia o por antropometría, se han demostrado imprecisas y con grandes variaciones entre ellas.

Cuarta.

Se ha obtenido y validado, utilizando como patrón la medida del agua corporal a través de la dilución isotópica con deuterio, la siguiente ecuación para estimar la masa libre de grasa por bioimpedancia: $MLG \text{ (kg)} = -12,3361 + 0,4572 \text{ (IR)} + 0,1637 \text{ (Talla)}$. Su desviación respecto al patrón es de 170 g, por lo cual se acerca a un modelo ideal.

Quinta.

Se han obtenido y validado, utilizando como patrón la medida del agua corporal a través de la dilución isotópica con deuterio, las siguientes ecuaciones para estimar la masa grasa con diferentes variables antropométricas:

- Usando el peso y la sumatoria de cuatro pliegues (bicipital, tricipital, subescapular y abdominal): $MG \text{ (kg)} = -3,2120 + 0,2829 \text{ (Peso)} + 0,0796 \text{ (Sumatoria de 4 pliegues)}$; con una desviación de 1,5 kg respecto al patrón.
- Usando el peso y el pliegue tricipital: $MG \text{ (kg)} = -4,7343 + 0,3148 \text{ (Peso)} + 0,3029 \text{ (Pliegue tricipital)}$; con una desviación con respecto al patrón similar a la anterior (1,5 kg) pero de aplicación más sencilla porque requiere la medición de un solo pliegue.
- Usando el peso y el perímetro de la cintura: $MG \text{ (kg)} = -7,8366 + 0,3942 \text{ (Peso)} + 0,0856 \text{ (Perímetro de cintura)}$. Presenta una desviación respecto al patrón mayor

que las anteriores (1,7 kg), pero es más fácil de utilizar porque sólo requiere medir el peso y el perímetro de la cintura, variables que dependen menos del operador.

Sexta.

La aplicación por primera vez en escolares argentinos, de entre 6 y 9 años, del test de 6 minutos caminando (T6M) ha demostrado ser sencilla y segura, por lo que puede utilizarse como prueba submáxima para evaluar la capacidad aeróbica o resistencia cardiorrespiratoria.

Séptima.

No se encontraron diferencias en la distancia recorrida en el T6M, ni entre sexos ni entre los niños con diferentes IMC o MG.

Octava.

La FC posterior al ejercicio en niños y la FC durante el esfuerzo en niñas se asociaron con la MG, lo que significa que la misma carga externa representa una mayor carga interna (mayor estrés cardiovascular) para los niños que tienen más MG.

VIII. Limitaciones del estudio actual y propuestas para el futuro.

La principal limitación de este estudio está en la representatividad de los escolares evaluados. Inicialmente se pretendió lograr una muestra representativa de los escolares argentinos entre 6 y 9 años; pero esta aspiración pronto se truncó ante la dificultad de explicar a las familias de los niños y a las autoridades la inocuidad de las mediciones con dilución isotópica de deuterio. Sin embargo, por consultas realizadas a expertos capacitadores, la experiencia resultó muy positiva en comparación con otros países de la región. De este modo, la n final del estudio ha sido suficiente para hacer la estadística inferencial y demostrar la validez de las ecuaciones. Pero, aún a pesar de que los niños tienen características antropométricas y de CC similares a las de otros estudios argentinos sobre la población escolar, no podemos decir que la muestra sea representativa y, por lo tanto, no podemos asegurar la validez de la ecuación para su utilización general.

En consecuencia, se hacen necesarios más estudios que permitan desarrollar ecuaciones de predicción con muestras mayores y representativas, que incluyan más edades y que tengan en cuenta aspectos como la etnia, el nivel socioeconómico o la región de residencia.

En nuestra opinión, el esfuerzo ahora debería dirigirse a la selección de las muestras, porque quizá una de las aportaciones más relevantes de esta tesis sea que ahora, en nuestro país (Argentina) ya disponemos de la capacidad para medir el agua corporal total a través de la dilución isotópica con deuterio, que se puede utilizar como método patrón, inocuo y relativamente sencillo de aplicar.

Entendemos que disponer de ecuaciones para BIA y para medidas antropométricas sencillas y de fácil aplicación sería muy útil para hacer evaluaciones de la composición corporal, tanto en el ámbito clínico y deportivo, como en el epidemiológico, especialmente en los programas dirigidos a la promoción de la salud.

Por otra parte, también sería conveniente continuar la investigación sobre la aplicación del T6M en diferentes poblaciones y diferentes edades. Disponer de baremos que permitan comparar el rendimiento con un patrón para estas edades resulta un desafío que más temprano que tarde deberá resolverse. Esperamos que la experiencia resumida en el presente estudio sirva de apoyo a quienes se involucren en futuras investigaciones sobre el rendimiento aeróbico y la CC.

IX. Bibliografía.

-
- Abate, N., & Garg, A. (1995). Heterogeneity in adipose tissue metabolism: causes, implications and management of regional adiposity. *Progress in lipid research*, 34(1), 53–70.
- Abeyá Gilardon, E., & Lejarraga, H. (1995). Prevalencia de Obesidad en 88.861 varones de 18 años argentinos en 1987. *Archivos Argentinos de Pediatría*, 93, 71–79.
- Acquistapace, F., & Piepoli, M. F. (2009). [The walking test: use in clinical practice]. *Monaldi archives for chest disease = Archivio Monaldi per le malattie del torace / Fondazione clinica del lavoro, IRCCS [and] Istituto di clinica fisiologica e malattie apparato respiratorio, Università di Napoli, Secondo ateneo*, 72(1), 3–9.
- Agostini, F., & Biolo, G. (2010). Effect of physical activity on glutamine metabolism. *Current opinion in clinical nutrition and metabolic care*, 13(1), 58–64.
- Ahmadi, N., Eshaghian, S., Huizenga, R., Sosnin, K., Ebrahimi, R., & Siegel, R. (2011). Effects of intense exercise and moderate caloric restriction on cardiovascular risk factors and inflammation. *The American journal of medicine*, 124(10), 978–82.
- Ahmed, H. M., Blaha, M. J., Nasir, K., Rivera, J. J., & Blumenthal, R. S. (2012). Effects of physical activity on cardiovascular disease. *The American journal of cardiology*, 109(2), 288–95.
- Alameri, H. F., Sanai, F. M., Al Dukhayil, M., Azzam, N. A., Al-Swat, K. A., Hersi, A. S., & Abdo, A. A. (2007). Six Minute Walk Test to assess functional capacity in chronic liver disease patients. *World journal of gastroenterology: WJG*, 13(29), 3996–4001.
- Albala, C., Olivares, S., Salinas, J., & Vio, F. (2004). *Bases, prioridades y desafíos de la promoción de la salud*. Santiago de Chile: Andros Impresores.
- Alehan, D., Yıldırım, I., Sahin, M., Ozkutlu, S., Ozer, S., & Karagöz, T. (2012). Long-term inhaled iloprost use in children with pulmonary arterial hypertension. *Cardiology in the young*, 22(4), 396–403. doi:10.1017/S1047951111001843
- Allen, N., Whittemore, R., & Melkus, G. (2011). A continuous glucose monitoring and problem-solving intervention to change physical activity behavior in women with type 2 diabetes: a pilot study. *Diabetes technology & therapeutics*, 13(11), 1091–9.
- Alves, V. L. dos S., & Avanzi, O. (2009). Objective assessment of the cardiorespiratory function of adolescents with idiopathic scoliosis through the six-minute walk test. *Spine*, 34(25), E926–9. doi:10.1097/BRS.0b013e3181afd1b2
- Amati, F., Pennant, M., Azuma, K., Dubé, J. J., Toledo, F. G. S., Rossi, A. P., Kelley, D. E., et al. (2012). Lower thigh subcutaneous and higher visceral abdominal adipose tissue content both contribute to insulin resistance. *Obesity (Silver Spring, Md.)*, 20(5), 1115–7. doi:10.1038/oby.2011.401
- Andersen, L. B., Wedderkopp, N., Kristensen, P., Moller, N. C., Froberg, K., & Cooper, A. R. (2011). Cycling to school and cardiovascular risk factors: a longitudinal study. *Journal of physical activity & health*, 8(8), 1025–33.
-

-
- Andreoli, A., Melchiorri, G., De Lorenzo, A., Caruso, I., Sinibaldi Salimei, P., & Guerrisi, M. (2002). Bioelectrical impedance measures in different position and vs dual-energy X-ray absorptiometry (DXA). *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 42(2), 186–9.
- Angelino, A., Peidro, R., & Saglietti, J. (2000). Actualización, normas y conceptos básicos en Ergometría, Rehabilitación cardiovascular y Cardiología del Deporte. Consejo de Ergometría y Rehabilitación Cardiovascular. Comité de Cardiología del Deporte. *Revista Argentina de Cardiología*.
- Aoyagi, Y., & Shephard, R. J. (2011). A model to estimate the potential for a physical activity-induced reduction in healthcare costs for the elderly, based on pedometer/accelerometer data from the Nakanajo Study. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 41(9), 695–708.
- Arabi, A., Nabulsi, M., Maalouf, J., Choucair, M., Khalifé, H., Vieth, R., & El-Hajj Fuleihan, G. (2004). Bone mineral density by age, gender, pubertal stages, and socioeconomic status in healthy Lebanese children and adolescents. *Bone*, 35(5), 1169–79.
- Araújo, D. S., & de Araújo, C. G. (2000). Aptidão física, saúde e qualidade de vida relacionada à saúde. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 6, 194–203.
- Ausili, E., Rigante, D., Salvaggio, E., Focarelli, B., Rendeli, C., Ansuini, V., Paolucci, V., et al. (2012). Determinants of bone mineral density, bone mineral content, and body composition in a cohort of healthy children: influence of sex, age, puberty, and physical activity. *Rheumatology international*, 32(9), 2737–43.
- Ayala, G. X. (2011). Effects of a promotor-based intervention to promote physical activity: Familias Sanas y Activas. *American journal of public health*, 101(12), 2261–8.
- Balbaloglu, O., Basaran, A., & Ayoglu, H. (2011). Functional outcomes of multilevel botulinum toxin and comprehensive rehabilitation in cerebral palsy. *Journal of child neurology*, 26(4), 482–7.
- Bao, Y., & Michaud, D. S. (2008). Physical activity and pancreatic cancer risk: a systematic review. *Cancer epidemiology, biomarkers & prevention: a publication of the American Association for Cancer Research, cosponsored by the American Society of Preventive Oncology*, 17(10), 2671–82.
- Barbany, R. (1990). *Fundamentos de fisiología del ejercicio y el entrenamiento*. Barcelona: Barcanova.
- Baroncelli, G. I., & Saggese, G. (2000). Critical ages and stages of puberty in the accumulation of spinal and femoral bone mass: the validity of bone mass measurements. *Horm Res*, 54(Suppl 1), 2–8.
- Basso, R. P., Jamami, M., Pessoa, B. V., Labadessa, I. G., Regueiro, E. M. G., & Di Lorenzo, V. A. P. (2010). Assessment of exercise capacity among asthmatic and healthy adolescents. *Revista brasileira de fisioterapia (São Carlos (São Paulo, Brazil))*, 14(3), 252–8.
- Bauer, J., Capra, S., Davies, P. S. W., Ash, S., & Davidson, W. (2002). Estimation of total body water from bioelectrical impedance analysis in patients with pancreatic cancer -- agreement between three methods of prediction. *Journal of human nutrition and dietetics: the official journal of the British Dietetic Association*, 15(3), 185–8.
-

-
- Bauman, A., Armstrong, T., Davies, J., Owen, N., Brown, W., Bellew, B., & Vita, P. (2003). Trends in physical activity participation and the impact of integrated campaigns among Australian adults, 1997-99. *Australian and New Zealand journal of public health*, 27(1), 76-9.
- Berriault, K., Carpentier, A. C., Gagnon, C., Ménard, J., Baillargeon, J.-P., Ardilouze, J.-L., & Langlois, M.-F. (2009). Reproducibility of the 6-minute walk test in obese adults. *International journal of sports medicine*, 30(10), 725-7.
- Berneis, K., & Keller, U. (2000). Bioelectrical impedance analysis during acute changes of extracellular osmolality in man. *Clinical nutrition (Edinburgh, Scotland)*, 19(5), 361-6.
- Biddle, S. J. H., & Asare, M. (2011). Physical activity and mental health in children and adolescents: a review of reviews. *British journal of sports medicine*, 45(11), 886-95.
- Biltz, R. M., & Pellegrino, E. D. (1969). The chemical anatomy of bone. I. A comparative study of bone composition in sixteen vertebrates. *The Journal of bone and joint surgery. American volume*, 51(3), 456-66.
- Blair, S. N., Goodyear, N. N., Gibbons, L. W., & Cooper, K. H. (1984). Physical fitness and incidence of hypertension in healthy normotensive men and women. *JAMA: the journal of the American Medical Association*, 252(4), 487-90.
- Blair, S. N., Kohl, H. W., Paffenbarger, R. S., Clark, D. G., Cooper, K. H., & Gibbons, L. W. (1989). Physical fitness and all-cause mortality. A prospective study of healthy men and women. *JAMA: the journal of the American Medical Association*, 262(17), 2395-401.
- Bland, J. M., & Altman, D. G. (1986). Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*, 1(8476), 307-10.
- Booth, M. (2000). Assessment of physical activity: an international perspective. *Research quarterly for exercise and sport*, 71(2 Suppl), S114-20.
- Borch, K. B., Braaten, T., Lund, E., & Weiderpass, E. (2011). Physical activity and mortality among Norwegian women - the Norwegian Women and Cancer Study. *Clinical epidemiology*, 3, 229-35.
- Borggraefe, I., Kiwull, L., Schaefer, J. S., Koerte, I., Blaschek, A., Meyer-Heim, A., & Heinen, F. (2010). Sustainability of motor performance after robotic-assisted treadmill therapy in children: an open, non-randomized baseline-treatment study. *European journal of physical and rehabilitation medicine*, 46(2), 125-31.
- Bouchard, C., Shephard, R. J., & Stephens, T. (1994). *Physical activity, fitness and health. International proceedings and consensus statement*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Boyden, T. W., Pamenter, R. W., Going, S. B., Lohman, T. G., Hall, M. C., Houtkooper, L. B., Bunt, J. C., et al. (1993). Resistance exercise training is associated with decreases in serum low-density lipoprotein cholesterol levels in premenopausal women. *Archives of internal medicine*, 153(1), 97-100.
-

-
- Braguinsky, J., Sereda, y M., Cobeñas, C., Libman, L., Gonzalez, C., Batkis, E., & Fox, D. (1998). Unexpected prevalence of obesity and associated metabolic risk factors in a medium size city (Venado Tuerto) of Argentina. *Internal Journal of Obesity and Related Metabolism Disorders*, 22(suppl 3), 215.
- Bray, G. A., & Champagne, C. M. (2005). Beyond energy balance: there is more to obesity than kilocalories. *Journal of the American Dietetic Association*, 105(5 Suppl 1), S17–23.
- Brochu, M., Starling, R. D., Tchernof, A., Matthews, D. E., Garcia-Rubi, E., & Poehlman, E. T. (2000). Visceral adipose tissue is an independent correlate of glucose disposal in older obese postmenopausal women. *The Journal of clinical endocrinology and metabolism*, 85(7), 2378–84.
- Brown, W. J., Bauman, A. E., & Owen, N. (2009). Stand up, sit down, keep moving: turning circles in physical activity research? *British journal of sports medicine*, 43(2), 86–8.
- Brownson, R. C., Boehmer, T. K., & Luke, D. A. (2005). Declining rates of physical activity in the United States: what are the contributors? *Annual review of public health*, 26, 421–43.
- Brusco, O. (1984). Tabla de Talla y Peso Metropolitana 1983. Prensa Médica. *Prensa Médica Argentina*, 71, 320.
- Bull, F. C. (2003). *Review of Best Practice and Recommendations for Interventions on Physical Activity. A report for the Premier's Physical Activity Taskforce on behalf of the Evaluation and Monitoring Working Group*. Perth Western Australia.
- CDC. (2008). *Physical Activity Statistics: No Leisure-Time Physical Activity Trend Chart | DNPAO | CDC*.
- Caspersen, C. J., Powell, K. E., & Christenson, G. M. (n.d.). Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public health reports (Washington, D.C. : 1974)*, 100(2), 126–31.
- Chandra, D., Wise, R. A., Kulkarni, H. S., Benzo, R. P., Criner, G., Make, B., Slivka, W. A., et al. (2012). Optimizing the Six Minute Walk Test as a Measure of Exercise Capacity in COPD. *Chest*.
- Chertow, G. M., Lazarus, J. M., Lew, N. L., Ma, L., & Lowrie, E. G. (1997). Development of a population-specific regression equation to estimate total body water in hemodialysis patients. *Kidney international*, 51(5), 1578–82.
- Chumlea, W. C., Guo, S. S., Bellisari, A., Baumgartner, R. N., & Siervogel, R. M. (1994). Reliability for multiple frequency bioelectric impedance. *American Journal of Human Biology*, 6(2), 195–202.
- Church, T. S., Thomas, D. M., Tudor-Locke, C., Katzmarzyk, P. T., Earnest, C. P., Rodarte, R. Q., Martin, C. K., et al. (2011). Trends over 5 decades in U.S. occupation-related physical activity and their associations with obesity. *PLoS one*, 6(5), e19657.
- Churilla, J. R., Magyari, P. M., Ford, E. S., Fitzhugh, E. C., & Johnson, T. M. (2012). Muscular strengthening activity patterns and metabolic health risk among US adults. *Journal of diabetes*, 4(1), 77–84.
-

-
- Cooper, A. R., Wedderkopp, N., Jago, R., Kristensen, P. L., Moller, N. C., Froberg, K., Page, A. S., et al. (2008). Longitudinal associations of cycling to school with adolescent fitness. *Preventive medicine, 47*(3), 324–8.
- Cullum, I. D., Ell, P. J., & Ryder, J. P. (1989). X-ray dual-photon absorptiometry: a new method for the measurement of bone density. *The British journal of radiology, 62*(739), 587–92.
- De Girolami, D. H. (n.d.). Descripción y análisis del índice de masa corporal y categoría pondoestatural por edades, en un registro de 10.338 individuos de la República Argentina. *Revista de la Sociedad Argentina de Nutrición, 4*(2), 12–18.
- De Onis, M., & Blössner, M. (2000). Prevalence and trends of overweight among preschool children in developing countries. *The American journal of clinical nutrition, 72*(4), 1032–9.
- DeNino, W. F., Tchernof, A., Dionne, I. J., Toth, M. J., Ades, P. A., Sites, C. K., & Poehlman, E. T. (2001). Contribution of abdominal adiposity to age-related differences in insulin sensitivity and plasma lipids in healthy nonobese women. *Diabetes care, 24*(5), 925–32.
- Demark-Wahnefried, W., Rock, C. L., Patrick, K., & Byers, T. (2008). Lifestyle interventions to reduce cancer risk and improve outcomes. *American family physician, 77*(11), 1573–8.
- Després, J. P., Moorjani, S., Ferland, M., Tremblay, A., Lupien, P. J., Nadeau, A., Pinault, S., et al. (n.d.). Adipose tissue distribution and plasma lipoprotein levels in obese women. Importance of intra-abdominal fat. *Arteriosclerosis (Dallas, Tex.), 9*(2), 203–10.
- DiPietro, L. (1995). Physical activity, body weight, and adiposity: an epidemiologic perspective. *Exercise and sport sciences reviews, 23*, 275–303.
- Diem, K. (1962). *Documenta Geigy Scientific Tables*. Ardsley, NY: Geigy Pharmaceuticals.
- Dishman, R. K. (1992). Psychological effects of exercise for disease resistance and health promotion. In R. R. Watson & M. Eisinger (Eds.), *Exercise and Disease* (pp. 179–207). Boca Raton, Fla: CRC Press.
- Dky, M., Szeto, S. L., & Yf, M. (2008). A randomised controlled trial on the effect of exercise on physical, cognitive and affective function in dementia subjects. *Asian J Gerontol, 3*, 8–16.
- Douchi, T., Yamamoto, S., Yoshimitsu, N., Andoh, T., Matsuo, T., & Nagata, Y. (2002). Relative contribution of aging and menopause to changes in lean and fat mass in segmental regions. *Maturitas, 42*(4), 301–6.
- Douchi, T., Yonehara, Y., Kawamura, Y., Kuwahata, A., Kuwahata, T., & Iwamoto, I. (2007). Difference in segmental lean and fat mass components between pre- and postmenopausal women. *Menopause (New York, N.Y.), 14*(5), 875–8.
- Dunstan, D. W., Barr, E. L. M., Healy, G. N., Salmon, J., Shaw, J. E., Balkau, B., Magliano, D. J., et al. (2010). Television viewing time and mortality: the Australian Diabetes, Obesity and Lifestyle Study (AusDiab). *Circulation, 121*(3), 384–91.
-

-
- Durán, P., Piazza, N., & Trifone, L. (2005). Consenso sobre factores de riesgo de enfermedad cardiovascular en pediatría. Obesidad. *Archivos Argentinos de Pediatría*, 103(3), 262–281.
- Dziemidok, P., Makara-Studzińska, M., & Jarosz, M. J. (2011). Diabetes and depression: a combination of civilization and life-style diseases is more than simple problem adding - literature review. *Annals of agricultural and environmental medicine: AAEM*, 18(2), 318–22.
- Eckhardt, C. L., Adair, L. S., Caballero, B., Avila, J., Kon, I. Y., Wang, J., & Popkin, B. M. (2003). Estimating body fat from anthropometry and isotopic dilution: a four-country comparison. *Obesity research*, 11(12), 1553–62.
- Ekeland, E., Heian, F., Hagen, K. B., Abbott, J., & Nordheim, L. (2004). Exercise to improve self-esteem in children and young people. *Cochrane database of systematic reviews (Online)*, (1), CD003683.
- Eliassen, A. H., Hankinson, S. E., Rosner, B., Holmes, M. D., & Willett, W. C. (2010). Physical activity and risk of breast cancer among postmenopausal women. *Archives of internal medicine*, 170(19), 1758–64.
- Elloumi, M., Makni, E., Ounis, O. B., Moalla, W., Zbidi, A., Zaoueli, M., Lac, G., et al. (2011). Six-minute walking test and the assessment of cardiorespiratory responses during weight-loss programmes in obese children. *Physiotherapy research international: the journal for researchers and clinicians in physical therapy*, 16(1), 32–42.
- Esliger, D. W., Probert, A., Gorber, S. C., Bryan, S., Laviolette, M., & Tremblay, M. S. (2007). Validity of the Actical accelerometer step-count function. *Medicine and science in sports and exercise*, 39(7), 1200–4.
- Fair, A. M., & Montgomery, K. (2009). Energy balance, physical activity, and cancer risk. *Methods in molecular biology (Clifton, N.J.)*, 472, 57–88.
- Farias de Novaes, J., Eloiza Priore, S., do Carmo Castro Franceschini, S., & Alves Lamounier, J. (2012). Does the Body Mass Index Reflect Cardiovascular Risk Factors in Brazilian Children? *Journal of tropical pediatrics*.
- Feskanich, D., Willett, W., & Colditz, G. (2002). Walking and leisure-time activity and risk of hip fracture in postmenopausal women. *JAMA: the journal of the American Medical Association*, 288(18), 2300–6.
- Fidanza, F., Keys, A., & Anderson, J. T. (1953). Density of body fat in man and other mammals. *Journal of applied physiology*, 6(4), 252–6.
- Filozof, C., Gonzalez, C., Sereday, M., Mazza, C., & Braguinsky, J. (2001). Obesity prevalence and trends in Latin-American countries. *Obesity reviews: an official journal of the International Association for the Study of Obesity*, 2(2), 99–106.
- Fintini, D., Grossi, A., Brufani, C., Fiori, R., Ubertini, G., Pecorelli, L., & Cappa, M. (2009). Bone mineral density and body composition in male children with hypogonadism. *Journal of endocrinological investigation*, 32(7), 585–9.
-

-
- Fomon, S. J., & Nelson, S. E. (2002). Body composition of the male and female reference infants. *Annual review of nutrition*, 22, 1–17.
- Food and Agriculture Organization. (2001). *Human energy requirements Report of a Joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation*. Rome.
- Forbes, G. B. (1962). Methods for determining composition of the human body. With a note on the effect of diet on body composition. *Pediatrics*, 29, 477–94.
- Fries, J. F., Bruce, B., & Chakravarty, E. (2011). Compression of morbidity 1980-2011: a focused review of paradigms and progress. *Journal of aging research*, 2011, 261702.
- Fu, W. P. C., Lee, H. C., Ng, C. J., Tay, Y.-K. D., Kau, C. Y., Seow, C. J., Siak, J. K., et al. (2003). Screening for childhood obesity: international vs population-specific definitions. Which is more appropriate? *International journal of obesity and related metabolic disorders: journal of the International Association for the Study of Obesity*, 27(9), 1121–6.
- Gaziano, J. M. (2010). Fifth phase of the epidemiologic transition: the age of obesity and inactivity. *JAMA: the journal of the American Medical Association*, 303(3), 275–6. doi:10.1001/jama.2009.2025
- Geerling, B. J., Alles, M. S., Murgatroyd, P. R., Goldberg, G. R., Harding, M., & Prentice, A. M. (1994). Fatness in relation to substrate oxidation during exercise. *International journal of obesity and related metabolic disorders: journal of the International Association for the Study of Obesity*, 18(7), 453–9.
- Geiger, R., Strasak, A., Treml, B., Gasser, K., Kleinsasser, A., Fischer, V., Geiger, H., et al. (2007). Six-minute walk test in children and adolescents. *The Journal of pediatrics*, 150(4), 395–9, 399.e1–2.
- Genton, L., Hans, D., Kyle, U. G., & Pichard, C. (2002). Dual-energy X-ray absorptiometry and body composition: differences between devices and comparison with reference methods. *Nutrition (Burbank, Los Angeles County, Calif.)*, 18(1), 66–70.
- Goble, A. J., Hare, D. L., Macdonald, P. S., Oliver, R. G., Reid, M. A., & Worcester, M. C. (1991). Effect of early programmes of high and low intensity exercise on physical performance after transmural acute myocardial infarction. *British heart journal*, 65(3), 126–31.
- Goedecke, J. H., St Clair Gibson, A., Grobler, L., Collins, M., Noakes, T. D., & Lambert, E. V. (2000). Determinants of the variability in respiratory exchange ratio at rest and during exercise in trained athletes. *American journal of physiology. Endocrinology and metabolism*, 279(6), E1325–34.
- Goodpaster, B. H., Kelley, D. E., Thaete, F. L., He, J., & Ross, R. (2000). Skeletal muscle attenuation determined by computed tomography is associated with skeletal muscle lipid content. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, 89(1), 104–10.
- Goodpaster, B. H., Thaete, F. L., Simoneau, J. A., & Kelley, D. E. (1997). Subcutaneous abdominal fat and thigh muscle composition predict insulin sensitivity independently of visceral fat. *Diabetes*, 46(10), 1579–85.
- Gotfredsen, A., Jensen, J., Borg, J., & Christiansen, C. (1986). Measurement of lean body mass and total body fat using dual photon absorptiometry. *Metabolism: clinical and experimental*, 35(1), 88–93.
-

-
- Grosser, M., Starischka, S., & Zimmermann, E. (1988). *Principios del entrenamiento deportivo*. Barcelona: Martinez Roca, S.A.
- Guerin, E. (2012). Disentangling vitality, well-being, and quality of life: a conceptual examination emphasizing their similarities and differences with special application in the physical activity domain. *Journal of physical activity & health, 9*(6), 896–908.
- Guinhouya, B. (2011). Outcomes and cardiac response of overweight prepubescent to the 6 minutes walk test. *Minerva pediatrica, 63*(5), 375–84.
- Gulsvik, A. K., Thelle, D. S., Samuelsen, S. O., Myrstad, M., Mowé, M., & Wyller, T. B. (2012). Ageing, physical activity and mortality--a 42-year follow-up study. *International journal of epidemiology, 41*(2), 521–30.
- Gurr, M. I., & Harwood, J. L. (1991). *Lipid biochemistry*. (4th ed.). London: Chapman and Hall.
- Habibzadeh, N. (2011). Prevalence of osteopenia among sedentary young women. *East African journal of public health, 8*(1), 67–8.
- Halle, M., & Schoenberg, M. H. (2009). Physical activity in the prevention and treatment of colorectal carcinoma. *Deutsches Ärzteblatt international, 106*(44), 722–7.
- Hamer, M., & Chida, Y. (2008). Walking and primary prevention: a meta-analysis of prospective cohort studies. *British journal of sports medicine, 42*(4), 238–43.
- Hamilton, M. T., Hamilton, D. G., & Zderic, T. W. (2007). Role of low energy expenditure and sitting in obesity, metabolic syndrome, type 2 diabetes, and cardiovascular disease. *Diabetes, 56*(11), 2655–67.
- Hancox, R. J., Milne, B. J., & Poulton, R. (2004). Association between child and adolescent television viewing and adult health: a longitudinal birth cohort study. *Lancet, 364*(9430), 257–62.
- Harre, D. (1987). *Teoría del entrenamiento deportivo*. Buenos Aires: Stadium.
- Haskell, M. J., Lembcke, J. L., Salazar, M., Green, M. H., Peerson, J. M., & Brown, K. H. (2003). Population-based plasma kinetics of an oral dose of [2H4]retinyl acetate among preschool-aged, Peruvian children. *The American journal of clinical nutrition, 77*(3), 681–6.
- Haurowitz, F. (1963). *The Chemistry and function of proteins*. New York: Academic Press.
- Heath, G. W., & Brown, D. W. (2009). Recommended levels of physical activity and health-related quality of life among overweight and obese adults in the United States, 2005. *Journal of physical activity & health, 6*(4), 403–11.
- Heinen, M. M., Verhage, B. A. J., Goldbohm, R. A., Lumey, L. H., & van den Brandt, P. A. (2011). Physical activity, energy restriction, and the risk of pancreatic cancer: a prospective study in the Netherlands. *The American journal of clinical nutrition, 94*(5), 1314–23.
-

-
- Helge, J. W., Fraser, A. M., Kriketos, A. D., Jenkins, A. B., Calvert, G. D., Ayre, K. J., & Storlien, L. H. (1999). Interrelationships between muscle fibre type, substrate oxidation and body fat. *International journal of obesity and related metabolic disorders: journal of the International Association for the Study of Obesity*, 23(9), 986–91.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2006). *Metodología de la investigación*. (4th ed.). México: McGraw Hill.
- Hoffer, E. C., Meador, C. K., & Simpson, D. C. (1969). Correlation of whole-body impedance with total body water volume. *Journal of applied physiology*, 27(4), 531–4.
- Hu, F B, Leitzmann, M. F., Stampfer, M. J., Colditz, G. A., Willett, W. C., & Rimm, E. B. (2001). Physical activity and television watching in relation to risk for type 2 diabetes mellitus in men. *Archives of internal medicine*, 161(12), 1542–8.
- Hu, F B, Stampfer, M. J., Colditz, G. A., Ascherio, A., Rexrode, K. M., Willett, W. C., & Manson, J. E. (2000). Physical activity and risk of stroke in women. *JAMA: the journal of the American Medical Association*, 283(22), 2961–7.
- Hu, Frank B, Willett, W. C., Li, T., Stampfer, M. J., Colditz, G. A., & Manson, J. E. (2004). Adiposity as compared with physical activity in predicting mortality among women. *The New England journal of medicine*, 351(26), 2694–703.
- Hulmes, D. J., & Miller, A. (1979). Quasi-hexagonal molecular packing in collagen fibrils. *Nature*, 282(5741), 878–80.
- INDEC. (2010). *Censo nacional de población, hogares y viviendas 2010. Resultados definitivos*.
- Inoue, M., Iso, H., Yamamoto, S., Kurahashi, N., Iwasaki, M., Sasazuki, S., & Tsugane, S. (2008). Daily total physical activity level and premature death in men and women: results from a large-scale population-based cohort study in Japan (JPHC study). *Annals of epidemiology*, 18(7), 522–30.
- Instituto Nacional de Estadística. (2007). *Encuesta Nacional de Salud de 2006*.
- Jackson, A. W., Lee, D.-C., Sui, X., Morrow, J. R., Church, T. S., Maslow, A. L., & Blair, S. N. (2010). Muscular strength is inversely related to prevalence and incidence of obesity in adult men. *Obesity (Silver Spring, Md.)*, 18(10), 1988–95.
- Jackson, D. M., Djafarian, K., Stewart, J., & Speakman, J. R. (2009). Increased television viewing is associated with elevated body fatness but not with lower total energy expenditure in children. *The American journal of clinical nutrition*, 89(4), 1031–6.
- Janssen, I., Heymsfield, S. B., & Ross, R. (2002). Low relative skeletal muscle mass (sarcopenia) in older persons is associated with functional impairment and physical disability. *Journal of the American Geriatrics Society*, 50(5), 889–96.
- Janssen, I., & Ross, R. (2012). Vigorous intensity physical activity is related to the metabolic syndrome independent of the physical activity dose. *International journal of epidemiology*, 41(4), 1132–40.
-

-
- Janz, K. F., Levy, S. M., Burns, T. L., Torner, J. C., Willing, M. C., & Warren, J. J. (2002). Fitness, physical activity, and television viewing in children during the adiposity rebound period: the Iowa Bone Development Study. *Preventive medicine, 35*(6), 563–71.
- Jenin, P., Lenoir, J., Rouillet, C., Thomasset, A. L., & Ducrot, H. (1975). Determination of body fluid compartments by electrical impedance measurements. *Aviation, space, and environmental medicine, 46*(2), 152–5.
- Jeon, C. Y., Lokken, R. P., Hu, F. B., & van Dam, R. M. (2007). Physical activity of moderate intensity and risk of type 2 diabetes: a systematic review. *Diabetes care, 30*(3), 744–52.
- Johansson, S., Rosengren, A., Tsipogianni, A., Ulvenstam, G., Wiklund, I., & Wilhelmsen, L. (1988). Physical inactivity as a risk factor for primary and secondary coronary events in Göteborg, Sweden. *European heart journal, 9 Suppl L*, 8–19.
- Johnson, J., & Dawson-Hughes, B. (1991). Precision and stability of dual-energy X-ray absorptiometry measurements. *Calcified tissue international, 49*(3), 174–8.
- Juiz De Trogliero, C., & Morasso, M. C. (2002). Obesidad y nivel Socio-económico en escolares y adolescentes de la ciudad de Salta. *Archivos Argentinos de Pediatría, 100*(5), 360–366.
- Karvonen, M. J., Kentala, E., & Mustala, O. (1957). The effects of training on heart rate; a longitudinal study. *Annales medicinae experimentalis et biologiae Fenniae, 35*(3), 307–15.
- Katzel, L. I., Bleecker, E. R., Colman, E. G., Rogus, E. M., Sorkin, J. D., & Goldberg, A. P. (1995). Effects of weight loss vs aerobic exercise training on risk factors for coronary disease in healthy, obese, middle-aged and older men. A randomized controlled trial. *JAMA: the journal of the American Medical Association, 274*(24), 1915–21.
- Katzmarzyk, P. T., Church, T. S., Craig, C. L., & Bouchard, C. (2009). Sitting time and mortality from all causes, cardiovascular disease, and cancer. *Medicine and science in sports and exercise, 41*(5), 998–1005.
- Kelley, D. E., Thaete, F. L., Troost, F., Huwe, T., & Goodpaster, B. H. (2000). Subdivisions of subcutaneous abdominal adipose tissue and insulin resistance. *American journal of physiology. Endocrinology and metabolism, 278*(5), E941–8.
- Kelly, T. L., Slovik, D. M., Schoenfeld, D. A., & Neer, R. M. (1988). Quantitative digital radiography versus dual photon absorptiometry of the lumbar spine. *The Journal of clinical endocrinology and metabolism, 67*(4), 839–44.
- Keys, A., & Brozek, J. (1953). Body fat in adult man. *Physiological reviews, 33*(3), 245–325.
- Kim, K., Valentine, R. J., Shin, Y., & Gong, K. (2008). Associations of visceral adiposity and exercise participation with C-reactive protein, insulin resistance, and endothelial dysfunction in Korean healthy adults. *Metabolism: clinical and experimental, 57*(9), 1181–9.
- King, A. C., Taylor, C. B., Haskell, W. L., & DeBusk, R. F. (1989). Influence of regular aerobic exercise on psychological health: a randomized, controlled trial of healthy middle-aged adults. *Health*
-

psychology: official journal of the Division of Health Psychology, American Psychological Association, 8(3), 305–24.

- Knöchel, C., Oertel-Knöchel, V., O'Dwyer, L., Prvulovic, D., Alves, G., Kollmann, B., & Hampel, H. (2012). Cognitive and behavioural effects of physical exercise in psychiatric patients. *Progress in neurobiology*, 96(1), 46–68.
- Kohrt, W. M. (1998). Preliminary evidence that DEXA provides an accurate assessment of body composition. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 84(1), 372–7.
- Kokkinos, P. F., Narayan, P., Collieran, J., Fletcher, R. D., Lakshman, R., & Papademetriou, V. (1998). Effects of moderate intensity exercise on serum lipids in African-American men with severe systemic hypertension. *The American journal of cardiology*, 81(6), 732–5.
- Kovalskys, I., Bay, L., Rausch, H., & Berner, E. (2003). Prevalencia de Obesidad en una población de 10 a 19 años en la consulta pediátrica. *Archivos Argentinos de Pediatría*, 101(6), 441–447.
- Kruisdijk, F. R., Hendriksen, I. J. M., Tak, E. C. P. M., Beekman, A. T. F., & Hopman-Rock, M. (2012). Effect of running therapy on depression (EFFORT-D). Design of a randomised controlled trial in adult patients [ISRCTN 1894]. *BMC public health*, 12, 50.
- Kujala, U. M., Jokelainen, J., Oksa, H., Saaristo, T., Rautio, N., Moilanen, L., Korpi-Hyövälti, E., et al. (2011). Increase in physical activity and cardiometabolic risk profile change during lifestyle intervention in primary healthcare: 1-year follow-up study among individuals at high risk for type 2 diabetes. *BMJ open*, 1(2), e000292.
- Kurtner, M. H., Nachtsheim, C. J., & Neter, J. (2004). *Applied linear statistical models* (4th ed.). Philadelphia: McGraw Hill.
- Kushi, L. H., Doyle, C., McCullough, M., Rock, C. L., Demark-Wahnefried, W., Bandera, E. V., Gapstur, S., et al. (n.d.). American Cancer Society Guidelines on nutrition and physical activity for cancer prevention: reducing the risk of cancer with healthy food choices and physical activity. *CA: a cancer journal for clinicians*, 62(1), 30–67. doi:10.3322/caac.20140
- Kushner, R. F., & Schoeller, D. A. (1986). Estimation of total body water by bioelectrical impedance analysis. *The American journal of clinical nutrition*, 44(3), 417–24.
- Lakka, T. A., & Bouchard, C. (2005). Physical activity, obesity and cardiovascular diseases. *Handbook of experimental pharmacology*, (170), 137–63.
- Larson, E. B., Wang, L., Bowen, J. D., McCormick, W. C., Teri, L., Crane, P., & Kukull, W. (2006). Exercise is associated with reduced risk for incident dementia among persons 65 years of age and older. *Annals of internal medicine*, 144(2), 73–81.
- Laurin, D., Verreault, R., Lindsay, J., MacPherson, K., & Rockwood, K. (2001). Physical activity and risk of cognitive impairment and dementia in elderly persons. *Archives of neurology*, 58(3), 498–504.

-
- Lee, I. M., Rexrode, K. M., Cook, N. R., Manson, J. E., & Buring, J. E. (2001). Physical activity and coronary heart disease in women: is "no pain, no gain" passé? *JAMA: the journal of the American Medical Association*, 285(11), 1447–54.
- Lentino, C., Visek, A. J., McDonnell, K., & DiPietro, L. (2012). Dog walking is associated with a favorable risk profile independent of moderate to high volume of physical activity. *Journal of physical activity & health*, 9(3), 414–20.
- Leon, A. S., Connett, J., Jacobs, D. R., & Rauramaa, R. (1987). Leisure-time physical activity levels and risk of coronary heart disease and death. The Multiple Risk Factor Intervention Trial. *JAMA: the journal of the American Medical Association*, 258(17), 2388–95.
- Leyk, D. (2009). The preventive and therapeutic roles of regular physical activity. *Deutsches Ärzteblatt international*, 106(44), 713–4.
- Leyk, D., Rüter, T., Wunderlich, M., Heiß, A., Küchmeister, G., Piekarski, C., & Löllgen, H. (2008). Sporting activity, prevalence of overweight, and risk factors: cross-sectional study of more than 12 500 participants aged 16 to 25 years. *Deutsches Ärzteblatt international*, 105(46), 793–800.
- Lin, L. I. (1989). A concordance correlation coefficient to evaluate reproducibility. *Biometrics*, 45(1), 255–68.
- Lohman, T. G. (1986). Applicability of body composition techniques and constants for children and youths. *Exercise and sport sciences reviews*, 14, 325–57.
- Lohman, T. G. (1992). *Advances in body composition assessment*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Lohman, T. G., Harris, M., Teixeira, P. J., & Weiss, L. (2000). Assessing body composition and changes in body composition. Another look at dual-energy X-ray absorptiometry. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 904, 45–54.
- Lohman, T., Thompson, J., Going, S., Himes, J. H., Caballero, B., Norman, J., Cano, S., et al. (2003). Indices of changes in adiposity in American Indian children. *Preventive medicine*, 37(6 Pt 2), S91–6.
- Makni, E., Moalla, W., Trabelsi, Y., Lac, G., Brun, J. F., Tabka, Z., & Elloumi, M. (2012). Six-minute walking test predicts maximal fat oxidation in obese children. *International journal of obesity (2005)*, 36(7), 908–13.
- Manson, J. E., Hu, F. B., Rich-Edwards, J. W., Colditz, G. A., Stampfer, M. J., Willett, W. C., Speizer, F. E., et al. (1999). A prospective study of walking as compared with vigorous exercise in the prevention of coronary heart disease in women. *The New England journal of medicine*, 341(9), 650–8.
- Marcus, R., Drinkwater, B., Dalsky, G., Dufek, J., Raab, D., Slemenda, C., & Snow-Harter, C. (1992). Osteoporosis and exercise in women. *Medicine and science in sports and exercise*, 24(6 Suppl), S301–7.
-

-
- Martinez-Gomez, D., Tucker, J., Heelan, K. A., Welk, G. J., & Eisenmann, J. C. (2009). Associations between sedentary behavior and blood pressure in young children. *Archives of pediatrics & adolescent medicine*, 163(8), 724–30.
- Martínez López, E. J. (2003). La Flexibilidad: pruebas aplicables en educación secundaria - grado de utilización del profesorado. *www.efdeportes.com. Revista Digital*, 9(61).
- Maruti, S. S., Willett, W. C., Feskanich, D., Rosner, B., & Colditz, G. A. (2008). A prospective study of age-specific physical activity and premenopausal breast cancer. *Journal of the National Cancer Institute*, 100(10), 728–37.
- Mast, M., Sönnichsen, A., Langnäse, K., Labitzke, K., Bruse, U., Preub, U., & Muller, M. J. (2002). Inconsistencies in bioelectrical impedance and anthropometric measurements of fat mass in a field study of prepubertal children. *The British journal of nutrition*, 87(2), 163–75.
- Mazess, R. B., Barden, H. S., Bisek, J. P., & Hanson, J. (1990). Dual-energy x-ray absorptiometry for total-body and regional bone-mineral and soft-tissue composition. *The American journal of clinical nutrition*, 51(6), 1106–12.
- Mazess, R. B., Pepler, W. W., & Gibbons, M. (1984). Total body composition by dual-photon (153Gd) absorptiometry. *The American journal of clinical nutrition*, 40(4), 834–9.
- Mead, G., & Bernhardt, J. (2011). Physical fitness training after stroke, time to implement what we know: more research is needed. *International journal of stroke: official journal of the International Stroke Society*, 6(6), 506–8.
- Mendez, J. ., Keys, A., Anderson, J. T., & Grande, F. (1960). Density of fat and bone. *Metabolism*, 9, 472–477.
- Ministerio de Salud de la Nación Argentina. (2005). *Primera Encuesta Nacional de Factores de Riesgo 2005*. Buenos Aires.
- Ministerio de Salud de la Nación Argentina. (2007). *ENNYS: Encuesta Nacional de Nutrición y Salud. Documento de Resultados 2007*. Buenos Aires.
- Moalla, W., Gauthier, R., Maingourd, Y., & Ahmaidi, S. (2005). Six-minute walking test to assess exercise tolerance and cardiorespiratory responses during training program in children with congenital heart disease. *International journal of sports medicine*, 26(9), 756–62. doi:10.1055/s-2004-830558
- Montes, J., McDermott, M. P., Martens, W. B., Dunaway, S., Glanzman, A. M., Riley, S., Quigley, J., et al. (2010). Six-Minute Walk Test demonstrates motor fatigue in spinal muscular atrophy. *Neurology*, 74(10), 833–8. doi:10.1212/WNL.0b013e3181d3e308
- Montgomery, R., Dryer, R. L., Conway, T. W., & Spector, A. A. (1980). *Bioquímica médica*. Barcelona: Salvat.
- Moore, F. D., Olesen, K. H., McMurray, J. D., Parker, H. V., Ball, M. R., & Boyden, C. M. (1963). *The body cell mass and its supporting environment*. Philadelphia: W. B. Saunders.
-

-
- Morinder, G., Mattsson, E., Sollander, C., Marcus, C., & Larsson, U. E. (2009). Six-minute walk test in obese children and adolescents: reproducibility and validity. *Physiotherapy research international: the journal for researchers and clinicians in physical therapy*, 14(2), 91–104. doi:10.1002/pri.428
- Morris, J. N., Clayton, D. G., Everitt, M. G., Semmence, A. M., & Burgess, E. H. (1990). Exercise in leisure time: coronary attack and death rates. *British heart journal*, 63(6), 325–34.
- Nord, R., & Payne, R. K. (1995). Body composition by DEXA: review of technology. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 4, 167–171.
- Nyboer, J. (1959). *Electrical impedance plethysmography*. Springfield, IL: Charles C Thomas.
- Oguma, Y., & Shinoda-Tagawa, T. (2004). Physical activity decreases cardiovascular disease risk in women: review and meta-analysis. *American journal of preventive medicine*, 26(5), 407–18.
- Olmos, L. E., Freixes, O., Gatti, M. A., Cozzo, D. A., Fernandez, S. A., Vila, C. J., Agrati, P. E., et al. (2008). Comparison of gait performance on different environmental settings for patients with chronic spinal cord injury. *Spinal cord*, 46(5), 331–4.
- Organización Mundial de la Salud. (2004). *Estrategia mundial sobre régimen alimentario, actividad física y salud. 57ª Asamblea mundial de la salud WHA57.17*. Ginebra: World Health Organization.
- Organización Mundial de la Salud. (2009). *Riesgos para la salud mundial. Mortalidad y morbilidad atribuible a los principales factores de riesgo seleccionados*. Ginebra.
- Organización Mundial de la Salud. (2010). *Recomendaciones mundiales de actividad física para la salud*. Ginebra.
- O'Rourke, M. A., Cantwell, M. M., Cardwell, C. R., Mulholland, H. G., & Murray, L. J. (2010). Can physical activity modulate pancreatic cancer risk? a systematic review and meta-analysis. *International journal of cancer. Journal international du cancer*, 126(12), 2957–68.
- Paffenbarger, R. S., Hyde, R. T., Wing, A. L., & Hsieh, C. C. (1986). Physical activity, all-cause mortality, and longevity of college alumni. *The New England journal of medicine*, 314(10), 605–13.
- Paffenbarger, R. S., Hyde, R. T., Wing, A. L., Lee, I. M., Jung, D. L., & Kampert, J. B. (1993). The association of changes in physical-activity level and other lifestyle characteristics with mortality among men. *The New England journal of medicine*, 328(8), 538–45.
- Paffenbarger, R. S., Wing, A. L., Hyde, R. T., & Jung, D. L. (1983). Physical activity and incidence of hypertension in college alumni. *American journal of epidemiology*, 117(3), 245–57.
- Paffenbarger, R., Hyde, R., & Wing, A. (1994). Some inter – relationships of physical activity, physiological fitness, health and longevity. In Claude Bouchard, R. J. Shephard, & T. Stephens (Eds.), *Physical activity, fitness and health* (pp. 119–133). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Pan, S. Y., & DesMeules, M. (2009). Energy intake, physical activity, energy balance, and cancer: epidemiologic evidence. *Methods in molecular biology (Clifton, N.J.)*, 472, 191–215. doi:10.1007/978-1-60327-492-0_8
-

-
- Pate, R. R., O'Neill, J. R., & Lobelo, F. (2008). The evolving definition of "sedentary". *Exercise and sport sciences reviews*, 36(4), 173–8.
- Patel, A. V., Bernstein, L., Deka, A., Feigelson, H. S., Campbell, P. T., Gapstur, S. M., Colditz, G. A., et al. (2010). Leisure time spent sitting in relation to total mortality in a prospective cohort of US adults. *American journal of epidemiology*, 172(4), 419–29.
- Pereyra Girardi, C. I., Ofman, S. D., Cofreces, P., & Stefani, D. (2001). La influencia del Perfil Clínico y el Patrón de Conducta tipo A en pacientes Coronarios. *Revista Argentina de Cardiología*, 69(1), 1–11.
- Pietrobelli, A., Wang, Z., Formica, C., & Heymsfield, S. B. (1998). Dual-energy X-ray absorptiometry: fat estimation errors due to variation in soft tissue hydration. *The American journal of physiology*, 274(5 Pt 1), E808–16.
- Powell, K. E., Thompson, P. D., Caspersen, C. J., & Kendrick, J. S. (1987). Physical activity and the incidence of coronary heart disease. *Annual review of public health*, 8, 253–87.
- Proper, K. I., Staal, B. J., Hildebrandt, V. H., van der Beek, A. J., & van Mechelen, W. (2002). Effectiveness of physical activity programs at worksites with respect to work-related outcomes. *Scandinavian journal of work, environment & health*, 28(2), 75–84.
- Radley, D., Gately, P. J., Cooke, C. B., Carroll, S., Oldroyd, B., & Truscott, J. G. (2003). Estimates of percentage body fat in young adolescents: a comparison of dual-energy X-ray absorptiometry and air displacement plethysmography. *European journal of clinical nutrition*, 57(11), 1402–10.
- Radley, Duncan, Gately, P. J., Cooke, C. B., Carroll, S., Oldroyd, B., & Truscott, J. G. (2005). Percentage fat in overweight and obese children: comparison of DXA and air displacement plethysmography. *Obesity research*, 13(1), 75–85.
- Raynor, H. A., Bond, D. S., Freedson, P. S., & Sisson, S. B. (2012). Sedentary behaviors, weight, and health and disease risks. *Journal of obesity*, 2012, 852743.
- Reddigan, J. I., Riddell, M. C., & Kuk, J. L. (2012). The joint association of physical activity and glycaemic control in predicting cardiovascular death and all-cause mortality in the US population. *Diabetologia*, 55(3), 632–5.
- Rosengren, A., & Wilhelmsen, L. (1997). Physical activity protects against coronary death and deaths from all causes in middle-aged men. Evidence from a 20-year follow-up of the primary prevention study in Göteborg. *Annals of epidemiology*, 7(1), 69–75.
- Ross, R., Léger, L., Morris, D., de Guise, J., & Guardo, R. (1992). Quantification of adipose tissue by MRI: relationship with anthropometric variables. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 72(2), 787–95.
- Ross, R., Rissanen, J., Pedwell, H., Clifford, J., & Shragge, P. (1996). Influence of diet and exercise on skeletal muscle and visceral adipose tissue in men. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 81(6), 2445–55.
-

-
- Ruiz, J. R., Sui, X., Lobelo, F., Morrow, J. R., Jackson, A. W., Sjöström, M., & Blair, S. N. (2008). Association between muscular strength and mortality in men: prospective cohort study. *BMJ (Clinical research ed.)*, *337*, a439.
- Salmon, J., Breman, R., Fotheringham, M., Ball, K., & Finch, C. (2000). *Potential Approaches for the Promotion of Physical Activity: A review of the literature*. Melbourne, Australia: Deakin University, School of Health Sciences.
- Salmon, Jo, Tremblay, M. S., Marshall, S. J., & Hume, C. (2011). Health risks, correlates, and interventions to reduce sedentary behavior in young people. *American journal of preventive medicine*, *41*(2), 197–206.
- Schick, F., Machann, J., Brechtel, K., Stempffer, A., Klumpp, B., Stein, D. T., & Jacob, S. (2002). MRI of muscular fat. *Magnetic resonance in medicine: official journal of the Society of Magnetic Resonance in Medicine / Society of Magnetic Resonance in Medicine*, *47*(4), 720–7.
- Schutz, Y., Tremblay, A., Weinsier, R. L., & Nelson, K. M. (1992). Role of fat oxidation in the long-term stabilization of body weight in obese women. *The American journal of clinical nutrition*, *55*(3), 670–4.
- Schwarz, P. E., Greaves, C. J., Lindström, J., Yates, T., & Davies, M. J. (2012). Nonpharmacological interventions for the prevention of type 2 diabetes mellitus. *Nature reviews. Endocrinology*, *8*(6), 363–73.
- Sesso, H. D., Stampfer, M. J., Rosner, B., Hennekens, C. H., Gaziano, J. M., Manson, J. E., & Glynn, R. J. (2000). Systolic and diastolic blood pressure, pulse pressure, and mean arterial pressure as predictors of cardiovascular disease risk in Men. *Hypertension*, *36*(5), 801–7.
- Siconolfi, S. F., Gretebeck, R. J., & Wong, W. W. (1995). Assessing total body protein, mineral, and bone mineral content from total body water and body density. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, *79*(5), 1837–43.
- Sieverdes, J. C., Ray, B. M., Sui, X., Lee, D.-C., Hand, G. A., Baruth, M., & Blair, S. N. (2012). Association between leisure time physical activity and depressive symptoms in men. *Medicine and science in sports and exercise*, *44*(2), 260–5.
- Siri, W. E. (1961). Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. In J. Brozek & A. Henschel (Eds.), *Techniques for Measuring Body Composition*. (Vol. 9, pp. 223–244). Washington, DC: National Academy of Sciences.
- Skalsky, A. J., Han, J. J., Abresch, R. T., & McDonald, C. M. (2012). Regional and whole-body dual-energy X-ray absorptiometry to guide treatment and monitor disease progression in neuromuscular disease. *Physical medicine and rehabilitation clinics of North America*, *23*(1), 67–73, x.
- Slinde, F., Bark, A., Jansson, J., & Rossander-Hulthén, L. (2003). Bioelectrical impedance variation in healthy subjects during 12 h in the supine position. *Clinical nutrition (Edinburgh, Scotland)*, *22*(2), 153–7.
-

-
- Smith, D., Johnson, M., & Nagy, T. (2009). Precision and accuracy of bioimpedance spectroscopy for determination of in vivo body composition in rats. *International journal of body composition research*, 7(1), 21–26.
- Smith, S. R., de Jonge, L., Zachwieja, J. J., Roy, H., Nguyen, T., Rood, J., Windhauser, M., et al. (2000). Concurrent physical activity increases fat oxidation during the shift to a high-fat diet. *The American journal of clinical nutrition*, 72(1), 131–8.
- Stefanick, M. L., Mackey, S., Sheehan, M., Ellsworth, N., Haskell, W. L., & Wood, P. D. (1998). Effects of diet and exercise in men and postmenopausal women with low levels of HDL cholesterol and high levels of LDL cholesterol. *The New England journal of medicine*, 339(1), 12–20.
- Stommen, N. C., Verbunt, J. A., Gorter, S. L., & Goossens, M. E. (2012). Physical activity and disability among adolescents and young adults with non-specific musculoskeletal pain. *Disability and rehabilitation*, 34(17), 1438–43.
- Sullivan, A. B., Scheman, J., Venesy, D., & Davin, S. (2012). The role of exercise and types of exercise in the rehabilitation of chronic pain: specific or nonspecific benefits. *Current pain and headache reports*, 16(2), 153–61.
- Sun, S. S., Chumlea, W. C., Heymsfield, S. B., Lukaski, H. C., Schoeller, D., Friedl, K., Kuczmarski, R. J., et al. (2003). Development of bioelectrical impedance analysis prediction equations for body composition with the use of a multicomponent model for use in epidemiologic surveys. *The American journal of clinical nutrition*, 77(2), 331–40.
- Swinburn, B., & Shelly, A. (2008). Effects of TV time and other sedentary pursuits. *International journal of obesity (2005)*, 32 Suppl 7, S132–6.
- Sivori, M., & Sáenz, C. (2010). Shuttle test in severe COPD patients. *Medicina (Buenos Aires)*, 70(4), 305–310.
- Takami, R., Takeda, N., Hayashi, M., Sasaki, A., Kawachi, S., Yoshino, K., Takami, K., et al. (2001). Body fatness and fat distribution as predictors of metabolic abnormalities and early carotid atherosclerosis. *Diabetes care*, 24(7), 1248–52.
- Tarakci, E., Yeldan, I., Kaya Mutlu, E., Baydogan, S. N., & Kasapcopur, O. (2011). The relationship between physical activity level, anxiety, depression, and functional ability in children and adolescents with juvenile idiopathic arthritis. *Clinical rheumatology*, 30(11), 1415–20. doi:10.1007/s10067-011-1832-0
- Taylor, B. J., Heath, A.-L. M., Galland, B. C., Gray, A. R., Lawrence, J. A., Sayers, R. M., Dale, K., et al. (2011). Prevention of Overweight in Infancy (POI.nz) study: a randomised controlled trial of sleep, food and activity interventions for preventing overweight from birth. *BMC public health*, 11, 942.
- Thomas, E. L., Saeed, N., Hajnal, J. V., Brynes, A., Goldstone, A. P., Frost, G., & Bell, J. D. (1998). Magnetic resonance imaging of total body fat. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 85(5), 1778–85.
-

-
- Thomsen, T. K., Jensen, V. J., & Henriksen, M. G. (1998). In vivo measurement of human body composition by dual-energy X-ray absorptiometry (DXA). *The European journal of surgery = Acta chirurgica*, 164(2), 133–7.
- Toker, S., & Biron, M. (2012). Job burnout and depression: unraveling their temporal relationship and considering the role of physical activity. *The Journal of applied psychology*, 97(3), 699–710.
- Tomczak, C. R., Warburton, D. E. R., Riess, K. J., Jendzjowsky, N. G., Esch, B. T., Liang, Y., Haennel, R. G., et al. (2008). Pulmonary oxygen uptake and heart rate kinetics during the six-minute walk test in transplant recipients. *Transplantation*, 85(1), 29–35.
- Tonelli, S. M., Rakel, B. A., Cooper, N. A., Angstrom, W. L., & Sluka, K. A. (2011). Women with knee osteoarthritis have more pain and poorer function than men, but similar physical activity prior to total knee replacement. *Biology of sex differences*, 2, 12.
- Toth, M. J., Sites, C. K., Cefalu, W. T., Matthews, D. E., & Poehlman, E. T. (2001). Determinants of insulin-stimulated glucose disposal in middle-aged, premenopausal women. *American journal of physiology. Endocrinology and metabolism*, 281(1), E113–21.
- Trainini, J., Barisani, J. C., Cabrera Fischer, E. I., Chada, S., Christen, A. I., & Elencwajg, B. (1999). Chronic aortic counterpulsation with latissimus dorsi in heart failure: clinical follow-up. *The Journal of heart and lung transplantation: the official publication of the International Society for Heart Transplantation*, 18(11), 1120–5.
- Trivi, M., Thierer, J., Kuschnir, P., Acosta, A., Marino, J., Guglielmone, R., & Ronderos, R. (2011). [Echocardiographic predictors of exercise capacity in patients with heart failure and systolic dysfunction: role of mitral regurgitation]. *Revista española de cardiología*, 64(12), 1096–9.
- Tsiros, M. D., Olds, T., Buckley, J. D., Grimshaw, P., Brennan, L., Walkley, J., Hills, A. P., et al. (2009). Health-related quality of life in obese children and adolescents. *International journal of obesity (2005)*, 33(4), 387–400.
- Tudor-Locke, C., Craig, C. L., Cameron, C., & Griffiths, J. M. (2011). Canadian children's and youth's pedometer-determined steps/day, parent-reported TV watching time, and overweight/obesity: the CANPLAY Surveillance Study. *The international journal of behavioral nutrition and physical activity*, 8, 66.
- Utter, J., Scragg, R., & Schaaf, D. (2006). Associations between television viewing and consumption of commonly advertised foods among New Zealand children and young adolescents. *Public health nutrition*, 9(5), 606–12.
- Vanuzzo, D., Pilotto, L., Mirolo, R., & Pirelli, S. (2008). [Cardiovascular risk and cardiometabolic risk: an epidemiological evaluation]. *Giornale italiano di cardiologia (2006)*, 9(4 Suppl 1), 6S–17S.
- Walsh, N. P., Gleeson, M., Pyne, D. B., Nieman, D. C., Dhabhar, F. S., Shephard, R. J., Oliver, S. J., et al. (2011). Position statement. Part two: Maintaining immune health. *Exercise immunology review*, 17, 64–103.
-

-
- Walsh, N. P., Gleeson, M., Shephard, R. J., Gleeson, M., Woods, J. A., Bishop, N. C., Fleshner, M., et al. (2011). Position statement. Part one: Immune function and exercise. *Exercise immunology review*, 17, 6–63.
- Wang, J., Heymsfield, S. B., Aulet, M., Thornton, J. C., & Pierson, R. N. (1989). Body fat from body density: underwater weighing vs. dual-photon absorptiometry. *The American journal of physiology*, 256(6 Pt 1), E829–34.
- Wang, Z. M., Pierson, R. N., & Heymsfield, S. B. (1992). The five-level model: a new approach to organizing body-composition research. *The American journal of clinical nutrition*, 56(1), 19–28.
- Wichers, M., Peeters, F., Rutten, B. P. F., Jacobs, N., Derom, C., Thiery, E., Delespaul, P., et al. (2012). A time-lagged momentary assessment study on daily life physical activity and affect. *Health psychology: official journal of the Division of Health Psychology, American Psychological Association*, 31(2), 135–44. doi:10.1037/a0025688
- Wood, P. S., Krüger, P. E., & Grant, C. C. (2010). DEXA-assessed regional body composition changes in young female military soldiers following 12-weeks of periodised training. *Ergonomics*, 53(4), 537–47.
- World Health Organization. (1995). *The Used and Interpretation of Anthropometry. Report of WHO Expert Committee, Technical Report Series 854. Geneva: WHO Expert Committee on Physical Status, 1995.*
- Xu, F., Wang, Y., Ware, R. S., Tse, L. A., Dunstan, D. W., Liang, Y., Wang, Z., et al. (2012). Physical activity, family history of diabetes and risk of developing hyperglycaemia and diabetes among adults in Mainland China. *Diabetic medicine: a journal of the British Diabetic Association*, 29(5), 593–9. doi:10.1111/j.1464-5491.2011.03495.x
- Zhang, X., Yao, S., Sun, G., Yu, S., Sun, Z., Zheng, L., Xu, C., et al. (2012). Total and abdominal obesity among rural Chinese women and the association with hypertension. *Nutrition (Burbank, Los Angeles County, Calif.)*, 28(1), 46–52.
- Zisser, H., Gong, P., Kelley, C. M., Seidman, J. S., & Riddell, M. C. (2011). Exercise and diabetes. *International journal of clinical practice. Supplement*, (170), 71–5.

X. Anexos.

Anexo 1. Formularios de consentimiento informado.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA (PROPIA)
UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUIMICA
MINISTERIO DE SALUD DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

ESTUDIO SOBRE INTERVENCIONES PARA REDUCIR LA OBESIDAD INFANTIL

Asentimiento informado

Vos, a través de tu escuela, has sido seleccionado/a para participar de un estudio para conocer tu estado nutricional, a través de la medición de la cantidad de agua que posee tu cuerpo. Para esto se utilizará una metodología muy sencilla, que no produce ningún tipo de molestias, que diferencia la cantidad de músculos y de grasa del cuerpo.

En qué consistirá tu participación: se te hará una encuesta sobre consumo de alimentos para que la contestes con tus papás. Se te dará a tomar agua deuterada y una porción de algodón estéril para que la mastiques por 1 minuto. Al cabo de 1 minuto, escupirás el algodón masticado en un recipiente. El objeto del estudio es medir la cantidad de agua que hay en la saliva. También se tomarán medidas antropométricas (peso y estatura), se medirá la grasa corporal con bioimpedancia (aparato que mide agua y grasa) y pliegues cutáneos, (instrumento llamado "caliper"). En ningún momento te pincharán ni tendrás que quitarte la ropa para nada.

Beneficios que obtendrás: en pocas horas, al terminar la evaluación, podrás conocer el porcentaje real de grasa y de masa muscular que contiene tu cuerpo y la relación de esta cantidad con la esperada para niños de tu edad y sexo. Esta información es un indicador muy importante del estado de salud en relación a prevenir enfermedades de tipo metabólicas y cardiovasculares. Diagnosticar y prevenir estos trastornos a edades muy tempranas mejora enormemente la calidad de vida y la salud.

Beneficios generales por tu participación:

Además, con la información obtenida de todos los niños analizados, servirá para planificar intervenciones específicas para prevenir la obesidad en la comunidad.

Perjuicios posibles: ninguna de las mediciones ha producido perjuicios anteriormente, sin embargo el hecho de ayunar puede producir molestias o trastornos pasajeros.

Tu participación es completamente voluntaria y toda la información será manejada con estricta confidencialidad. Los datos obtenidos de este estudio serán publicados en un documento, pero tu identidad no será revelada.

Si tienes preguntas sobre el estudio podrás llamar al PROPIA UNLP 0221-4240293 directamente o comunicarte con tu maestra o directora de la escuela que ellas se comunicarán con nosotros.

Firma de la participante

Firma del testigo.

Aclaración de firma y DNI.

Aclaración de firma y DNI.

Firma del investigador principal.

Nombre y Apellido del investigador principal.
DNI _____

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA (PROPIA)
UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUIMICA
ESTUDIO SOBRE INTERVENCIONES PARA REDUCIR LA OBESIDAD INFANTIL

FORMULARIO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Su hijo/a _____, ha sido seleccionado para participar de un estudio cuyo objeto es conocer la capacidad funcional, a través de la aplicación de un test de aptitud física sencillo y de bajo riesgo.

En caso de que usted y su hijo/a acepten participar de este estudio deberá firmar este formulario de consentimiento. Si su hijo tiene 7 años o más, se requerirá también el asentimiento del niño para la participación como lo establecen las normas vigentes.

En qué consistirá su participación: el test de 6 minutos consiste en recorrer caminando la mayor cantidad de metros durante ese lapso de tiempo. Los evaluadores registrarán los metros recorridos. En el mismo momento se le colocará un cardiotacómetro (marca Polar, Onrom o similar), que registra la frecuencia cardíaca. Este dispositivo es de sencilla utilización y consiste en una cinta plástica apoyada sobre la parrilla costal que el niño deberá llevar puesta durante la ejecución del test. La utilización de este tipo de tecnología brinda datos muy importante a los investigadores acerca del nivel de condición física del niño y a la vez colabora en la supervisión de la ejecución del test.

La prueba se realizará en horario escolar, en el patio de la escuela (si el clima lo permite), con presencia de docentes de la escuela. El día de la evaluación el niño deberá concurrir con ropa cómoda para caminar. No se requiere ningún tipo de preparación previa.

La participación de su hijo/a es completamente libre y voluntaria y que toda la información será manejada con estricta confidencialidad. Los datos obtenidos de este estudio serán publicados en un documento, pero la identidad de los participantes no será revelada.

Beneficios que usted obtendrá: mediante la evaluación de la condición física se puede saber si el niño responde adecuadamente para su edad y sexo, al estímulo de caminar a intensidad moderada. Este es un indicador muy importante del estado de condición física y tiene relación con el riesgo de desarrollar enfermedades metabólicas y cardiovasculares.

Diagnosticar y prevenir estos trastornos a edades muy tempranas mejora enormemente la calidad de vida y la salud. Además la información servirá para planificar intervenciones específicas para prevenir la obesidad en la comunidad. Los niños que presenten un rendimiento inadecuado y no cuenten con pediatra de cabecera podrán consultar con el PROPIA (teléfono 4240293), donde los recibirán profesionales especializados para atenderlos gratuitamente.

Perjuicios posibles: hasta el momento no se han registrado accidentes o trastornos importantes ocasionados por la aplicación de esta metodología. No obstante el hecho de realizar una actividad física moderada lleva implícito un bajo riesgo de accidentes o molestias de tipo osteoarticular típicas del trabajo físico. Por ser un test aplicable a personas con disfunciones cardiovasculares y respiratorias, no es esperable que se presenten efectos nocivos a nivel metabólico, respiratorio o cardiovascular. Sin embargo si su hijo tiene algún impedimento para realizar actividad física le rogamos informar fehacientemente al equipo de investigación.

La escuela cuenta con ejemplares del protocolo de investigación en su versión completa y abreviada, disponibles para consultas en todo momento. Si tiene preguntas sobre el estudio podrá llamar a PROPIA UNLP 4240293.

Usted ha leído o se le ha leído este Documento de Consentimiento y suficiente información sobre las técnicas a utilizar, y está de acuerdo en participar.

_____ NOMBRE	_____ FIRMA PADRE MADRE (en otro caso especificar vínculo)	_____ DNI
-----------------	--	--------------

FECHA: _____

UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUIMICA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA (PROPIA)

ESTUDIO SOBRE INTERVENCIONES PARA REDUCIR LA OBESIDAD INFANTIL Y DEFICIENCIAS DE MICRONUTRIENTES

FORMULARIO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Su hijo/a _____, ha sido seleccionado para participar de un estudio cuyo objeto es conocer el estado nutricional, a través de la medición de la cantidad de agua y grasa corporal, micronutrientes y marcadores de inflamación. Para esto se utilizarán metodologías sencillas.

En caso de que usted y su hijo (a) acepten participar de este estudio deberá firmar este formulario de consentimiento. Si su hijo tiene 7 años o más, se requerirá también el asentimiento del niño para la participación como lo establecen las normas vigentes.

En qué consistirá su participación: a cada participante en ayunas se le dará a tomar agua deuterada, luego se dará una porción de algodón estéril para que el niño/a la coloque en la boca y la embeba en saliva por 1 minuto. Al cabo de ese tiempo el niño pondrá el algodón embebido en un tubo. El objeto del estudio es medir la cantidad de agua deuterada que hay en la saliva. También se tomarán medidas antropométricas (peso y estatura), se medirá la grasa corporal con bioimpedancia (aparato que mide agua y grasa) y pliegues cutáneos, (con un instrumento llamado "caliper"). Todas las determinaciones se harán con el niño vestido. Además se tomará una muestra de sangre para conocer si su hijo tiene un estado nutricional de hierro y vitamina A adecuados. La participación de su hijo/a es completamente libre y voluntaria y toda la información será manejada con estricta confidencialidad. Los datos obtenidos de este estudio serán publicados en un documento, pero la identidad de los participantes no será revelada.

Beneficios que usted obtendrá: usted podrá conocer el porcentaje real de grasa y de masa libre de grasa que contiene el cuerpo de su hijo/a y la relación de esta cantidad con la esperada para su edad y sexo. Esta información es un indicador muy importante del estado de salud en relación a prevenir enfermedades de tipo metabólicas y cardiovasculares. También conocerá si su hijo está anémico ó tiene deficiencia de vitamina A. Diagnosticar y prevenir estos trastornos a edades muy tempranas mejora enormemente la calidad de vida y la salud. Además la información servirá para planificar intervenciones específicas para prevenir la obesidad en la comunidad. Los niños que presenten sobrepeso y deficiencia de nutrientes recibirán un informe para que Ud pueda informar y consultar con el pediatra de cabecera .

Perjuicios posibles: no se han registrado molestias ocasionadas por la aplicación de esta metodología a las dosis que se van a utilizar. No obstante el hecho de concurrir en ayunas podría ser causante de trastornos pasajeros.

La institución cuenta con ejemplares del protocolo de investigación en su versión completa y abreviada, disponibles para consultas en todo momento. Si tiene preguntas sobre el estudio podrá llamar a Cátedra de Nutrición, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidad de Buenos Aires 011 4964 8242.

Usted ha leído o se le ha leído este Documento de Consentimiento y suficiente información sobre las técnicas a utilizar, y está de acuerdo en participar.

_____ NOMBRE	_____ FIRMA PADRE MADRE (en otro caso especificar vínculo)	_____ DNI
FECHA: _____		

Anexo 2. Resumen del Protocolo de investigación utilizado y aprobado por el Comité de Ética.

Protocolo de investigación

Desarrollo y evaluación de programas de intervención
para reducir la obesidad infantil en Latinoamérica
(Proyecto Regional Latinoamericano 6/052 ARCAL -OIEA)

Universidad Nacional de La Plata-Programa de Prevención
del Infarto en Argentina (PROPIA)/Universidad de Buenos
Aires- Facultad de Farmacia y Bioquímica.

Argentina, abril de 2008.

INTRODUCCION

Importancia de la evaluación en niños y datos epidemiológicos nacionales

En Argentina, como en la mayoría de los países del Latinoamérica y el Caribe, y a consecuencia de la transición epidemiológica, padecemos una epidemia de enfermedades crónicas no transmisibles, particularmente enfermedades cardiovasculares.¹⁻² En los últimos 20 años ha surgido evidencia convincente que vincula factores de riesgo definidos en los adultos obesidad, sedentarismo, tabaquismo, hipertensión e hipercolesterolemia con procesos ateroscleróticos.³⁻⁴ Muchos de estos factores comienzan desde la infancia ya que su efecto es mayor con la persistencia a lo largo del tiempo.

En América latina se registran prevalencias crecientes de obesidad en consonancia con la transición epidemiológica mencionada.⁵⁻⁶⁻⁷⁻⁸⁻⁹

¹ Abegunde DO, Mathers CD, Adam T, Ortegon M, Strong K. The burden and costs of chronic diseases in low-income and middle-income countries. *Lancet*. 2007 Dec 8;370(9603):1929-38.

² WHO report. Prevention of cardiovascular disease: guideline for assessment and management of cardiovascular risk, 2007.

www.who.int/cardiovascular_diseases/guidelines/Prevention_of_Cardiovascular_Disease/en/index.html

³ Lopez AD et al. Global and regional burden of disease and risk factors, 2001: systematic analysis of population health data. *Lancet*. 2006;367(9524):1747-57.

⁴ Jousilahti P, Tuomilehto J, Korhonen H, Vartiainen E, Puska P, Nissinen A. Trends in cardiovascular disease risk factor clustering in eastern Finland: results of 15-year follow-up of the northern Karelia project. *Prev Med* 1994;23:6-14.

⁵ Filozof C, González C, Sereday M, Mazza C, Braguinsky J. Obesity prevalence and trends in Latin-American countries. *Obes Rev* 2001; 2: 99- 106.

⁶ Amigo H. Obesidad en el niño en América Latina: situación, criterios de diagnóstico y desafío. *Cad Saúde Pública*, Rio de Janeiro 2003; 19 (Supl): S163- 170.

⁷ Kain J, Uauy R, Vio F, Albala C. Trends in overweight and obesity prevalence in Chilean children: Comparison of three definitions. *Eur J Clin Nutr* 2002; 56: 200-204.

⁸ Rivera-Dommarco J, Shamah-Levy T, Villapando- Hernández S, González de Cosío T, Hernández-

Prado B, Sepúlveda I. Encuesta nacional de nutrición 1999: Estado nutricional de niños y mujeres en México. México DF: Instituto Nacional de Salud Pública, 2001.

Desde hace décadas enfermedad cardiovascular constituye la primera causa de muerte en adultos.¹⁰ Sin embargo, relativamente pocas encuestas poblacionales en Argentina se ocuparon del riesgo de obesidad, uno de sus factores de riesgo, en escolares en su primera etapa.¹¹⁻¹²⁻¹³⁻¹⁴ Entre ellas se destacan la del Proyecto Tierra del Fuego (CESNI), que data de 1995.¹⁵ Allí se encuestaron 900 niños, siendo la prevalencia detectada en el grupo de niños de 6 a 11 años del 14%. Otro estudio, la Encuesta de Salud, Nutrición y Desarrollo, realizada en la ciudad de Córdoba y Gran Córdoba (CLACYD- CESNI) en el año 2000, sobre 1362 sujetos, mostró para cifras del 11% en sujetos de 8 años.¹⁶ El criterio para definir sobrepeso y obesidad en los niños ha sido (excepto en el primer estudio) el utilizado por la OMS (sobrepeso entre +1 y +2 Desvíos Estándar DE, obesidad >2DE según tablas del NCHS estadounidense). Este criterio está basado en una distribución normal de la relación peso para talla, lo que no parece ser la que siguen nuestras poblaciones.

Evaluar la composición corporal de niños de edad escolar resulta imprescindible a los fines de conocer el estado de salud en general y el estado nutricional en particular. Para ello es necesario utilizar indicadores fiables que den cuenta de la participación relativa de masa grasa en relación a la masa corporal total.

⁹ Monteiro C, Benicio M, Conde W, Popkin B. Shifting obesity trends in Brazil. *Eur J Clin Nutr* 2000; 54: 342-346.

¹⁰ Thom TJ. International mortality from heart disease: rates and trends. *Int J Epidemiol* 1989;18(3 Suppl 1):S20-28.

¹¹ Díaz A, Jaquenod M, Rùgolo E y col. Encuesta nutricional de niños/as menores de 6 años de la provincia de Buenos Aires. Proyecto NUTRIABA. Resultados antropométricos. Abstract EN25, XII Congreso Latinoamericano de Nutrición. Buenos Aires, 2000.

¹² Calvo E (ed). Encuesta Antropométrica en menores de 6 años bajo Programa Materno Infantil. En: Estudios Antropométricos en la población infantojuvenil. República Argentina 1993-1996. Dirección de Salud Materno Infantil. Ministerio de Salud y Acción Social de la Nación. Buenos Aires, 1999: 13- 42.

¹³ Calvo E. Obesidad infantil y adolescente: un desafío para la prevención. *Arch.argent.pediatr.* 2002; 100(5): 355-56.

¹⁴ Oleiro A, Rainieri F, Jaquenod M. Encuesta Antropométrica de Efectores de Salud 2002. Informe Final. Programa Materno Infantil. Ministerio de Salud de la provincia de Buenos Aires, 2003.

¹⁵ Proyecto Tierra del Fuego. Diagnóstico basal de salud y nutrición. Buenos Aires: CESNI/Fundación Jorge Macri, 1995.

¹⁶ Encuesta de Salud, Nutrición y Desarrollo realizada en la ciudad de Córdoba y Gran Córdoba (CLACYD- CESNI) 2000

Si bien existen metodologías precisas para medir la composición corporal (absorciometría, pletismografía), a menudo éstas, por su complejidad y altos costos, no están al alcance de los equipos de salud y menos aún cuando se trata de estudios poblacionales a gran escala. De la misma manera puede verse limitada su aplicación en la práctica clínica habitual.

En nuestro medio no existe experiencia con técnicas de bajo costo validadas, para ser utilizadas en estudios poblacionales.

El método de dilución isotópica para conocer agua corporal total es en la actualidad el método de referencia para validar herramientas de bajo costo. Este estudio propone utilizarlo debido a su exactitud, inocuidad, y facilidad de aplicación para evaluar sobrepeso en grupos poblacionales, y además por la amplia base de antecedentes de su utilización en investigación en adultos tanto como niños.

Con el presente estudio, nos proponemos desarrollar ecuaciones de predicción que permitan validar técnicas simples, basadas en mediciones antropométricas y en aplicación de impedancia bioeléctrica.

El estudio se desarrollará en el marco del proyecto de cooperación técnica propiciado por la agencia de Organización de las Naciones Unidas IAEA (International Atomic Energy Agency) "Implementation and evaluation of intervention programmes to prevent and control childhood obesity in Latin America (ARCAL) (RLA 6/059)", paralelamente con 13 países de la región.

Antecedentes internacionales en medición de la composición corporal

La obesidad tiene múltiples causas que se extienden desde la genética y el metabolismo, hasta los factores externos ambientales e interacciones psicosociales que actúan sobre mediadores fisiológicos de gasto y consumo energético.¹⁷ Existe evidencia de que el componente genético actúa sobre el gasto energético, en especial sobre la tasa metabólica basal, la cual es a su vez determinada por la cantidad de masa grasa del individuo

Estudios realizados en Inglaterra, con niños en edad escolar, muestran diferencias significativas entre la composición corporal de acuerdo a masa magra y grasa, y los requerimientos energéticos totales diarios.¹⁸ Los niveles de gasto energético por

¹⁷ Jebb SA. Etiology of obesity. British Medical Bulletin. London v.53 n°2:307 - 321.

¹⁸ Kirsten L Rennie, M Barbara E Livingstone, Jonathan CK Wells, A McGloin, W Andrew Coward, Andrew M Prentice and Susan A Jebb. Association of physical activity with body-composition indexes in

actividad normal diaria y de actividad física formal se asociaron negativamente con el total de grasa corporal en niños no obesos. En este estudio se sugiere la necesidad de realizar detalladas mediciones de la composición corporal para predecir el riesgo de obesidad en niños.

Otro estudio realizado en Sao Paulo, Brasil,¹⁹ para medir el gasto energético en niños y niñas con retardo en talla, encontró que las niñas de escolares edad tienen más bajo gasto metabólico que los varones, lo que podría explicar el mayor riesgo de obesidad de las niñas por su composición corporal.

En Cuba, la prevalencia de sobrepeso (definida como el percentilo 90 de peso para la talla en las tablas cubanas) en preescolares muestra también cifras alarmantes desde 1998.²⁰⁻²¹ Un estudio con técnicas isotópicas en regiones rurales reveló que los niños preescolares cubanos con valores normales de peso y talla para la edad y peso para la talla, usualmente tienen valores altos de gasto energético total y de actividad física.

Se proveen en el Anexo 12 las experiencias internacionales en medición de la composición corporal con las técnicas expuestas, en niños.

Justificación del estudio

El propósito final de este estudio proveer de herramientas precisas para medición de la composición corporal, basadas en la mejor tecnología, a los diferentes profesionales de la salud y decisores sanitarios para hacer el diagnóstico de sobrepeso y obesidad a nivel individual y comunitario. A la vez, esta información será de utilidad para diseñar estrategias poblacionales de intervención. Diferentes estrategias poblacionales se han utilizado anteriormente en el mundo a través de

children aged 6-8 y at varied risk of obesity. *American Journal of Clinical Nutrition*, 2000. Vol. 82, No. 1, 13-20.

¹⁹ Hoffman Daniel, Ana L Sawaya, W Andrew Coward, Antony Wright, Paula A Martins, Celia de Nascimento, Katherine L Tucker and Susan B Roberts. Energy expenditure of stunted and nonstunted boys and girls living in the shantytowns of São Paulo, Brazil. *American Journal of Clinical Nutrition*, 2000. Vol. 72, No. 4, 1025-1031

²⁰ Arguelles JM. Comparación entre normas cubanas y las referencias de la OMS en evaluación nutricional. *Rev Cubana Aliment Nutr* 1997;11(1):15-25

²¹ Chiang, A. et al. Acerca del estado de nutrición de niños menores de 5 años en localidades rurales según el abastecimiento de agua. *Rev Cubana Aliment Nutr* 1991;5(1):56-9

estudios comunitarios de intervenciones integradas para paliar la epidemia de obesidad.²²

El estudio tomará el grupo poblacional de 5 a 8 años dado que en una primera etapa, la IAEA apoyó el desarrollo de ecuaciones en niños preescolares. Además, no existen ecuaciones de predicción a nivel local que se hayan desarrollado para este grupo poblacional en particular en nuestra región. La hipótesis principal del estudio es que la antropometría resulta un método válido para medir o estimar grasa corporal en niños de edad escolar cuando se ajustan sus resultados mediante factores de corrección adecuados en población argentina.

OBJETIVOS

Objetivos generales

1. Validar métodos convencionales (antropometría, bioimpedanciometría y otros) para medir la composición corporal, actividad física, fitness físico, e ingesta calórica a través de técnicas isotópicas en niños de 6 a 9 años de edad provenientes de un área de la provincia de Buenos Aires, Argentina.
2. Obtener ecuaciones predictivas para la comunidad blanco, que contribuyan realizar un perfil diagnóstico poblacional inicial y a poder evaluar, luego de implementadas, intervenciones comunitarias destinadas a la prevención del sobrepeso y la obesidad.

Objetivos específicos

1. Identificar la relación entre el tamaño corporal y la composición corporal de niños escolares utilizando técnicas isotópicas como dilución con deuterio.
2. Validar los puntos de corte de indicadores antropométricos epidemiológicos tradicionales en relación a composición corporal real basada en tejido adiposo y masa magra.

²² Puska P et al. The North Karelia Project: Evaluation of a comprehensive community programme for control of cardiovascular diseases in North Karelia, Finlandia, 1972-1977. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 1981.

3. Caracterizar los patrones dietéticos a través de encuestas y de actividad física por acelerometría de niños escolares.
4. Diseñar un método para intervenir con programas dirigidos a la reducción de la obesidad y el sobrepeso en niños y niñas.
5. Validar metodologías de intervención para la reducción del sobrepeso y la obesidad en niños argentinos.
6. Transferir experiencia entre países para el diseño y mejoramiento de programas de intervención nutricional en la población escolar.

MÉTODOS

Descripción metodológica

Este estudio utilizará la medición de antropometría y bioimpedancia eléctrica para obtener el índice de masa corporal (IMC, Kg/m^2), la circunferencia de cintura (CC, cm), el índice peso-para-talla y la estatura²/resistencia (cm^2/Ohms), como indicador de grasa corporal total. Estos indicadores epidemiológicos sencillos se validarán comparándolos con un modelo de composición corporal de agua corporal total (agua deuterada), siendo esta técnica nuclear de validez adecuada, y totalmente inocua. Esto permitirá obtener ecuaciones de predicción para su uso en el diagnóstico de obesidad para el área local y para la región. Además se evaluarán componentes específicos de los patrones alimentarios y de actividad física

Para promover la participación voluntaria de niños y padres, se propone devolver los resultados del estudio antropométrico mediante un informe personalizado a cada padre, conjuntamente con una guía de vida saludable y activa, a fin de promover salud mediante el conocimiento de su propio estado nutricional.

La validez del método, el bajo costo, la sencillez y la inocuidad de la técnica son los principales motivos por los cuales este estudio propone su utilización.

Diseño del estudio

Estudio de tipo descriptivo, transversal y observacional en su primera fase (protocolo actual). En su segunda fase se evaluarán además, de forma prospectiva, intervenciones en nutrición y actividad física que se implementarán en el área.

Población

Localización: El estudio se llevará a cabo en 2 escuelas primarias básicas del partido de La Plata, preferentemente del ámbito privado, y se contempla la posibilidad de evaluar a niños que participan en deportes en diferentes clubes de la zona de influencia.

En referencia al tiempo estimativo de reclutamiento, se prevé una duración estimada en 2 meses para el reclutamiento y muestreo.

Criterios de Inclusión y exclusión

Criterios de Inclusión: Niños escolares que al momento del estudio tengan entre 6 años y 9 años de edad cronológica, cuyos padres hayan firmado el consentimiento informado correspondiente y que no presenten ninguna afección que potencialmente pueda modificar la composición corporal o el grado de hidratación.

Criterios de Exclusión: Niños que presenten obesidad mórbida o que al momento estén recibiendo medicación que afecte la composición corporal (glucocorticoides, diuréticos) al igual que aquellos que padecen alguna condición médica que modifique la composición corporal (metabopatías, endocrinopatías). También serán excluidos los niños que padezcan problemas neurológicos o impedimentos que afecten su normal desarrollo.

Cálculo del tamaño muestral y muestreo

Los cálculos presumen normalidad de la distribución para las variables en nuestra muestra. El poder se ajustó al 90% y el nivel de significancia al 5% (test de 2 colas). El tamaño muestral se calculará en función de una prevalencia poblacional de obesidad infantil cercana al 10% para nuestro país, con un error estimado de 0,04. Proporción de niños/niñas: 1:1

$N = (1,96)^2 \times 0,10 \times (0,90) / (0,04)^2$, lo que arroja un total de 217 sujetos

En relación al muestreo, los niños serán seleccionados aleatoriamente dentro de cada establecimiento mediante sorteo utilizando el número de orden en el correspondiente registro de asistencia del docente y provendrán de establecimientos públicos y/o privados de la ciudad de La Plata y CEF (Centros de Educación Física).

Mediciones a realizar

Composición corporal - Técnica en terreno

Antropometría

Se determinará el peso corporal (kg) y la talla (m), calculándose el Índice de Masa Corporal (IMC) (kg/m²). Se medirán los pliegues tricípital, bicipital, subescapular y suprailíaco, a partir de los cuales se calculará la densidad corporal mediante la fórmula de Durnin & Womersley. La densidad corporal se utilizará para calcular el porcentaje de masa grasa (% G) mediante la ecuación de Siri.

Técnica de Dilución con agua deuterada

Para estimar la masa celular libre de grasa (MLG) y posteriormente el %G, se determinará el Agua Corporal Total (ACT) por el método de dilución isotópica con oxido de deuterio. Este método se basa en el principio de dilución por el cual es posible conocer el ACT del sujeto en estudio a partir de la administración de una dosis de volumen (V1) y concentración (C1) conocidas de agua deuterada y de la determinación de la concentración de deuterio (C2) en un muestra de saliva (ver anexo 11). Para ello, los sujetos recibirán en ayunas una dosis oral de 2,5 g de óxido de deuterio (99.8%, Icon Isotopes, Summit, NJ, USA). Luego de alcanzado el equilibrio, aproximadamente 3 horas, una muestra de saliva será recolectada. Previamente a la toma de la dosis de agua deuterada, se recogerá una muestra de saliva para la determinación de deuterio basal, la que será descontada.

La concentración de deuterio en saliva (C2) se medirá en un espectrómetro de masa de relaciones isotópicas del Laboratorio de Metabolismo Energético e Isótopos Estables del INTA, Universidad de Chile, Santiago de Chile. Calculada el agua corporal total (ACT) como $C1 \cdot V1 / C2$, se calculará la MLG según $MLG = [(ACT/0.732)/1.04]$, donde 0.732 es el coeficiente de hidratación de MLG y 1.04 es un factor de corrección. El porcentaje de masa grasa se calculará como la diferencia entre el PC y MLG, según $\% G = (PC - MLG) / PC \cdot 100$. La variación del porcentaje de grasa corporal en función del IMC se valorará mediante la ecuación de Slaughter.

El método de dilución isotópica con deuterio se viene utilizando desde hace más de medio siglo en la investigación clínica en todo el mundo, en personas de todas las edades, sanas y enfermas de decenas de países. En el Anexo 12 se proveen publicaciones en donde se utilizó el método en poblaciones pediátricas. Se enfatiza la inocuidad del mismo para los seres humanos a las concentraciones que se utilizarán en el presente estudio, detalle de esto se encuentra en el Anexo 11.

Se registrará con cuánto deuterio se contará inicialmente y el consumo diario y al final del estudio. Se consignará el número de viales, el número de serie de cada vial,

la fecha de validez, cantidad, número de lote/serie, y se garantizarán las condiciones de su almacenamiento, previo y de la muestra de saliva obtenida.

Bioimpedanciometría

Se utilizará un bioimpedanciómetro multifrecuencia Bodystat Co. (ver Anexo 3) para calcular agua corporal total, agua intracelular, agua extracelular y masa grasa, entre otros parámetros.

Se registrarán los datos de terreno en el lugar de cabecera. En la escuela quedarán copias de protocolo, y en Hospital de niños Sor María Ludovica, en PROPIA y en UBA, copia de base de datos a anexa con base con participantes anonimizados. Además, el centro IDIP del Hospital mencionado será depositario de los datos obtenidos en terreno, y de un vial de deuterio patrón.

Nivel de actividad física

Se medirá utilizando el cuestionario IPAQ auto administrado (progenitor o adulto responsable) en su forma abreviada (Craig 2003). Se utilizará la escala numérica continua para establecer cantidad de energía gastada en la semana (kcal/semana).

Además en una sub-muestra de 40 niños se medirá nivel de actividad física mediante la colocación de un acelerómetro portátil de tipo Actiheart (Mini Mister Co.) (ver Anexo 3) que registrará los movimientos y desplazamientos de los niños durante 48 hs en días escolares y durante 24 hs en fines de semana. Estos resultados se correlacionarán con porcentaje graso medido por diferentes metodologías y con cuestionario IPAQ corto.

Procedimiento de reclutamiento de participantes

Se invitará por carta a todos los padres a que sus niños participen del estudio. Dicha carta, en el cuaderno de comunicaciones de los alumnos, deberá retornar con el asentimiento o no firmado. Participarán del estudio sólo aquellos niños que hayan asentido participar y cuyos padres o responsables autoricen al mismo mediante la firma del consentimiento informado.

La fecha de inicio y finalización de las mediciones en terreno será aproximadamente desde mayo 2008 a Agosto 2008.

Validez e integridad de los datos

Los datos serán ingresados en una base de datos en dos copias separadas por diferente personal, se compararán a intervalos de tiempo, y las diferencias

observadas se referirán de nuevo a los formularios originales, y serán corregidas según resulte necesario. Se resguardará la integridad de los datos por 10 años, con copias en varios ordenadores, y en varios soportes.

Análisis estadístico

Las variables continuas serán presentadas en media o mediana (+/- SD) según corresponda; las variables categóricas serán expresadas en números totales y proporciones. Para el caso de test estadísticos con variables categóricas se utilizarán test de Chi cuadrado o Fisher según corresponda. Para variables continuas se utilizará ANOVA, T-test o Wilcoxon según resulte apropiado.

Todos los test estadísticos, tendrán $\alpha = 0.05$ y serán a dos colas excepto que se indique lo contrario.

Se realizará un Curva ROC para obtener los valores umbrales óptimos del test de agua deuterada en este grupo de sujetos.

Se determinará la concordancia en la masa grasa obtenida por antropometría y por bioimpedancia con respecto al obtenido por agua corporal total por dilución isotópica usando el Test de Bland y Altman.

El análisis estadístico, la presentación y el manejo de datos se realizarán con Intercooled Stata 9.2 para Windows y Microsoft Office Excel 2007.

Estudio piloto

Incluirá 20 casos de una misma escuela. Se utilizará para ajustar procedimientos y metodología. Responderá a los mismos pasos metodológicos que el proyecto general.

Registro de Eventos

Los eventos raramente observados por el ayuno son: mareos, sensación de desvanecimiento, cefalea, molestias gástricas.

No se han reportado efectos adversos vinculados con la ingesta de deuterio a las concentraciones que se utilizarán en el presente estudio.

Se registrará en planilla cualquier efecto adverso que se registre, y los médicos participantes serán responsables de los tratamientos necesarios en el lugar, y de un seguimiento con registro pormenorizado de cada caso, anónimo.

Habrá un médico pediatra presente todos los días del estudio, y será responsable de cualquier decisión médica relacionada con el estudio, durante y después del mismo.

Aclarar también que la escuela cuenta con un servicio de emergencias médicas que complementa.

Se instruirá a los padres o responsables de los niños que participen en cuanto a que deberán informar al pediatra del niño. Se recomendará enfáticamente en el consentimiento informado que ante cualquier duda consulte al pediatra del niño.

Informes de seguridad

Los efectos adversos serios serán reportados al Comité, a la Autoridad sanitaria. Los médicos participantes serán responsables de un seguimiento con registro pormenorizado de cada caso, anónimo.

Ambiente físico

Se verificaron las condiciones edilicias de las escuelas potenciales a participar. Las autoridades de las mismas dispusieron los espacios físicos, y el equipo de investigadores y la autoridad local convinieron en que son adecuados e higiénicos. Es de destacar que las experiencias previas realizadas en Latino-América se desarrollaron en ámbitos escolares (Salazar y col).

Se documentan las características de las instalaciones con fotos digitales, siendo tres habitaciones del ámbito escolar (ver Anexo 13).

Entrenamiento de los investigadores

Se proveen en los anexos los Curriculum Vitae de los investigadores participantes documentando el entrenamiento de los mismos (Anexo 8). Adicionalmente, en el Anexo 10 se mencionan adicionalmente los premios obtenidos con la metodología utilizada.

Se realizarán previo a las tareas de terreno talleres de información y capacitación con la totalidad de docentes implicados en las escuelas a participar, y del personal de la escuela especialmente adscripto al proyecto.

Cuestiones éticas

El protocolo de estudio será evaluado por el Comité de Ética del Hospital de Niños Sor María Ludovica, de la ciudad de La Plata. En todo momento el niño o los padres son libres de abandonar el estudio sin previo aviso o justificación alguna.

Los investigadores se atañen y suscriben la Declaración de Helsinki según su versión más actual, ciñéndose a cada uno de sus enunciados.

Auditoría y Monitoreo

Las autoridades del Comité de Ética, de la entidad patrocinadora y de la autoridad sanitaria local pueden auditar y monitorear en cualquier punto el desarrollo del trabajo.

Procedimiento de manejo de datos y confidencialidad

La información personal de los sujetos será confidencial. Se codificará la identidad para el análisis posterior por investigador cegado. En una ficha preimpresa se registrarán los datos primarios, las variables a analizar, los resultados de la evaluación clínica y métodos complementarios. Las fichas utilizadas se guardarán en una carpeta únicamente accesible a los investigadores. Luego, con los datos codificados, se completará una planilla en Microsoft Excel. Una clave de ingreso, conocida sólo por los investigadores, protegerá el archivo.

En ningún momento se proveerán a terceros datos identificatorios del paciente, ni el nombre de pila en las bases de datos de registros

RESULTADOS PLANEADOS

Se planea obtener los siguientes resultados:

1. Métodos simples validados para determinar composición corporal, actividad física y gasto calórico en niños de 5 a 8 años.
2. Línea de base en relación a composición corporal, actividad física, fitness, y gasto calórico en la población estudiada, con comunicación a los individuos o sus responsables legales, y asistencia médica para los niños que se detectaren obesos luego del estudio.
3. Diseminación de experiencias, construcción de capacidad, y agrandamiento de la red regional.

CRONOGRAMA

El cronograma de actividades se detalla en el Anexo 4

REPORTE DE LOS RESULTADOS Y DISEMINACIÓN

Se prevé la presentación de informes parciales semestrales a la IAEA-ONU, la presentación de un informe final con los resultados del estudio y la presentación de ecuaciones de predicción en el mes de diciembre de 2008. Asimismo se publicarán los

resultados en revista científica de circulación internacional. Está prevista la publicación conjunta de todos los países que trabajarán en este proyecto y luego una publicación particular con los resultados para la Argentina.

Se presentarán al Comité de ética resúmenes escritos anuales (informe de avance), tanto como a la autoridad sanitaria. Además que se presentarán reportes inmediatamente sobre cualquier cambio significativo o que incremente riesgos de los sujetos.

En relación al reporte final, se brindará a la escuela, la IAEA, y autoridad local, y además se informará a los participantes a los padres, en reuniones ad hoc.

Población beneficiaria directa: Inicialmente, 200 escolares de 5 a 8 años de una zona de la Provincia de Buenos Aires, República Argentina.

Beneficio Obtenido: Evaluación del estado nutricional, hábitos alimentarios y de actividad física, para realizar una serie de intervenciones con énfasis en alimentación y actividad física en la escuela para la prevención de la obesidad.

Población beneficiaria Indirecta: Población infantil del área del municipio estudiada, extrapolada a la población de la Provincia de Buenos Aires, maestros, personas relacionadas con el sistema de educación del país y profesionales en salud en el país.

Beneficio Obtenido: herramientas sencillas de y de bajo costo para medir indicadores de obesidad infantil y estilo de vida activo validada, para poder aplicarse a evaluación de programas de prevención y promoción de la salud a nivel local o regional.

INSTITUCIONES RESPONSABLES DEL ESTUDIO

El proyecto de investigación responde a una dirección compartida entre PROPIA (Programa de Prevención del Infarto en Argentina) Universidad Nacional de La Plata y la Cátedra de Nutrición de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad de Buenos Aires.

El proyecto cuenta con el auspicio y apoyo institucional de la Dirección de Patologías Prevalentes del Ministerio de Salud de la Provincia de Buenos Aires.

El trabajo se realizará bajo la coordinación de un responsable designado por cada institución.

El equipo de investigadores estará compuesto por personal de ambas casas de estudios y la asistencia técnica y logística de personal del MS designado a tal fin.

La dirección física del Programa de Prevención del Infarto en Argentina (PROPIA) es Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Médicas: Calle 60 y 120 s/n tercer piso La Plata, Tel 0221- 4240293 y la de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad de Buenos Aires (UBA) es Facultad de Farmacia y Bioquímica Universidad de Buenos Aires Junín 956 2º Piso (1113) Ciudad Autónoma de Buenos Aires TE: 0054 114964 8242 FAX: 0054 114964 8243.

Se contará con la autorización escrita de las autoridades de la escuela participante. Además se contará con la autorización del estudio por parte de autoridad sanitaria correspondiente previo a las mediciones.

NÓMINA DE INVESTIGADORES, PROCEDENCIA, DISCIPLINA Y TAREA A REALIZAR

- Prof. Dr. Marcelo Tavella, Doctor en Medicina CONICET/PROPIA UNLP: dirección general.
- Dr. Ariel Bardach, médico PROPIA UNLP: análisis de los resultados, redacción de informe final.
- Prof. Dra. Anabel Pallaro, Dra. en Bioquímica FFyB UBA: coordinadora, administración y toma de muestra de agua marcada, análisis de los resultados, redacción de informe final.
- Dra. Gabriela Dimarco, médico PROPIA UNLP: evaluación, medición, control, análisis de los resultados.
- Dra. Silvina Vidueiros, bioquímica FFyB UBA: preparación de muestras de agua, toma de muestra.
- Dr. Bernardo Aquino, médico PROPIA UNLP, evaluación antropométrica, análisis de los resultados.
- Lic. Amalia Paganini, analista de sistemas/Psicóloga social CIC PROPIA UNLP: diseño y administración de base de datos, coordinación intergrupos.
- Lic. Guillermo Morea, educador físico PROPIA UNLP: antropometrista, análisis de los resultados.
- Lic. Laura Sansalone, nutricionista Ministerio de Salud Prov. Buenos Aires: diseño de material informativo sobre alimentación saludable, tallerista.
- Lic. Silvina Calbé, educadora física PROPIA UNLP: colaboradora en técnicas de recreación.

-
- Prof. Gabriel Tarducci, educador físico PROPIA UNLP: evaluación de la actividad física, análisis de los resultados, redacción de informe final. Coordinación general
 - Personal de la escuela seleccionada afectado al proyecto, a determinar por la institución.

CONSEJO ASESOR.

Para asegurar la calidad del trabajo, se solicitó el apoyo a un consejo asesor externo compuesto por importantes investigadores quienes prestaron su conformidad. El CA está compuesto por:

Dr. Ricardo Uauy London School of Hygiene and Tropical Medicine- IUNS, Dr. Rafael Flores Universidad Emory USA, Dr. Mauro Valencia CIAD México, Dr. Manuel Ramirez INCAP OPS, Dra. Gabriela Salazar INTA U. de Chile, Dr. Manuel Hernández Ministerio de Salud de Cuba.

PRESUPUESTO Y ORIGEN DE LOS FONDOS

La IAEA-ONU asignó un presupuesto global total para los 13 países involucrados de u\$s 410000. El proyecto argentino cuenta con una asignación de u\$s 31600. El total de estos recursos será destinado a capacitación de personal, adquisición de tecnología e insumos y pago de servicios. Para la implementación del proyecto se prevé recibir fondos para capacitación de personal en técnicas isotópicas, antropométricas y de impedancia bioeléctrica, además de medición de gasto energético por acelerometría. La IAEA-ONU será la entidad encargada de gestionar y gerenciar los fondos del proyecto. Todas las compras y pagos de servicios serán efectuados por el organismo internacional. El grupo de investigadores no recibirá dinero en efectivo por parte de este organismo, ni por parte de UNLP o UBA.

El organismo internacional proveerá de recursos técnicos e insumos, así como también costeará los gastos de determinación de agua corporal total en laboratorios nacionales y/o del exterior.

Está prevista la cobertura de gastos de trabajos de terreno con recursos propios de ambas unidades académicas: recursos menores serán provistos conjuntamente por PROPIA (Programa de prevención del Infarto en Argentina) dependiente de la Universidad Nacional de La Plata y la cátedra de Nutrición de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad de Buenos Aires. Se presentó un pedido de subsidio al rectorado de la UBA (\$20000).

Se prevé un costo estimativo para la fase de tareas en terreno de \$5000 a absorberse por PROPIA y por la Universidad de Buenos Aires.

Se prevé finalmente apoyo institucional y logístico por parte del Ministerio de Salud de la Provincia de Buenos Aires a través de la Dirección de Patologías Prevalentes.

BIBLIOGRAFÍA ADICIONAL CONSULTADA

1. Albala, C. y F. Vio. *Obesidad y pobreza: Un desafío pendiente en Chile. La obesidad en la pobreza: Un nuevo reto para la salud pública*. M. y. B. Peña, J. Washington, D.C., Organización Panamericana de la Salud, Organización Mundial de la Salud. 2000. Publicación científica no. 576.
2. Banco Mundial. Panamá. *Estudio sobre Pobreza: Prioridades y Estrategias para la reducción de la Pobreza*. 2000.
3. Bermudez, O. *Estado Nutricional de la población adulta en la República de Panamá, 1980*. Centro de Estudios Superiores en Nutrición y Ciencias de Alimentos, Facultad de Ciencias Médicas. Guatemala, Universidad de San Carlos. Tesis, Maestría en Salud Pública: 107
4. Bermudez, O. I. and K. L. Tucker. *Total and Central Obesity among Elderly Hispanics and the Association with Type 2 Diabetes*. 2003. *Obes Res* 9(8): 443-451
5. Bermudez, O. I., J. Maras, et al. *Asociación de obesidad con nivel socioeconómico, edad y patrones dietéticos del adulto mayor de Panamá 2003*. (Resumen). XIII Congreso de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición, Acapulco, México.
6. Cabrera, A., et al. *Lípidos y lipoproteínas sericas en niños de 1 a 2 años de edad, asistentes a círculos infantiles*. *Rev Cub Pediat* 1989;61(6):812-20.
7. Delia Plasencia et al. *Encuesta Nacional de Peso para la Talla en escolares de 13 provincias del país*. Ministerio de Salud Publica de Cuba. 1986.
8. Doak C, Monteiro C, Popkin B. *The coexistence of obesity and undernutrition in the same households is an emerging phenomenon in lower income countries*. *FASEB J*. 1999.
9. *FAO: Cumbre Mundial de Alimentación.1996.Transformación Institucional del Sector salud 1350/OC-PN*. Panamá 2003.
10. Gately PJ, D. Radley, C. B. Cooke, S. Carroll, B. Oldroyd, J. G. Truscott, W. A. Coward, and A. Wright. *Comparison of body composition methods in overweight and obese children*. *J Appl Physiol* 2003. v.95: 2039-2046.
11. Grundy SM. *Multifactorial causation of obesity; implication for prevention*. *American Journal of Clinical Nutrition*. 1998 v.67 n°3, 5635-5725.

-
12. Gutiérrez Muñiz A. Una evaluación nutricional en niños de 7 a 11 años. *Rev Cubana Alim Nutr* 1988;2(2):198 - 209.
 13. Jiménez S., P Monterrey, D Plasencia. Vigilancia Nutricional materno-infantil mediante sitios centinela, Cuba, 2002. Instituto de Nutrición e Higiene de los Alimentos, La Habana 2002.
 14. McDevitt, Regina, Sarah J Bott, Marilyn Harding, W Andrew Coward, Leslie J Bluck and Andrew M Prentice. De novo lipogenesis during controlled overfeeding with sucrose or glucose in lean and obese women. *American Journal of Clinical Nutrition*, 2001. Vol. 74, No. 6, 737-746.
 15. Ministerio de Economía y Finanzas. Encuesta de Niveles de Vida. Bases electrónicas de datos. Dirección de Políticas Económicas. 2003. Panamá, Republica de Panamá.
 16. Ministerio de Salud. Situación Alimentaria Nutricional. Serie de Cuadernos Técnicos de Salud. Panamá 2001.
 17. Ministerio de Salud. Estudio sobre el Estado Nutricional y Calidad de Vida del Adulto(a) Mayor que asiste a consulta en Centros de Salud y Policlínicas de San Miguelito y Área Metropolitana. Ministerio de Salud, Caja de Seguro Social, OPS/OMS INCAP y Universidad de Tufts. Panamá, República de Panamá. 2003.
 18. Must A. Childhood energy intake and cancer mortality in adulthood. *Nutr Rev* 1999;57:21-4.
 19. National Surveys on Growth and Development Havana City. Nutritional Surveillance System, Institute of Nutrition, Havana 2002.
 20. Organización Mundial de la Salud. Medición del cambio del estado nutricional. Ginebra, 1983:66.
 21. Organización Panamericana de la Salud. Informe de la Reunión Técnica sobre Obesidad en la Pobreza: Situación de América Latina. La Habana, Cuba 1995
 22. Peña, M. and J. Bacallao. La obesidad en la pobreza: Un problema emergente en las Américas. OPS/OMS. 2000. Pub. científica no. 576: 3-11.
 23. Popkin BM, Doak CM. The obesity epidemic is a worldwide phenomenon. *Nutr Rev* 1998;56:106-14.
 24. Roberts SB. Use of the doubly labeled water method for measurement of energy expenditure, total body water, water intake, and metabolizable energy intake in human and small animals. *Can J Physiol Pharm* 1989;67:1190-8.
 25. Sawaya AL, Dallal G, Solymos G, et al. Obesity and malnutrition in a shantytown population in the city of São Paulo, Brazil. *Obes Res* 1995.
 26. Sawaya AL et al. Mild stunting is associated with higher susceptibility to the effects of high-fat diets: studies in a shantytown population in São Paulo, Brazil. *J Nutr* 1997;128:415S-20S.
-

27. Schoeller DA. Measurement of energy expenditure in free-living humans by using doubly labeled water. J Nutr 1988;118:1278-89.
28. SENAPAN: Lineamientos y Estrategias del Plan de Seguridad Alimentaria. Panamá, 2005.

APROBACIÓN DEL COMITÉ DE ÉTICA.



Instituto de Desarrollo e Investigaciones Pediátricas Hospital de Niños de La Plata.

La Plata, 19 de Marzo de 2008

Dr. Julio Tavella

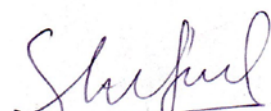
Investigador Principal

S / D

Tenemos el agrado de dirigirnos a Uds. en relación al protocolo "Desarrollo y Evaluación de programas de intervención para reducir la obesidad infantil en Latinoamérica"


Al respecto informamos que éste Comité de Ética en Investigación Clínica, luego de haber revisado la documentación presentada como las observaciones efectuadas y sus respuestas, no encuentra reparos éticos, y por tanto se aprueba el presente protocolo.

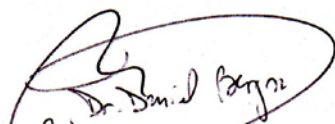
Atentamente,

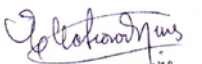

SILVINA I. SANCHEZ
MASTER EN TRABAJO SOCIAL
M.P. 4223

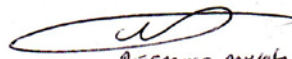


Dra. STELLA MARIS LÓPEZ
PSIQUIATRA INFANTIL
M.P. 15.607


CARLOS F. PELTZER
MD 13541
(PEDIATRIA - UTID)


Dr. Daniel Berges
Pediatría
M.P. 110392


ELBA L. NIETVAS
REP. COMUNICACIÓN


FERNANDO DAVALOS

IDIP-Hospital de Niños de La Plata – Ministerio de Salud / Comisión de Investigaciones Científicas – Bs As –
e-mail: institutoinvestigaciones@hotmail.com – jdip01@gmail.com - TE: 54 221 4535901 int / fax: 1767 – Dir 4535929
Calle 63 N° 1069 La Plata (1900) Bs As . Argentina

Anexo 3. Notas adicionales sobre el método de dilución con Agua Deuterada. Protocolo de PLATEAU, para la medición de Composición Corporal mediante Dilución Isotópica con Deuterio.

Procedencia del agua deuterada.

El estudio se realizará con agua deuterada ingresada con solicitud de franquicia diplomática N° 66/07 destinada exclusivamente al Proyecto RLA 6059, cuyo proveedor es CortecNet, París, Francia.

El bien recibido consiste en 1 litro de Oxido de Deuterio (99%), agua enriquecida, testeada, estéril, a ser utilizada por la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de La Plata, provincia de Buenos Aires. El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo medió en el ingreso del bien hasta su destino final.

En el rótulo del frasco recibido se lee:

STERILE FILTERED D2O > 99 % ATOM D

Lote Number 2555 Quantity 1L

FOR RESEARCH USE ONLY

Preparación de la solución.

La solución para todos los niños a estudiar se preparará de una sola vez. El volumen total se estimará con el peso corporal ya conocido del grupo a medir, de acuerdo a la siguiente tabla:

Peso corporal	Dosis de $^2\text{H}_2\text{O}$	Solución al 50 %	Solución al 25 %
< 30 kg	2 g	4 g	8 g
30-50 kg	3 g	6 g	12 g
50-70 kg	4 g	8 g	16 g
> 70 kg	5 g	10 g	20 g

El agua deuterada inicial deberá estar al 98-99 %. Dada la dosis baja de agua deuterada ($^2\text{H}_2\text{O}$) requerida, se preparará una solución al 50 % (1 ml $^2\text{H}_2\text{O}$ = 1 ml H_2O) usando agua de la canilla/caño/llave si el agua es suficientemente pura, o en su defecto, utilizar agua purificada. Esto permitirá un mejor manejo de las dosis. En caso de niños escolares, si se quiere utilizar una cantidad mayor de solución, es preferible diluirla al 25 % (1 ml $^2\text{H}_2\text{O}$ = 3 ml H_2O).

Preparación de las dosis individuales.

La dosis para cada niño se preparará el día anterior a la prueba. Se usarán frascos/tubos de 20-50 ml, boca angosta y con tapadera a rosca. Para pesar la dosis de la solución, se usará una balanza de alta precisión (0,1 g). Primero se tarará el frasco vacío, seco, etiquetado y con la tapa puesta. Luego se destapará el frasco y se añadirá la solución de $^2\text{H}_2\text{O}$ utilizando una pipeta volumétrica plástica hasta llegar al peso de solución requerida para cada caso. Inmediatamente después de completar el peso requerido, se colocará la tapa al frasco hasta dejarlo bien cerrado y sobre la misma se colocará suficiente parafilm y se guardará dentro de una bolsa zip-lock cerrada. Todos los frascos se mantendrán a temperatura ambiente, dentro de una caja de plástico hasta su uso el día siguiente. Se llevará un registro de las dosis preparadas para cada niño/a.

Las etiquetas de los frascos tendrán una etiqueta impresa con el siguiente contenido:

- Número de identificación del niño/a
- Fecha de preparación

Procedimiento.

- 1.- Se alcanzará las torundas de algodón a cada niño/a y dará la indicación de que se las coloquen dentro de la boca para humedecerlas con saliva (debajo de la lengua). Después de un tiempo adecuado, se pedirá al niño que se saque el algodón y lo coloque dentro de la jeringa que deben estar sin el émbolo puesto.
- 2.- Se colocará el émbolo a la jeringa y exprimirá la saliva del algodón en uno de los viales hasta llenar la mitad (3 ml). Si la cantidad de saliva no fuera suficiente, repítase el paso 1.-
- 3.- Se cerrará el vial con la tapa inmediatamente después de colocar la saliva. Se colocará la etiqueta que diga **BASAL**.
- 4.- Se ofrecerá la dosis de deuterio al niño/a. Se dará las instrucciones necesarias, indicando al niño/a que debe tomar todo el contenido del frasco con cuidado para evitar derramarlo. Enseguida, se colocará alrededor de 20 ml de agua purificada dentro del frasco que contenía la dosis (agua de lavado y enjuague) y pedirá al niño que lo tome. Esto se hace para asegurar que el niño/a tomó la dosis completa y que no quedó nada en la boca. Se anotará en el formulario la hora de ingesta de la dosis, el volumen de la dosis de agua deuterada y el volumen de agua post-dosis (agua de enjuague) en el formulario.

5.- Mientras se esperan las 3 horas necesarias para coleccionar la muestra de saliva post-dosis, se procederá a hacer las mediciones antropométricas, de BIA y entrevistas sobre dieta y actividad física, ú otras. Se asegurará que los niños se mantengan en reposo todo el tiempo.

6.- **Una hora después** de haber dado la dosis de agua deuterada, se ofrecerá al niño una bebida azucarada y unas galletas al niño (aprox. 200 Kcal

7.- A las tres horas (contadas a partir de la hora de ingesta de la dosis), se procederá a tomar otra muestra de saliva de la misma forma descrita en los pasos 1 a 3. Se colocará la etiqueta que diga **POST-DOSIS**, asegurándose que los datos de la etiqueta sean los que correspondan al niño/a. Se anotará en el formulario **la hora de la muestra de saliva post-dosis**.

8.- **A cada frasco se lo cubrirá con parafilm**, para evitar el ingreso de humedad posteriormente.

9.- Se anotará en el espacio de observaciones del formulario cualquier evento que hubiera podido alterar el estado hídrico del organismo (ingesta grande líquidos o pérdidas de estos por diversas condiciones como vómito o diarrea).

10.- Al terminar las pruebas, se colocará la gradilla con los viales dentro de una caja plástica a temperatura ambiente y llevará inmediatamente al Instituto o lugar donde se guardarán las muestras para su medición.

11.- **Se colocará todas las muestras coleccionadas en el congelador a -20° C** en cuanto llegue a su institución o lugar donde de medirán las muestras.

Seguridad.

El laboratorio de Química física y teórica de la Universidad de Oxford, Reino Unido, en su página web (The Physical and Theoretical Chemistry Laboratory Oxford University (http://msds.chem.ox.ac.uk/DE/deuterium_oxide.html)), señala al deuterio como no perjudicial de acuerdo a la directiva 67/548/EEC de la Comunidad Europea. En dosis muy altas, varias veces por encima de las que se utilizan clínicamente, puede afectar diversos procesos bioquímicos.

En estudios previos una concentración de 0,05-0,12% de deuterio en el agua corporal no se hallaron efectos biológicos. Se concluyó que el umbral para efectos adversos clínicamente relevantes en humanos adultos es de 200-400 mg/kg de peso. Las dosis utilizados en estudios clínicos de composición corporal como este son claramente

inferiores, y considerados seguros.²³⁻²⁴ Las dosis de isotopos estables usados para propósitos de diagnóstico clínico parecen seguros y sin efecto adverso alguno a las dosis utilizadas.²⁵

En la siguiente dirección web se encuentra información adicional sobre la seguridad de los isótopos estables, no radiactivos como el deuterio ([http://www-ididas.iaea.org/ididas/w3.exe\\$\\$\\$Print?Show=123](http://www-ididas.iaea.org/ididas/w3.exe$$$Print?Show=123), página consultada a fecha 10 de marzo de 2008).

²³ Koletzko B, Demmelmair H, Hartl W, Kindermann A, Koletzko S, Sauerwald T, Szitanyi P. The use of stable isotope techniques for nutritional and metabolic research in paediatrics. *Early Hum Dev.* 1998 Dec;53 Suppl:S77-97.

²⁴ Jones PJ, Leatherdale ST. Stable isotopes in clinical research: safety reaffirmed. *Clin Sci (Lond).* 1991 Apr;80(4):277-80.

²⁵ Koletzko B, Sauerwald T, Demmelmair H. Safety of stable isotope use. *Eur J Pediatr.* 1997 Aug;156 Suppl 1:S12-7.

Anexo 4. Antecedentes de utilización de técnicas de dilución con deuterio para evaluación de la composición corporal en niños.

Lista de publicaciones.

1. Weisstaub G, Hertrampf E, Lopez de Romana D, Salazar G, Bugueno C, Castillo-Duran C. Plasma zinc concentration, body composition and physical activity in obese preschool children. *Biol Trace Elem Res* 2007;118:167-74.
2. Ribaya-Mercado JD, Maramag CC, Tengco LW, Dolnikowski GG, Blumberg JB, Solon FS. Carotene-rich plant foods ingested with minimal dietary fat enhance the total-body vitamin A pool size in Filipino schoolchildren as assessed by stable-isotope-dilution methodology. *Am J Clin Nutr* 2007;85:1041-9.
3. Prins M, Hawkesworth S, Wright A, Fulford AJ, Jarjou LM, Prentice AM, Moore SE. Use of bioelectrical impedance analysis to assess body composition in rural Gambian children. *Eur J Clin Nutr* 2007.
4. Elia M, Betts P, Jackson DM, Mulligan J. Fetal programming of body dimensions and percentage body fat measured in prepubertal children with a 4-component model of body composition, dual-energy X-ray absorptiometry, deuterium dilution, densitometry, and skinfold thicknesses. *Am J Clin Nutr* 2007;86:618-24.
5. Barbosa-Cortes L, Tapia-Rojas M, Lopez-Aguilar E, Mejia-Arangure JM, Rivera-Marquez H. Body composition by dilution of deuterium oxide in Mexican children with lymphoma and solid tumors. *Nutrition* 2007;23:739-44.
6. Wang Z, Heshka S, Wang J, Heymsfield SB. Total body protein mass: validation of total body potassium prediction model in children and adolescents. *J Nutr* 2006;136:1032-6.
7. Sarni RS, de Souza FI, Schoeps Dde O, Catherino P, de Oliveira MC, Pessotti CF, Kochi C, Colugnati FA. [Relationship between waist circumference and nutritional status, lipid profile and blood pressure in low socioeconomic level pre-school children]. *Arq Bras Cardiol* 2006;87:153-8.
8. Robotham DR, Schoeller DA, Mercado AB, Mirch MC, Theim KR, Reynolds JC, Yanovski JA. Estimates of body fat in children by Hologic QDR-2000 and QDR-4500A dual-energy X-ray absorptiometers compared with deuterium dilution. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 2006;42:331-5.
9. Pfeiffer KA, McIver KL, Dowda M, Almeida MJ, Pate RR. Validation and calibration of the Actical accelerometer in preschool children. *Med Sci Sports Exerc* 2006;38:152-7.
10. Kagawa M, Uenishi K, Kuroiwa C, Mori M, Binns CW. Is the BMI cut-off level for Japanese females for obesity set too high? A consideration from a body composition perspective. *Asia Pac J Clin Nutr* 2006;15:502-7.
11. Jansen EE, Gibson KM, Shigematsu Y, Jakobs C, Verhoeven NM. A novel, quantitative assay for homocarnosine in cerebrospinal fluid using stable-isotope dilution liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *J Chromatogr B Analyt Technol Biomed Life Sci* 2006;830:196-200.
12. Wickramasinghe VP, Cleghorn GJ, Edmiston KA, Murphy AJ, Abbott RA, Davies PS. Validity of BMI as a measure of obesity in Australian white Caucasian and Australian Sri Lankan children. *Ann Hum Biol* 2005;32:60-71.
13. Wickramasinghe VP, Cleghorn GJ, Edmiston KA, Davies PS. Impact of ethnicity upon body composition assessment in Sri Lankan Australian children. *J Paediatr Child Health* 2005;41:101-6.
14. Wells JC, Fewtrell MS, Davies PS, Williams JE, Coward WA, Cole TJ. Prediction of total body water in infants and children. *Arch Dis Child* 2005;90:965-71.
15. Wells JC, Fewtrell MS, Davies PS, Williams JE, Coward WA, Cole TJ. Prediction of total body water in infants and children. *Arch Dis Child* 2005;90:965-71.
16. Slater C, Preston T. A simple prediction of total body water to aid quality control in isotope dilution studies in subjects 3-87 years of age. *Isotopes Environ Health Stud* 2005;41:99-107.
17. Prelack K, Dwyer J, Sheridan R, Yu YM, Lydon M, Petras L, Dolnikowski G, Kehayias JJ. Body water in children during recovery from severe burn injury using a combined tracer dilution method. *J Burn Care Rehabil* 2005;26:67-74.
18. Montgomery C, Reilly JJ, Jackson DM, Kelly LA, Slater C, Paton JY, Grant S. Validation of energy intake by 24-hour multiple pass recall: comparison with total energy expenditure in children aged 5-7 years. *Br J Nutr* 2005;93:671-6.
19. Mendley SR, Majkowski NL, Schoeller DA. Validation of estimates of total body water in pediatric dialysis patients by deuterium dilution. *Kidney Int* 2005;67:2056-62.
20. Sopher AB, Thornton JC, Wang J, Pierson RN, Jr., Heymsfield SB, Horlick M. Measurement of percentage of body fat in 411 children and adolescents: a comparison of dual-energy X-ray absorptiometry with a four-compartment model. *Pediatrics* 2004;113:1285-90.

-
21. Singh KD, Dhillon JK, Arora A, Gill BS. Receiver operating characteristic curve analysis of BMI and percentage body fat in type 2 diabetics of Punjab. *Indian J Physiol Pharmacol* 2004;48:73-80.
 22. Rodriguez G, Moreno LA, Blay MG, Blay VA, Garagorri JM, Sarria A, Bueno M. Body composition in adolescents: measurements and metabolic aspects. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2004;28 Suppl 3:S54-8.
 23. Puiman PJ, Francis P, Buntain H, Wainwright C, Masters B, Davies PS. Total body water in children with cystic fibrosis using bioelectrical impedance. *J Cyst Fibros* 2004;3:243-7.
 24. Masuda T, Komiya S. A prediction equation for total body water from bioelectrical impedance in Japanese children. *J Physiol Anthropol Appl Human Sci* 2004;23:35-9.
 25. Ghosh A. Receiver operating characteristic (ROC) curve analysis in 5-10-year-old Bengalee girls from Calcutta, India. *Ann Hum Biol* 2004;31:364-9.
 26. Eiholzer U, L'Allemand D, Schlumpf M, Rousson V, Gasser T, Fusch C. Growth hormone and body composition in children younger than 2 years with Prader-Willi syndrome. *J Pediatr* 2004;144:753-8.
 27. Carrel AL, Moerchen V, Myers SE, Bekx MT, Whitman BY, Allen DB. Growth hormone improves mobility and body composition in infants and toddlers with Prader-Willi syndrome. *J Pediatr* 2004;145:744-9.
 28. Appropriate body-mass index for Asian populations and its implications for policy and intervention strategies. *Lancet* 2004;363:157-63.
 29. Valencia ME, Aleman-Mateo H, Salazar G, Hernandez Triana M. Body composition by hydrometry (deuterium oxide dilution) and bioelectrical impedance in subjects aged >60 y from rural regions of Cuba, Chile and Mexico. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2003;27:848-55.
 30. Rush EC, Puniani K, Valencia ME, Davies PS, Plank LD. Estimation of body fatness from body mass index and bioelectrical impedance: comparison of New Zealand European, Maori and Pacific Island children. *Eur J Clin Nutr* 2003;57:1394-401.
 31. Rush EC, Puniani K, Valencia ME, Davies PS, Plank LD. Estimation of body fatness from body mass index and bioelectrical impedance: comparison of New Zealand European, Maori and Pacific Island children. *Eur J Clin Nutr* 2003;57:1394-401.
 32. Lohman T, Thompson J, Going S, Himes JH, Caballero B, Norman J, Cano S, Ring K. Indices of changes in adiposity in American Indian children. *Prev Med* 2003;37:S91-6.
 33. Littlewood RA, Trocki O, Cleghorn G. Measured and predicted total body water in children with myelomeningocele. *J Paediatr Child Health* 2003;39:278-81.
 34. Leman CR, Adeyemo AA, Schoeller DA, Cooper RS, Luke A. Body composition of children in south-western Nigeria: validation of bio-electrical impedance analysis. *Ann Trop Paediatr* 2003;23:61-7.
 35. Haskell MJ, Lembcke JL, Salazar M, Green MH, Peerson JM, Brown KH. Population-based plasma kinetics of an oral dose of [2H4]retinyl acetate among preschool-aged, Peruvian children. *Am J Clin Nutr* 2003;77:681-6.
 36. Eckhardt CL, Adair LS, Caballero B, Avila J, Kon IY, Wang J, Popkin BM. Estimating body fat from anthropometry and isotopic dilution: a four-country comparison. *Obes Res* 2003;11:1553-62.
 37. Bedogni G, Iughetti L, Ferrari M, Malavolti M, Poli M, Bernasconi S, Battistini N. Sensitivity and specificity of body mass index and skinfold thicknesses in detecting excess adiposity in children aged 8-12 years. *Ann Hum Biol* 2003;30:132-9.
 38. Wells JC, Coward WA, Cole TJ, Davies PS. The contribution of fat and fat-free tissue to body mass index in contemporary children and the reference child. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2002;26:1323-8.
 39. Wells JC, Cole TJ. Adjustment of fat-free mass and fat mass for height in children aged 8 y. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2002;26:947-52.
 40. Wasantwisut E. Application of isotope dilution technique in vitamin A nutrition. *Food Nutr Bull* 2002;23:103-6.
 41. Velasquez MM, Salazar G, Vio F, Hernandez J, Rojas J. Nutritional status and body composition in Chilean preschool children attending day care centers. *Food Nutr Bull* 2002;23:250-3.
 42. Velasquez MM, Salazar G, Vio F, Hernandez J, Rojas J. Nutritional status and body composition in Chilean preschool children attending day care centers. *Food Nutr Bull* 2002;23:250-3.
 43. Tang G, Qin J, Hao LY, Yin SA, Russell RM. Use of a short-term isotope-dilution method for determining the vitamin A status of children. *Am J Clin Nutr* 2002;76:413-8.
 44. McGloin AF, Livingstone MB, Greene LC, Webb SE, Gibson JM, Jebb SA, Cole TJ, Coward WA, Wright A, Prentice AM. Energy and fat intake in obese and lean children at varying risk of obesity. *Int J Obes Relat Metab*

Disord 2002;26:200-7.

45. Mast M, Langnase K, Labitzke K, Bruse U, Preuss U, Muller MJ. Use of BMI as a measure of overweight and obesity in a field study on 5-7 year old children. *Eur J Nutr* 2002;41:61-7.

46. Iyengar V. Nuclear and isotopic techniques for addressing nutritional problems, with special reference to current applications in developing countries. *Food Nutr Bull* 2002;23:3-10.

47. Horlick M, Arpadi SM, Bethel J, Wang J, Moye J, Jr., Cuff P, Pierson RN, Jr., Kotler D. Bioelectrical impedance analysis models for prediction of total body water and fat-free mass in healthy and HIV-infected children and adolescents. *Am J Clin Nutr* 2002;76:991-9.

48. Hernandez-Triana M, Salazar G, Diaz E, Sanchez V, Basabe B, Gonzalez S, Diaz ME. Total energy expenditure by the doubly-labeled water method in rural preschool children in Cuba. *Food Nutr Bull* 2002;23:76-81.

49. Bray GA, DeLany JP, Volaufova J, Harsha DW, Champagne C. Prediction of body fat in 12-y-old African American and white children: evaluation of methods. *Am J Clin Nutr* 2002;76:980-90.

50. van Mil EG, Westerterp KR, Gerver WJ, Van Marken Lichtenbelt WD, Kester AD, Saris WH. Body composition in Prader-Willi syndrome compared with nonsyndromal obesity: Relationship to physical activity and growth hormone function. *J Pediatr* 2001;139:708-14.

51. Sarria A, Moreno LA, Garcia-Llop LA, Fleta J, Morellon MP, Bueno M. Body mass index, triceps skinfold and waist circumference in screening for adiposity in male children and adolescents. *Acta Paediatr* 2001;90:387-92.

52. O'Connor J, Ball EJ, Steinbeck KS, Davies PS, Wishart C, Gaskin KJ, Baur LA. Comparison of total energy expenditure and energy intake in children aged 6-9 y. *Am J Clin Nutr* 2001;74:643-9.

53. Lanigan JA, Wells JC, Lawson MS, Lucas A. Validation of food diary method for assessment of dietary energy and macronutrient intake in infants and children aged 6-24 months. *Eur J Clin Nutr* 2001;55:124-9.

54. Lanham DA, Stead MA, Tsang K, Davies PS. The prediction of body composition in Chinese Australian females. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2001;25:286-91.

55. Wells JC. A Hattori chart analysis of body mass index in infants and children. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2000;24:325-9.

56. van Mil EA, Westerterp KR, Gerver WJ, Curfs LM, Schrandt-Stumpel CT, Kester AD, Saris WH. Energy expenditure at rest and during sleep in children with Prader-Willi syndrome is explained by body composition. *Am J Clin Nutr* 2000;71:752-6.

57. Stettler N, Kawachak DA, Boyle LL, Propert KJ, Scanlin TF, Stallings VA, Zemel BS. A prospective study of body composition changes in children with cystic fibrosis. *Ann N Y Acad Sci* 2000;904:406-9.

58. Ribaya-Mercado JD, Solon FS, Solon MA, Cabal-Barza MA, Perfecto CS, Tang G, Solon JA, Fjeld CR, Russell RM. Bioconversion of plant carotenoids to vitamin A in Filipino school-aged children varies inversely with vitamin A status. *Am J Clin Nutr* 2000;72:455-65.

59. Piers LS, Soares MJ, Frandsen SL, O'Dea K. Indirect estimates of body composition are useful for groups but unreliable in individuals. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2000;24:1145-52.

60. Lohman TG, Caballero B, Himes JH, Davis CE, Stewart D, Houtkooper L, Going SB, Hunsberger S, Weber JL, Reid R, Stephenson L. Estimation of body fat from anthropometry and bioelectrical impedance in Native American children. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2000;24:982-8.

61. Horlick M, Thornton J, Wang J, Levine LS, Fedun B, Pierson RN, Jr. Body composition changes during Tanner stage 5. *Ann N Y Acad Sci* 2000;904:410-5.

62. Gerver WJ, De Bruin R, Delemarre v d Waal HA, Aldewereld B, Theunissen P, Westerterp KR. Effects of discontinuation of growth hormone treatment on body composition and metabolism. *Horm Res* 2000;53:215-20.

63. Butte NF, Hopkinson JM, Wong WW, Smith EO, Ellis KJ. Body composition during the first 2 years of life: an updated reference. *Pediatr Res* 2000;47:578-85.

64. Beertema W, van Hezewijk M, Kester A, Forget PP, van Kreel B. Measurement of total body water in children using bioelectrical impedance: a comparison of several prediction equations. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 2000;31:428-32.

65. Beertema W, van Hezewijk M, Kester A, Forget PP, van Kreel B. Measurement of total body water in children using bioelectrical impedance: a comparison of several prediction equations. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 2000;31:428-32.

66. Wells JC, Fuller NJ, Dewit O, Fewtrell MS, Elia M, Cole TJ. Four-component model of body composition in

-
- children: density and hydration of fat-free mass and comparison with simpler models. *Am J Clin Nutr* 1999;69:904-12.
67. Rankinen T, Kim SY, Perusse L, Despres JP, Bouchard C. The prediction of abdominal visceral fat level from body composition and anthropometry: ROC analysis. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1999;23:801-9.
68. Kopp-Hoolihan LE, van Loan MD, Mentzer WC, Heyman MB. Elevated resting energy expenditure in adolescents with sickle cell anemia. *J Am Diet Assoc* 1999;99:195-9.
69. Elia M, Ward LC. New techniques in nutritional assessment: body composition methods. *Proc Nutr Soc* 1999;58:33-8.
70. de Meer K, Gulmans VA, Westerterp KR, Houwen RH, Berger R. Skinfold measurements in children with cystic fibrosis: monitoring fat-free mass and exercise effects. *Eur J Pediatr* 1999;158:800-6.
71. Butte N, Heinz C, Hopkinson J, Wong W, Shypailo R, Ellis K. Fat mass in infants and toddlers: comparability of total body water, total body potassium, total body electrical conductivity, and dual-energy X-ray absorptiometry. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 1999;29:184-9.
72. van den Berg-Emons RJ, van Baak MA, Westerterp KR. Are skinfold measurements suitable to compare body fat between children with spastic cerebral palsy and healthy controls? *Dev Med Child Neurol* 1998;40:335-9.
73. Motil KJ. Sensitive measures of nutritional status in children in hospital and in the field. *Int J Cancer Suppl* 1998;11:2-9.
74. Henderson RA, Talusan K, Hutton N, Yolken RH, Caballero B. Resting energy expenditure and body composition in children with HIV infection. *J Acquir Immune Defic Syndr Hum Retrovirol* 1998;19:150-7.
75. Ellis KJ, Wong WW. Human hydrometry: comparison of multifrequency bioelectrical impedance with $2H_2O$ and bromine dilution. *J Appl Physiol* 1998;85:1056-62.
76. Steijaert M, Deurenberg P, Van Gaal L, De Leeuw I. The use of multi-frequency impedance to determine total body water and extracellular water in obese and lean female individuals. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1997;21:930-4.
77. Bedogni G, Bollea MR, Severi S, Trunfio O, Manzieri AM, Battistini N. The prediction of total body water and extracellular water from bioelectric impedance in obese children. *Eur J Clin Nutr* 1997;51:129-33.
78. Wuhl E, Fusch C, Scharer K, Mehls O, Schaefer F. Assessment of total body water in paediatric patients on dialysis. *Nephrol Dial Transplant* 1996;11:75-80.
79. Wabitsch M, Braun U, Heinze E, Mucbe R, Mayer H, Teller W, Fusch C. Body composition in 5-18-y-old obese children and adolescents before and after weight reduction as assessed by deuterium dilution and bioelectrical impedance analysis. *Am J Clin Nutr* 1996;64:1-6.
80. Wabitsch M, Braun U, Heinze E, Mucbe R, Mayer H, Teller W, Fusch C. Body composition in 5-18-y-old obese children and adolescents before and after weight reduction as assessed by deuterium dilution and bioelectrical impedance analysis. *Am J Clin Nutr* 1996;64:1-6.
81. Milstien JB, Lemon S. Regulatory considerations for new stabilised poliovaccines. *Dev Biol Stand* 1996;87:181-9.
82. McCann MT, Thompson MM, Gueron IC, Lemieux B, Giguere R, Tuchman M. Methylmalonic acid quantification by stable isotope dilution gas chromatography-mass spectrometry from filter paper urine samples. *Clin Chem* 1996;42:910-4.
83. Luke A, Sutton M, Schoeller DA, Roizen NJ. Nutrient intake and obesity in prepubescent children with Down syndrome. *J Am Diet Assoc* 1996;96:1262-7.
84. Bradbury MG, Brocklebank JT, Smye SW, Davies PS. Total body water measurement in renal insufficiency. *Pediatr Nephrol* 1996;10:195-9.
85. Bedogni G, Polito C, Severi S, Strano CG, Manzieri AM, Alessio M, Iovene A, Battistini N. Altered body water distribution in subjects with juvenile rheumatoid arthritis and its effects on the measurement of water compartments from bioelectric impedance. *Eur J Clin Nutr* 1996;50:335-9.
86. Bedogni G, Merlini L, Ballestrazzi A, Severi S, Battistini N. Multifrequency bioelectric impedance measurements for predicting body water compartments in duchenne muscular dystrophy. *Neuromuscul Disord* 1996;6:55-60.
87. Arpadi SM, Wang J, Cuff PA, Thornton J, Horlick M, Kotler DP, Pierson RN. Application of bioimpedance analysis for estimating body composition in prepubertal children infected with human immunodeficiency virus type 1. *J Pediatr* 1996;129:755-7.
88. Mitchell IM, Davies PS, Pollock JC, Jamieson MP. Total body water in children with congenital heart disease, before and after cardiac surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1995;110:633-40.
-

-
89. Wong WW. Energy expenditure of female adolescents. *J Am Coll Nutr* 1994;13:332-7.
 90. Tomezsko JL, Scanlin TF, Stallings VA. Body composition of children with cystic fibrosis with mild clinical manifestations compared with normal children. *Am J Clin Nutr* 1994;59:123-8.
 91. Racette SB, Schoeller DA, Luke AH, Shay K, Hnilicka J, Kushner RF. Relative dilution spaces of 2H- and 18O-labeled water in humans. *Am J Physiol* 1994;267:E585-90.
 92. Holt TL, Cui C, Thomas BJ, Ward LC, Quirk PC, Crawford D, Shepherd RW. Clinical applicability of bioelectric impedance to measure body composition in health and disease. *Nutrition* 1994;10:221-4.
 93. Davies PS, Coward WA, Gregory J, White A, Mills A. Total energy expenditure and energy intake in the pre-school child: a comparison. *Br J Nutr* 1994;72:13-20.
 94. Goran MI, Poehlman ET, Nair KS, Danforth E, Jr. Deuterium exchange in humans: effect of gender, body composition and age. *Basic Life Sci* 1993;60:79-81.
 95. Gibson KM, ten Brink HJ, Schor DS, Kok RM, Bootsma AH, Hoffmann GF, Jakobs C. Stable-isotope dilution analysis of D- and L-2-hydroxyglutaric acid: application to the detection and prenatal diagnosis of D- and L-2-hydroxyglutaric acidemias. *Pediatr Res* 1993;34:277-80.
 96. Fusch C, Moeller H. Measurement of water turnover using a stable isotope technique: calculation of error propagation. *Eur J Clin Chem Clin Biochem* 1993;31:97-101.
 97. Novak I, Davies PS, Elliott MJ. Noninvasive estimation of total body water in critically ill children after cardiac operations. Validation of a bioelectric impedance method. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1992;104:585-9.
 98. Houtkooper LB, Going SB, Lohman TG, Roche AF, Van Loan M. Bioelectrical impedance estimation of fat-free body mass in children and youth: a cross-validation study. *J Appl Physiol* 1992;72:366-73.
 99. Goran MI, Poehlman ET, Nair KS, Danforth E, Jr. Effect of gender, body composition, and equilibration time on the 2H-to-18O dilution space ratio. *Am J Physiol* 1992;263:E1119-24.
 100. Blaak EE, Westerterp KR, Bar-Or O, Wouters LJ, Saris WH. Total energy expenditure and spontaneous activity in relation to training in obese boys. *Am J Clin Nutr* 1992;55:777-82.
 101. Battistini N, Brambilla P, Virgili F, Simone P, Bedogni G, Morini P, Chiumello G. The prediction of total body water from body impedance in young obese subjects. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1992;16:207-12.
 102. Shepherd K, Roberts D, Golding S, Thomas BJ, Shepherd RW. Body composition in myelomeningocele. *Am J Clin Nutr* 1991;53:1-6.
 103. Plowman SA, Liu NY, Wells CL. Body composition and sexual maturation in premenarcheal athletes and nonathletes. *Med Sci Sports Exerc* 1991;23:23-9.
 104. Underwood BA. Biochemical and histological methodologies for assessing vitamin A status in human populations. *Methods Enzymol* 1990;190:242-51.
 105. Thompson GN, Walter JH, Leonard JV, Halliday D. In vivo enzyme activity in inborn errors of metabolism. *Metabolism* 1990;39:799-807.
 106. Stellaard F, ten Brink HJ, Kok RM, van den Heuvel L, Jakobs C. Stable isotope dilution analysis of very long chain fatty acids in plasma, urine and amniotic fluid by electron capture negative ion mass fragmentography. *Clin Chim Acta* 1990;192:133-44.
 107. Kraan GP, Drayer NM. Cortisol production rate in children by gas chromatography/mass spectrometry using [1,2,3,4-13C]cortisol. *Steroids* 1990;55:159-64.
 108. Goran MI, Peters EJ, Herndon DN, Wolfe RR. Total energy expenditure in burned children using the doubly labeled water technique. *Am J Physiol* 1990;259:E576-85.
 109. Koopman BJ, Kuipers F, Bijleveld CM, van der Molen JC, Nagel GT, Vonk RJ, Wolthers BG. Determination of cholic acid and chenodeoxycholic acid pool sizes and fractional turnover rates by means of stable isotope dilution technique, making use of deuterated cholic acid and chenodeoxycholic acid. *Clin Chim Acta* 1988;175:143-55.
 110. Fjeld CR, Brown KH, Schoeller DA. Validation of the deuterium oxide method for measuring average daily milk intake in infants. *Am J Clin Nutr* 1988;48:671-9.
 111. Presta E, Casullo AM, Costa R, Slonim A, Van Itallie TB. Body composition in adolescents: estimation by total body electrical conductivity. *J Appl Physiol* 1987;63:937-41.
 112. de Graaf SS, Meeuwse-van der Roest WP, Schraffordt Koops H, Zijlstra WG. Dissociation of body weight and lean body mass during cancer chemotherapy. *Eur J Cancer Clin Oncol* 1987;23:731-7.
 113. van den Berg GA, Breukelman H, Elzinga H, Trijbels JM, Monnens LA, Muskiet FA. Determination of pipecolic
-

-
- acid in urine and plasma by isotope dilution mass fragmentography. *Clin Chim Acta* 1986;159:229-37.
114. Schoeller DA, Leitch CA, Brown C. Doubly labeled water method: in vivo oxygen and hydrogen isotope fractionation. *Am J Physiol* 1986;251:R1137-43.
115. Mamer OA, Laschic NS, Scriver CR. Stable isotope dilution assay for branched chain alpha-hydroxy-and alpha-ketoacids: serum concentrations for normal children. *Biomed Environ Mass Spectrom* 1986;13:553-8.
116. Bjorkhem I, Enocksson E, Harper P. Determination of cholesteryl sulphate by isotope dilution-mass spectrometry for diagnosis of steroid sulphatase deficiency. *Scand J Clin Lab Invest* 1985;45:83-6.
117. Haschke F. Body composition of adolescent males. Part I. Total body water in normal adolescent males. Part II. Body composition of the male reference adolescent. *Acta Paediatr Scand Suppl* 1983;307:1-23.
118. Lunn PG, Prentice AM, Austin S, Whitehead RG. Influence of maternal diet on plasma-prolactin levels during lactation. *Lancet* 1980;1:623-5.

Anexo 5. Manual antropométrico utilizado como referencia.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

PROPIA

Programa de prevención del infarto en Argentina

Área de Actividad Física y Balance Energético

Laboratorio de composición corporal

SEMINARIO DE ACTIVIDAD FÍSICA PARA LA SALUD

Departamento Educación Física, Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación UNLP

Dirección General de Escuelas y Cultura de la Provincia de
Buenos Aires

UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES

Cátedra de Nutrición, Facultad de Farmacia y Bioquímica

Cátedra de Nutrición

MANUAL DE MEDICIÓN ANTROPOMÉTRICA

Prof. Mg. Gabriel Tarducci

Lic. Guillermo Morea

Dra. Anabel Pallaro

Bioq. Mariela Vidueiros

Dr. Ariel Bardach

Dra. Gabriela Dimarco

Desarrollo y evaluación de programas de intervención para reducir la
obesidad infantil en Latinoamérica

(Proyecto Regional Latinoamericano 6/052 ARCAL –OIEA-ONU)

Consideraciones Generales.

- Vestuario del sujeto: idealmente con el mínimo de ropa (remera y short) y sin zapatillas.
- Sala de medición: requisitos mínimos de privacidad, temperatura agradable e iluminación.

Equipo antropométrico.

Balanza

Tallímetro portátil

Calibre de pliegues cutáneos de precisión milimétrica (1mm) (Lange)

Cinta métrica (Rosscraft)

Variables a medir.

Peso (kilogramos)

Talla (metros)

Perímetro de cintura (centímetros)

Perímetro de cadera (centímetros)

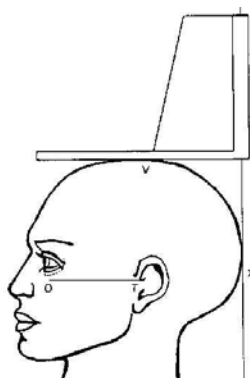
Pliegues cutáneos del bíceps, tríceps, subescapular, suprailíaco, abdominal y pantorrilla (milímetros)

Protocolo de medición de las variables.

Peso: con el mínimo de ropa (remera y pantalón) y sin zapatillas



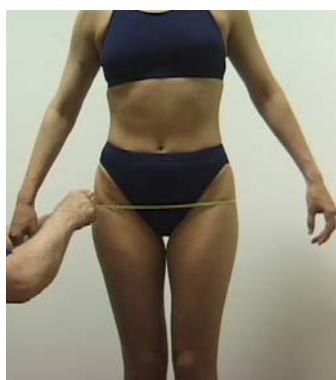
Talla: de pie de espaldas al tallímetro, con el peso de cuerpo distribuido en forma pareja en ambos pies. Talones y rodillas juntas. La cabeza, los omóplatos, los glúteos y los talones deben estar en contacto con la pared del tallímetro. Ubicación de la cabeza en el plano de Francfort y se pide al individuo que haga una inspiración profunda. Se desliza la parte móvil del tallímetro hasta el vértice del cráneo con una presión suficiente para comprimir el cabello.



Perímetro de cintura: en un plano horizontal del suelo se mide a la altura del ombligo con el abdomen relajado. A pesar de que existen controversias acerca de donde medir, unificamos criterios con el INTA para medir en esta zona.



Perímetro de cadera: es la medición máxima encontrada a la altura de la cadera a nivel a los trocánteres.



Pliegue Tricipital: en la parte media de la cara posterior del brazo derecho, sobre el músculo del tríceps.



Pliegue Bicipital: en la parte media de la cara anterior del brazo derecho, sobre el bíceps.



Pliegue Subescapular: debajo del ángulo inferior del omóplato. Se traza una línea oblicua y se corta a los 2 cm. allí se colocan los dedos índice y pulgar de la mano izquierda del evaluador y 1 cm. por debajo las ramas del calibre.



Pliegue Suprailíaco: en la línea media axilar sobre la cresta ilíaca. Se palpa la cresta del lado derecho del evaluado y por encima se despega el pliegue con los dedos correspondientes, quedando el pliegue de forma oblicua. ISAK denomina este pliegue como pliegue de la cresta y mide el pliegue suprailíaco sobre la espina ilíaca. Unificamos criterios con INTA Chile y medimos sobre la cresta ilíaca.



Pliegue Abdominal: se ubica a 5 cm. del ombligo en los adultos, a 3 cm. en los niños una línea vertical que se corta con otra horizontal ubicando el pliegue del abdomen. El pliegue es vertical ubicando el calibre horizontalmente.



Pliegue de la Pantorrilla: en la parte interna de la pierna a la altura del perímetro mayor de la pantorrilla.



Ecuaciones de Grasa Corporal.

Ecuación de DEURENBERG.

Evaluada en 378 escolares de Países Bajos, de 7 a 20 años de edad (55% mujeres y 45% varones), eutróficos; a los cuales se les determinó maduración sexual y clasificó en prepúberes, púberes y pospúberes.

El **GCT%** fue obtenido a partir de la densidad corporal calculada para los diferentes niveles de maduración sexual desde el logaritmo de la sumatoria de **4 pliegues: bicipital, tricipital, subescapular y supraílico**. La ecuación para calcular GCT% para ambos sexos fue:

$$\text{GCT\%} = \frac{(562 - 4,2 (\text{edad en años})) - 2}{\text{Densidad corporal en kg/l}} - (525 - 4,7 (\text{edad en años})) - 2$$

Donde la densidad corporal es obtenida de las ecuaciones siguientes:

EDAD	MUJERES	VARONES
Prepúberes	$1.1187 - 0.0630 * \log (\sum 4 \text{ pliegues}) + 1.9 * (\text{edad (años)} * 10^{-3})$	$1.1133 - 0.0561 * \log (\sum 4 \text{ pliegues}) + 1.7 * (\text{edad (años)} * 10^{-3})$
Púberes	$1.1074 - 0.0504 * \log (\sum 4 \text{ pliegues}) + 1.6 * (\text{edad (años)} * 10^{-3})$	$1.0555 - 0.0352 * \log (\sum 4 \text{ pliegues}) + 3.8 * (\text{edad (años)} * 10^{-3})$
Pospúberes	$1.1830 - 0.0813 * \log (\sum 4 \text{ pliegues})$	$1.1324 - 0.0429 * \log (\sum 4 \text{ pliegues})$

Ecuación de SLAUGHTER.

Realizada en 310 sujetos de 8 a 29 años, norteamericanos blancos y negros, de ellos 242 eran infantojuveniles (43% mujeres y 57% varones), eutróficos; a los cuales se les evaluó maduración sexual clasificándolos en prepúberes, púberes y pospúberes.

El **GCT%** fue obtenido a partir de **los pliegues tricipital y subescapular** por sexo, raza y maduración sexual. Las ecuaciones son las que siguen:

	MUJERES blancas	VARONES blancos
Prepúberes	1.33 * $\sum 2$ pliegues) - 0.013 * ($\sum 2$ pliegues) ² - 2.5	1.21 * $\sum 2$ pliegues) - 0.008 * ($\sum 2$ pliegues) ² - 1.7
Púberes		1.21 * $\sum 2$ pliegues) - 0.008 * ($\sum 2$ pliegues) ² - 3.4
Pospúberes		1.21 * $\sum 2$ pliegues) - 0.008 * ($\sum 2$ pliegues) ² - 5.5

En aquéllos en que la **sumatoria del pliegue tricpital y subescapular fue mayor a 35 mm.** se utilizaron las siguientes ecuaciones para obtener **GCT%**:

$$\text{MUJERES} = 0.546 * (\sum 2\text{pliegues}) + 9.7$$

$$\text{VARONES} = 0.783 * (\sum 2\text{pliegues}) + 1.6$$

Ecuación de ELLIS.

Realizadas en 610 escolares de 3 a 18 años, norteamericanos: blancos, negros e hispánicos (mexicanos); 51% mujeres y 49% varones, con sobrepeso. Las ecuaciones son presentadas por etnia y por sexo, las mujeres hispanas (n = 68) tenían una edad promedio de 10 años, con un peso de 41kg. y 1.36cm.; los varones (n = 74) presentaron una edad promedio de 10 años, con un peso de 42.7kg. y 1.39cm.

La **GCT (kg.)** fue obtenida a partir del peso y la talla en las mujeres; y del peso y la edad en los varones. Las ecuaciones son las siguientes:

$$\text{MUJERES} = 0.677 * \text{peso (kg.)} - 0.217 * \text{talla (cm.)} + 15.5$$

$$\text{VARONES} = 0.591 * \text{peso (kg.)} - 1.82 * \text{edad (años)} + 3.36$$

El GCT% se obtuvo con la fórmula que sigue a continuación:

$$\text{GCT\%} = \frac{\text{GCT (kg)}}{\text{Peso (kg)}} * 100$$

Ecuación de HUANG.

Desarrollada en 96 escolares de 7 a 13 años, de origen latino residentes en Norteamérica (38% mujeres y 62% varones), obesos. La edad promedio del grupo fue de 10.6 años, con un peso de 53.7kg. y una talla de 144cm.

La **GCT (kg.)** fue obtenida a partir del peso, la edad y el sexo. La ecuación es la siguiente:

$$\mathbf{GCT (kg.) = 0.632 * Peso (kg.) - 1.606 * edad (años) - 1.882 * Sexo + 3.330}$$

En donde el código del sexo se codifica como:

Mujeres = 0 Varones = 1

El GCT% se obtuvo a partir de la siguiente fórmula:

$$\mathbf{GCT\% = \frac{GCT (kg)}{Peso (kg)} 100}$$

Además la grasa corporal fue estimada en una submuestra por el método de dilución isotópica con Deuterio, escogido como “referente”, para validar las ecuaciones clínicas utilizadas para estimar GCT% en nuestros escolares.

Anexo 6. Abreviaturas.

Abreviaturas:

A: antropometría
AF: actividad física
BIA: bioimpedancia
CC: composición corporal
CV: cardiovascular
ECNT: enfermedades crónicas no transmisibles
EVC: enfermedad cardiovascular
FC: frecuencia cardíaca
FCF: frecuencia cardíaca final
FCI: frecuencia cardíaca inicial
IMC: índice de masa corporal
MG: masa grasa
MLG: masa libre de grasa
N: normal
Ob: obesidad
P: peso
PA: pliegue abdominal
PB: pliegue cutáneo del bíceps
PCI: pliegue de cresta ilíaca
PP: pliegue de pantorrilla
PSE: pliegue subescapular
PT: pliegue cutáneo del tríceps
Sp: sobrepeso
T: talla
T6M: test de marcha de 6 minutos
VO₂: consumo de oxígeno