

## Estudio multivariado de la evolución de las dimensiones corporales en chilenas mayores de 60 años

*Lydia Lera M., Cecilia Albala B., José Luis Santos M., Patricia Arroyo A., Carola García G., Daniel Bunout B.*

Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos (INTA), Universidad de Chile. Santiago de Chile, Chile

**RESUMEN.** Con frecuencia en las investigaciones médicas se requiere analizar datos de tipo longitudinal que no pueden ser analizados por los métodos estadísticos clásicos de series cronológicas. El objetivo de este trabajo es presentar la factibilidad del uso del método exploratorio multivariado STATIS (Structuration des Tableaux A Trois Indices de la Statistique) en un estudio antropométrico de una muestra de 57 mujeres adultas mayores de 60 años (rango: 69-82 años) del Gran Santiago, Chile, que fueron estudiadas en 5 ocasiones durante un período de 30 meses. Las variables de interés son las mediciones antropométricas: peso, talla, circunferencia brazo, circunferencia pantorrilla, circunferencia cintura, circunferencia cadera, altura rodilla; medidas cada 6 meses. Las variables peso, circunferencia de brazo, circunferencia de pantorrilla, circunferencia de cintura y circunferencia de cadera, fueron las más correlacionadas con el primer eje de compromiso y responden fundamentalmente a medidas de composición corporal como adiposidad y masa muscular. El eje 2, caracterizado por la talla y la altura de rodilla, responde al tamaño del esqueleto. Los resultados obtenidos sugieren una evolución cronológica regular en los primeros 24 meses de observación, con un cambio de estructura a los 30 meses del estudio, así como una clasificación de grupos con diferente composición corporal.

**Palabras clave:** Adulto mayor, antropometría, análisis multivariado de datos longitudinales.

**SUMMARY. Multivariate study of the evolution of body dimensions in elderly Chilean women.** Although in medical research the use of longitudinal data to analyze short time periods is frequently required, it does not permit the use of classic statistical methods for chronological series. The objective of this study is to present the possibility and plausibility of using the STATIS method (Structuration des Tableaux A Trois Indices de la Statistique), an explorative method for data analysis, in a study of the body composition of a sample of 57 women over 68 years of age in Santiago, Chile who were observed over a period of 30 months. The variables analyzed (measured every 6 months) were the following anthropometric measurements: weight, height, arm circumference, calf circumference, waist circumference, hip circumference and knee height. The results obtained suggested a regular chronological evolution during the first 24 months of observation with a change in structure after 30 months of the study, thereby classifying subjects according to body composition.

**Key words:** Body composition, elderly, anthropometry, longitudinal multivariate analysis data.

### INTRODUCCION

Cuando se obtienen datos longitudinales cuantitativos de naturaleza multivariada para analizar fenómenos que evolucionan en el tiempo (también denominados datos evolutivos) (1), para períodos cortos de tiempo o cuando se tienen series muy heterogéneas no es posible utilizar los métodos clásicos de series cronológicas (2). Cuando se observa un fenómeno en el tiempo en el que se consideran múltiples variables, los análisis se complican (3), siendo recomendable la utilización de técnicas exploratorias como los llamados métodos factoriales que son una especie de generalización del Análisis de Componentes Principales (ACP) (4,5), método que fue concebido para el estudio de una sola matriz de datos, por lo que no es posible realizar comparaciones entre los resultados de diferentes conjuntos de datos.

Existen diferentes métodos estadísticos para el estudio simultáneo de varias matrices de datos, la elección de un método u otro depende de los objetivos que se persigan, del tipo de

variable y del tipo de matriz de datos que se tenga (3). Entre estos métodos se encuentran el Método de Comparación de Grupos de Componentes Principales (6,7), el Análisis de Componentes Principales Comunes (8,9), el Análisis de Componentes Principales Triple (ACPT) (10, 11), el STATIS (12,13), el Doble Análisis de Componentes Principales (DACP) (2) y el Análisis de Procrustes Generalizado (14). La mayoría de estos métodos son de carácter exploratorio, permitiendo una exploración simultánea de varias matrices de datos y entre uno de sus propósitos está la búsqueda de una estructura o espacio común.

El presente trabajo ilustra la aplicación del método STATIS en el estudio del estado nutricional de un grupo de mujeres adultas mayores. Para ello se usaron los datos de una cohorte de mujeres sanas mayores de 60 años, chilenas, de nivel socioeconómico medio bajo y bajo (15).

Durante la vejez, ocurren importantes cambios corporales como pérdida de peso, pérdida de estatura, cambios en la composición corporal con pérdida de masa magra, menor ingesta

de nutrientes y menor gasto energético comparado con la edad adulta (16) por lo que la evaluación del estado nutricional es esencial para entender la salud de los ancianos, tanto en el nivel individual como colectivo. Sin embargo, existen pocos estudios en relación con la situación nutricional de los adultos mayores en Latinoamérica, lo que pone de manifiesto la necesidad de contar con instrumentos de evaluación nutricional en el nivel colectivo que permitan medir tanto los problemas nutricionales por exceso como por déficit y que a su vez cumplan con criterios de validez, aplicabilidad y bajo costo (17,18). Una de las formas más simples de evaluar estado nutricional es utilizando mediciones antropométricas.

Es sabido que los cambios en la composición corporal constituyen uno de los hechos centrales que acompañan al envejecimiento. La aplicación de estos métodos estadísticos es particularmente apropiada en estudios de evaluación de los cambios corporales y antropométricos.

En este trabajo se analizan solamente las variables antropométricas, que dentro de los indicadores del estado nutricional son las más fáciles de obtener. Entre estos indicadores se tiene el IMC (peso/altura<sup>2</sup>), método simple y ampliamente utilizado para investigar composición corporal, de ahí su uso generalizado (19,20) y la circunferencia de cintura como indicador de riesgo metabólico (21).

## MÉTODOS

**Diseño:** Se trata de un estudio descriptivo longitudinal de adultos mayores de 68 años, mujeres, residentes en el Gran Santiago, Chile.

**Sujetos:** La muestra está compuesta por 57 mujeres entre 69 y 82 años de edad (promedio  $\pm$  DS: 74.5 $\pm$ 3.3 años) a las que se les efectuó en 5 ocasiones consecutivas (cada 6 meses) mediciones antropométricas. Las variables antropométricas medidas fueron: peso, talla, circunferencia de brazo, circunferencia de pantorrilla, circunferencia de cintura, circunferencia de cadera y altura de rodilla. Todas las participantes en el estudio firmaron un consentimiento escrito.

**Análisis estadístico:** Las variables antropométricas se expresan como promedios  $\pm$  desviación estándar. El análisis se efectuó utilizando el método STATIS, que es un método exploratorio del análisis de datos que permite el análisis simultáneo de varias matrices (T).

Este método se puede aplicar cuando al menos una dimensión es común a todas las matrices de datos, es decir cuando se tiene alguna de las siguientes situaciones:

1. Los mismos individuos medidos en diferentes ocasiones para las mismas variables.
2. Los mismos individuos medidos en diferentes ocasiones

para diferentes variables.

3. Diferentes conjuntos de individuos a los que se les miden las mismas variables.

Este estudio corresponde a la primera situación, se han medido las mismas variables antropométricas en 5 ocasiones diferentes a las mismas pacientes.

El método STATIS se basa fundamentalmente en el desarrollo de las siguientes etapas:

1. Análisis de la interestructura. Su objetivo es comparar globalmente las T matrices de datos y analizar la evolución de éstas. Se realiza un ACP a cada matriz de datos y se genera una matriz de similaridades entre los individuos para cada matriz. Para ello se utiliza el coeficiente de asociación o de correlación vectorial RV (coeficientes de Ray Leigh). Estos coeficientes se interpretan como la evolución promedio de los individuos en las ocasiones  $k_1$  y  $k_2$ . Un coeficiente RV cercano a 1 significa que existe la misma estructura entre los individuos en el interior de las matrices  $X_{k1}$  y  $X_{k2}$ , y que las posiciones de los individuos son estables. Si RV es 0, entonces son ortogonales.
2. Búsqueda de un compromiso. Se refiere a la obtención de una estructura promedio de las observaciones, es decir, se resumen las T matrices de datos en una sola que es un promedio ponderado de todas, llamada compromiso.
3. Análisis de la intraestructura. Aquí se obtiene una representación detallada de las observaciones y de las variables que permiten explorar las diferencias o similitudes que existen entre las matrices de datos (es la proyección de cada una de las matrices de datos sobre el espacio definido en el compromiso), que definen la posición promedio de las observaciones en las ocasiones, siendo el propósito fundamental del método, la búsqueda de una estructura común entre las diferentes matrices de datos.
4. Obtención de trayectorias de las observaciones en las ocasiones. Las trayectorias se refieren a las posiciones de las observaciones en la imagen euclidiana del compromiso para cada una de las ocasiones.

Para un estudio detallado del método se recomienda: Lavit (12), Lavit et al. (13) y Groupe GERI (2).

El análisis estadístico de los datos se realizó con los programas MATLAB 6.1 (Math Works, Inc.) y STATA 9.2 (Copyright 1984-2006, StataCorp, College Station, Texas 77845 USA).

## RESULTADOS

Las estadísticas resumen de las mediciones antropométricas se presentan separadamente para cada oca-

sión (Tabla 1). Se observa que el peso promedio disminuye ligeramente en el tiempo al igual que la talla. El peso, la talla y la altura de rodilla se compararon con las estadísticas promedio de las mujeres adultas mayores de una muestra representativa del Gran Santiago (peso promedio:  $64.5 \pm 12$  kg, ta-

lla promedio:  $150.2 \pm 6.3$  cm y altura de rodilla promedio:  $46.3 \pm 2.3$  cm). Se encontró que el peso se encuentra por debajo del promedio, siendo la diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0.001$ ). No se encontró diferencia significativa con la talla ni con la altura de rodilla promedios.

TABLA 1  
Estadísticas descriptivas de las variables antropométricas analizadas (promedio  $\pm$  desviación estándar)

	Peso (kg)	Talla (cm)	Circunferencia Brazo (cm)	Circunferencia Pantorrilla (cm)	Circunferencia Cintura (cm)	Circunferencia Cadera (cm)	Altura rodilla (cm)
Ocasión 1	59.4 $\pm$ 9.7	148.4 $\pm$ 5.2	28.1 $\pm$ 2.9	32.7 $\pm$ 2.9	96.8 $\pm$ 10.1	97.7 $\pm$ 7.9	46.2 $\pm$ 2.3
Ocasión 2	59.4 $\pm$ 9.7	148.1 $\pm$ 5.3	28.3 $\pm$ 2.9	33.2 $\pm$ 3.1	96.7 $\pm$ 10.5	97.8 $\pm$ 7.9	46.3 $\pm$ 2.0
Ocasión 3	59.3 $\pm$ 9.3	148 $\pm$ 5.4	28.7 $\pm$ 3.0	33.2 $\pm$ 3.1	97.3 $\pm$ 7.9	98.3 $\pm$ 10.3	46.2 $\pm$ 1.9
Ocasión 4	58.8 $\pm$ 9.8	147.4 $\pm$ 5.6	28.7 $\pm$ 3.2	33.2 $\pm$ 3.2	96.2 $\pm$ 8.7	97.5 $\pm$ 9.3	46.2 $\pm$ 2.0
Ocasión 5	58.1 $\pm$ 9.7	147.5 $\pm$ 5.3	28.9 $\pm$ 3.0	33.0 $\pm$ 3.0	96.1 $\pm$ 7.7	97.1 $\pm$ 7.7	46.2 $\pm$ 2.0

La Tabla 2 muestra los coeficientes de la matriz de similitud RV los que reflejan la relación entre las diferentes ocasiones en que se midieron las variables. Varían entre 0.83 (primera y última medición analizada) y 0.95 (segunda y tercera medición). Representa la matriz de correlación compromiso y puede ser considerada como una matriz de correlación promedio entre las variables siendo un buen reflejo de la correlación de las ocasiones ya que todos son mayores que 0.8, es decir los productos escalares normados de las tablas se aproximan a 1, lo que nos indica que existe una estructura común de los individuos en el interior de las tablas, que las posiciones de los individuos son estables y que están correctamente descrita por el compromiso. Como complemento a esta tabla, se puede realizar una representación gráfica de las matrices en cada momento de medición (los tiempos) (no mostrada), la que sugiere una evolución cronológica regular en las primeras 4 ocasiones, con una ligera diferencia de estructura en la última ocasión.

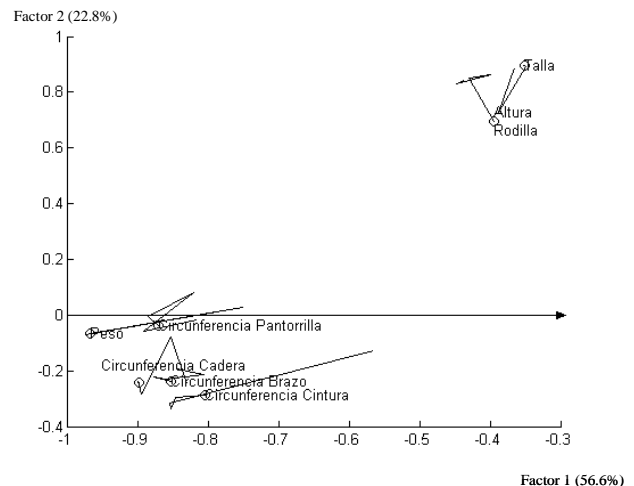
TABLA 2  
Matriz de similitudes (coeficientes de correlación vectorial RV)

	Ocasión 1	Ocasión 2	Ocasión 3	Ocasión 4	Ocasión 5
Ocasión 1	1.0000				
Ocasión 2	0.9452	1.0000			
Ocasión 3	0.9343	0.9506	1.0000		
Ocasión 4	0.9076	0.9235	0.9368	1.0000	
Ocasión 5	0.8309	0.8566	0.8973	0.8648	1.0000

En la Figura 1 se presentan las correlaciones de las variables con los ejes de compromiso. Las variables peso, circunferencia de brazo, pantorrilla, cintura y cadera, se correlacionan

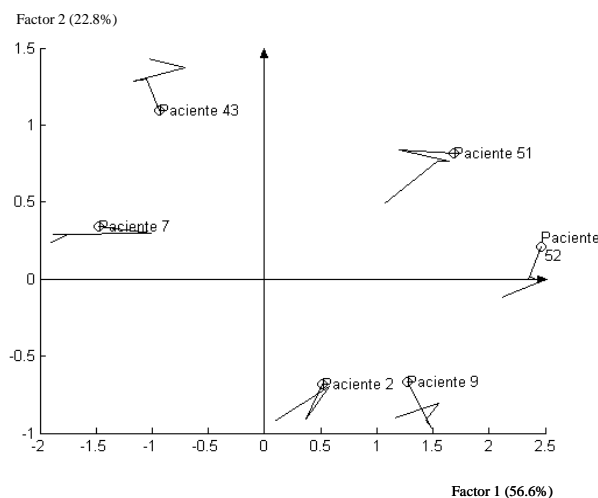
negativamente con el eje 1, el cual explica un poco más de la mitad de la varianza (56.6%) y responde fundamentalmente a medidas de composición corporal como adiposidad y masa muscular, las que varían en el tiempo. Por tratarse de valores con signo negativo, la interpretación del eje se hace en forma inversa, es decir, hacia la izquierda se encuentran los sujetos con mayor composición corporal. La talla y la altura de rodilla están correlacionadas con el eje 2 (22.8% de la varianza) en sentido positivo y representan el tamaño del esqueleto. Se espera que estas últimas tengan una variabilidad pequeña en el tiempo, que es dada solo por la talla, ya que la altura de la rodilla permanece fija durante la vida de adulto.

FIGURA 1  
Correlaciones de las variables antropométricas con los ejes de compromiso



Es posible seguir las variaciones de cada uno de los sujetos durante los 30 meses de estudio visualizando las trayectorias individuales de una ocasión a otra. La Figura 2 muestra algunas trayectorias seleccionadas, las que permiten analizar la variabilidad de la posición de cada una de las observaciones alrededor de la estructura común, la que se interpreta como la evolución de un individuo ficticio promedio que asume como valores los promedios de las variables en el tiempo. El análisis de las trayectorias permite describir la evolución y el comportamiento de los sujetos de la muestra con relación a la evolución promedio, en las diferentes ocasiones en que se midieron. Las trayectorias se pueden interpretar con referencia a los ejes principales de compromiso. Las trayectorias tienen diferentes formas pudiéndose distinguir fundamentalmente 2 tipos de trayectorias, una que se enquista sobre la observación, que corresponde a un individuo que no evoluciona sobre la evolución promedio, lo que significa que para cada variable, la dispersión entre el valor de la variable para este individuo y la media es regular de un período a otro. Los puntos corresponden a las posiciones promedio de las observaciones en los períodos analizados. Estos puntos describen los diferentes tipos de datos según su composición corporal y las trayectorias permiten describir la evolución de cada individuo sobre la evolución promedio.

FIGURA 2  
Trayectorias de 6 sujetos (mujeres adultas mayores de 60 años) de la muestra en las diferentes ocasiones



A continuación se hace un análisis de las trayectorias de algunos de los sujetos del estudio. La paciente 2, cuya trayectoria se encuentra en la parte inferior del plano factorial, se caracteriza por una baja estatura y una composición corporal promedio. En el caso de la paciente 9, se puede considerar que su constitución corporal está por debajo del promedio y

que también es de baja estatura. En sentido contrario, una trayectoria de gran amplitud refleja un cambio en la constitución morfológica de las pacientes en el tiempo, diferente de la evolución promedio. La paciente 51, que se encuentra completamente en el cuadrante positivo, no es de baja estatura y presenta un aumento en su composición corporal. La paciente 52, de estatura promedio presenta una composición corporal delgada. Se observa que la trayectoria de las pacientes 2 y 9, es como si se enquistaran sobre sí mismas, sobre el promedio, lo que indica en este caso ausencia de evolución y la trayectoria de la paciente 51 es una trayectoria de gran amplitud, reflejando una evolución en el tiempo diferente de la evolución promedio.

## DISCUSION

En el presente estudio se mostró una aplicación del método STATIS en el estudio de la composición corporal de una muestra de mujeres sanas adultas mayores de 68 años las que se midieron cada 6 meses durante un período de 30 meses, siendo esta forma de análisis una alternativa a emplear cuando se tienen cortos períodos de tiempo como es el caso ya que sólo tenemos mediciones en 5 momentos, lo que no nos permite emplear los métodos clásicos desarrollados para el análisis de series de tiempo.

Al observar las estadísticas promedios de las variables antropométricas se ve que el peso promedio de las mujeres ancianas disminuye ligeramente en el tiempo al igual que la talla. La altura de rodilla se mantiene prácticamente igual lo que era de esperarse ya que la altura de la rodilla permanece fija durante toda la vida de adulto.

Para esta muestra, el peso promedio se encuentra por debajo del peso promedio de las mujeres adultas mayores del Gran Santiago (22) ( $p < 0.001$ ). No así la talla ni la altura de rodilla promedios, lo que nos dice que nuestra muestra es menos gruesa que el promedio de la población adulta mayor del Gran Santiago.

Los resultados obtenidos sugieren una evolución cronológica regular en los primeros 24 meses de observación, con un cambio de estructura a los 30 meses del estudio.

Las variables peso, circunferencia de brazo, pantorrilla, cintura y cadera, que resultaron ser las más correlacionadas con el primer eje de compromiso, responden fundamentalmente a medidas de composición corporal como adiposidad (peso, circunferencias de cintura y cadera) y masa muscular (circunferencia de brazo y pantorrilla) (este conjunto de variables es el que más cambia). El eje 2, caracterizado por la talla y la altura de rodilla, responde al tamaño del esqueleto. Este eje presenta gran estabilidad ya que la altura de rodilla no cambia en el tiempo y en 30 meses la disminución de la talla es mínima.

La asociación entre masa corporal y masa ósea ha sido

bastante documentado (17). A medida que se envejece, se produce una disminución del agua corporal total y de la masa ósea y muscular, un aumento relativo de masa grasa y una redistribución de la masa grasa (18). Se ha observado que la disminución de la masa esquelética que se produce con la edad incrementa el riesgo de deformaciones esqueléticas, de limitaciones funcionales y de fracturas (23).

Al analizar las posiciones de compromiso de la muestra se obtiene que las pacientes 13, 28, 43, 45 y 52 presentan un comportamiento diferente al resto, lo que probablemente corresponde a la variabilidad interindividual del envejecimiento en los seres humanos. La paciente 13 se caracteriza por baja estatura y poca masa muscular, la 28 por el contrario es una persona obesa con una estatura promedio, la 43 presenta una masa muscular media y gran estatura, la 45 presenta una masa corporal promedio y una baja estatura y la 52 tiene una estatura promedio y muy baja masa muscular. También se observan pequeños grupos de pacientes con características morfológicas similares. Por ejemplo, las pacientes 32, 48, 49, 51 forman un grupo con características similares, son mujeres con mayor estatura y menor masa muscular.

De los resultados es posible proponer una clasificación de las observaciones basadas en las posiciones de los datos sobre los ejes factoriales y así como la aplicación de otros métodos, cómo el método de clasificación de los centros móviles para buscar una configuración óptima.

El análisis de las diferentes formas de las trayectorias nos refleja el comportamiento de cada uno de los sujetos de la muestra, en las diferentes ocasiones en que se midieron.

El análisis de los datos con el método STATIS produce resultados plausibles y lógicos que permite estimar la similitud entre los primeros 24 meses de observación, las trayectorias de las variables y su correlación con los ejes, así como las asociaciones de observaciones particulares que tengan variaciones similares, la posición y las trayectorias individuales de los pacientes, de una ocasión a otra.

## REFERENCIAS

1. Groupe GERI. L'anayse des donnés évolutives. Méthods et applications. Editions TECHNIP; 1996.
2. Carlier A, Lavit C, Pages M, Pernin MO, Turlot JC. A comparative review of methods which handle a set of indexed data tables. En: Coppy R, Bolasco S, editores. Multiway Data Analysis. Amsterdam: Elsevier Science Publishers B.V. North; 1989. p. 85-102.
3. Lacourly N. Panorama de métodos para el análisis de tablas longitudinales. Memorias del Seminario de Capacitación e Investigación. Recolección y Análisis de Datos Longitudinales, 1996.
4. Rao CR. The Use and Interpretation of Principal Component Analysis in Applied Research, Sankhya 1964; 26 (Ser. A): 329-385.
5. Jackson JE. A User's Guide to Principal Components. John Wiley & Sons, New York, 1991.
6. Krzanowski WJ. Correction of 1979, JASA 1981; 78: 1022.
7. Krzanowski WJ. Between-Groups Comparison of principal Components-Some sampling Results. J. Statistics. Comput. Simul 1982; 15: 141-154.
8. Flury B. Common Principal Components in k groups, JASA 1984; 79: 892-898.
9. Flury B, Riedwyl, H. Multivariate Statistics. A practical approach. Chapman and Hall, London, 1988.
10. Tucker LR. Some Mathematical Notes on Three Mode Factor Analysis, Psychometrika 1966; 31: 79-311.
11. Kroonenberg, PM. Three-Mode Principal Components Analysis. Leiden, DSWO Press, 1983.
12. Lavit, CH. Analyse Conjointe de Tableaux Quantitatifs. Masson, Paris, 1988.
13. Lavit CH, Escoufier Y, Sabatier R and Traissac P. The ACT (Statis method). Computational Statistics and Data Analysis 1994; 18: 97-119.
14. Gower JC. Generalized Procrustes Analysis, Psychometrika 1975; 40: 33-51.
15. Bunout D, Barrera G, De la Maza P, Avendaño M, Gattas V, Petermann M, Hirsch S. The impact of nutritional supplementation and resistance training on the health functioning of free-living Chilean elders: results of 18 months of follow-up. J Nutr 2001; 131: 2441S - 2446S.
16. Albala C, Yáñez M., Salazar G, Vio F. Body composition in the elderly: total body water and anthropometry. Nutrition Research 1994; 14: 1797-1809.
17. Albala C, Yáñez M, Devoto E, Sostin C, Zeballos L, Santos JL. Obesity as a protective factor for postmenopausal osteoporosis. Int J Obesity 1996; 20: 1027-1032.
18. Albala C, Olivares S. Nutrición en la menopausia Consenso en Climaterio, 2ª edición. Arteaga E (Ed). Capítulo 16: 185-207, 2001.
19. WHO. Obesity. Preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO consultation on obesity. Geneva, 3-5 June 1997.
20. Shetty PS, James WPT. Body mass index. A measure of chronic energy deficiency in adults. FAO Food and Nutrition Paper 56. Rome Italy, 1994.
21. Lemieux S, Prud'homme D, Bouchard C, Tremblay A, Despres JA. A single threshold value of waist girth identifies normal weight and overweight subjects with excess visceral adipose tissue. Am J Clin Nutr 1996; 64: 685-693.
22. Santos JL, Albala C, Lera L, García C, Arroyo P, Pérez-Bravo F, Angel B, Peláez M. Anthropometric measurements in the elderly population of Santiago, CHILE. Nutrition 2004; 20: 452-457.
23. Cummings S, Kelsey J, Nevitt M, O'Dowd K. Epidemiology of osteoporosis and osteoporotic fractures. Epidemiol Rev 1985; 7: 178-20.

Recibido:11-07-2007

Aceptado:07-08-2007