

INSTITUTO NACIONAL DE HIGIENE, EPIDEMIOLOGIA Y MICROBIOLOGIA

Concentraciones de Cinc y Cobre en el pelo de un grupo de adolescentes escolares

Por las Lic.:

MAGALY PADRON HERRERA* y MA. ELENA DIAZ**

y los técnicos:

JOSE REBOSO***, REINALDO ROCHE*** e IRAIDA WONG***

Padrón Herrera, M. y otros. *Concentraciones de Cinc y Cobre en el pelo de un grupo de adolescentes escolares*. Rev Cub Ped 55: 5, 1983.

Se midieron las concentraciones de cinc y cobre en el pelo de 110 adolescentes escolares supuestamente sanos agrupados según el sexo y la edad biológica. Los valores de cinc, estadísticamente más elevados, se observaron en los varones (170 $\mu\text{g/g}$) y los más bajos en las hembras (134,7 $\mu\text{g/g}$) de aquellos grupos que habían concluido su maduración sexual. Ninguno de los sujetos del estudio tuvo concentraciones de cinc por debajo de 70 $\mu\text{g/g}$. Los varones presentaron mayor concentración de cinc que las niñas, con una tendencia significativa a aumentar con la edad biológica. En las concentraciones de cobre no se encontraron diferencias por sexo ni por estadios sexuales. Las concentraciones de ambos metales se correlacionaron con la talla, circunferencia muscular braquial, área muscular braquial y masa corporal activa. Ninguno de los coeficientes de correlación resultó significativo, a excepción de la relación cinc-talla ($r = 0,45$; $P < 0,05$) en los varones con estadio 5 del desarrollo sexual. Las medias de las concentraciones de cinc fueron significativamente más elevadas en los adolescentes del sexo masculino que se encontraban por encima del 50 percentil de talla para su edad cronológica, que en los que se encontraban por debajo de este valor.

INTRODUCCION

La adolescencia es un período de crecimiento y maduración rápidos, en el que ocurre un proceso acelerado de síntesis proteica, por lo que en esta etapa de la vida aumentan notablemente los requerimientos de muchos nutrientes.

Entre los nutrientes indispensables para la vida, el crecimiento y la reproducción, se encuentran el cinc y el cobre, cuya esencialidad ha sido

* Investigadora. Licenciada en Química. Departamento de nutrición. Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología (INHEM).

** Investigadora. Antropóloga. Departamento de Nutrición. INHEM.

*** Auxiliar técnico de investigación. Departamento de Nutrición. INHEM.

demostrada claramente durante las últimas décadas. Suministros inadecuados de estos metales pueden traer estados deficitarios. La deficiencia de cobre se observa en lactantes y niños, en los que provoca principalmente anemia; mientras que en adultos, un estado deficitario de este mineral es considerado como raro. Sin embargo, en el caso del cinc, a partir del primer informe de deficiencia de este metal en humanos en el Medio Oriente,¹ ésta ha sido reconocida en distintas áreas del mundo y se ha considerado que una deficiencia marginal de cinc pudiera existir en varios sectores poblacionales, incluidos países con elevado nivel de desarrollo.^{2,3}

El cinc y el cobre desarrollan en el metabolismo humano y animal, principalmente funciones enzimáticas. La presencia de cobre en las cuprometaloenzimas resulta esencial para su actividad enzimática, y su función parece estar relacionada con la posibilidad de participar en las reacciones de oxidación-reducción.

Se conocen en la actualidad más de setenta metaloenzimas que requieren de cinc para su funcionamiento. Muchas de las enzimas involucradas en el metabolismo de los ácidos nucleicos dependen de este metal. Debido a la necesidad del cinc en todos los estados del ciclo celular, como resultado de su deficiencia se afecta adversamente la síntesis de DNA y de proteínas.⁴

En la evaluación de las reservas de cinc y cobre en el organismo y para el diagnóstico de su deficiencia se han utilizado las mediciones de estos elementos en varios materiales biológicos. Entre estos materiales el pelo continúa atrayendo la atención como un posible monitor de reservas de varios metales y ha sido utilizado ampliamente por varios autores.⁵⁻¹²

Es por ello que nos propusimos estudiar de forma preliminar las concentraciones de cinc y cobre en pelo de una población relativamente homogénea de adolescentes escolares, supuestamente sanos, para evaluar las reservas de estos minerales y ver su posible relación con algunos indicadores de las reservas de proteínas y, en general, con indicadores del desarrollo corporal.

MATERIAL Y METODO

Se analizaron 110 muestras de pelo pertenecientes a adolescentes europoides de uno y otro sexo con estadio 4 y 5 de maduración sexual seleccionados entre los alumnos de séptimo, octavo y noveno grados de una escuela secundaria básica urbana de Ciudad de La Habana.

Se tomaron las siguientes mediciones corporales: peso, talla, estadios de desarrollo sexual y circunferencia del brazo, así como los pliegues cutáneos de las regiones del bíceps, tríceps y subescapular, siguiendo las técnicas del Programa Biológico Internacional.¹³ Se calcularon la circunferencia del músculo, el área braquial y la masa corporal activa a partir de dimensiones antropométricas.^{15,16}

El pelo fue obtenido mediante el uso de tijeras de acero inoxidable de la región nucoccipital, y se utilizaron sólo los 2 centímetros más cercanos al cuero cabelludo y guardados en sobres de polietileno cerrados. Previamente al análisis, las muestras fueron lavadas minuciosamente con acetona, solución detergente de laurilsulfato de sodio y agua desionizada en orden consecutivo, secadas al aire y guardadas en desecadora. Porciones duplicadas de aproximadamente 100 mg de la muestra lavada de pelo fueron digeridas en mezcla ácida de acuerdo con el método propuesto por *Petering*⁵ y analizadas para cinc y cobre por espectrofotometría de absorción atómica. Las cantidades de los metales presentes fueron informadas en microgramos por gramos de pelo.

Durante los trabajos preliminares al estudio se encontró para la técnica empleada un coeficiente de variación del 4,5% para el cinc y el 4% para el cobre en 12 réplicas de un *pool* de pelo, así como el 95% y el 98% de recuperación para cinc y cobre, respectivamente cuando fueron añadidas cantidades conocidas de estos elementos antes de la digestión, lo que evidencia una adecuada precisión y exactitud de las técnicas para los objetivos del trabajo.

Se compararon las concentraciones de cinc y cobre en pelo considerando el sexo y la edad biológica mediante modelos bifactoriales con diseño de análisis de varianza de una vía de clasificación para datos balanceados¹⁷ y se calcularon los coeficientes de correlación lineal de los niveles de cinc y cobre en pelo con la talla, circunferencia del brazo, área muscular braquial y la masa corporal activa. Se trabajó a un nivel de significación de $\alpha = 0,05$ y se utilizó la transformación $\log x$, cuando fue necesario.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los estadígrafos principales de las concentraciones de cinc y cobre en pelo para cada uno de los grupos estudiados pueden verse en el cuadro I. Las medias de los valores de cinc son similares a los informados por *Klevay* en 1970⁶ en un grupo de niños y adolescentes panameños, y los encontrados por *Reyes y colaboradores*¹⁸ en niños cubanos, pero están relativamente más bajos que los encontrados por *Hambidge* en 1972⁷ en niños norteamericanos entre 4 y 16 años. En cuanto al cobre, los valores medios oscilan entre 13,8 y 15,9 $\mu\text{g/g}$ en los diferentes grupos estudiados. Las concentraciones de este metal en pelo informadas en la literatura al respecto, varían notablemente. Algunos investigadores han considerado que los niveles medios de cobre en pelo de adultos se mueven entre 15 y 35 $\mu\text{g/g}$,^{5,7,8} y se han informado cifras hasta de 86 $\mu\text{g/g}$ ⁹ en mujeres adultas. Sin embargo, se ha planteado que estas grandes variaciones, así como las diferencias relativas a la edad o el sexo según varios autores,^{5,7,9} posiblemente se debieran a diferencias en la toma de muestra, ya que las concentraciones de cobre en pelo aumentan significativamente a medida que aumenta la distancia del cuero cabelludo.¹⁹

CUADRO I

ESTADIGRAFOS PRINCIPALES POR SEXO Y EDAD BIOLÓGICA DE LAS
CONCENTRACIONES DE CINCO Y COBRE EN PELO
DE ADOLESCENTES*

		Cinc			Cobre		
		\bar{x}	S	CV(%)	X	S	CV(%)
HEMBRAS	Estadio 4 n = 28	149,9	43,1	29,6	14,9	3,9	26,5
	Estadio 5 n = 38	134,7	30,6	22,7	15,9	4,3	27,1
VARONES	Estadio 4 n = 20	156,1	50,4	32,3	13,8	3,7	27,0
	Estadio 5 n = 24	170,7	53,3	31,2	15,0	4,5	30,2

* Las concentraciones de los metales están expresadas en $\mu\text{g/g}$ de pelo.

Los valores obtenidos por nosotros están en concordancia con otros autores que han tomado en cuenta en la técnica de muestreo la obtención de sólo los 2 cm de pelo más cercanos a la raíz.^{10,19} En ambos metales se observan elevados coeficientes de variación que indican la gran variabilidad que presentan las concentraciones de estos metales en el pelo, informadas también por otros autores.^{9,10,18}

Mediante la prueba de bondad de ajuste Chi cuadrado se comprobó que las concentraciones de cinc en pelo de la población estudiada cumplían la distribución normal, lo que concuerda con lo encontrado por *Heinersdorff*,¹¹ mientras que en las de cobre no se encontró ajuste, lo que ha sido también observado por otros autores.^{9,10}

En los 110 adolescentes del estudio, supuestamente sanos, no hubo evidencias de que existiera una deficiencia de cinc, considerando que los valores menores de $70 \mu\text{g/g}$ se consideran, generalmente, como indicativos de deficiencias.¹² Si para los valores de cobre se consideran como bajos los valores menores de $1/3$ de la media,⁹ en nuestra población no se encontraron bajas concentraciones de este metal en pelo, pero la significación nutricional de este hecho es dudosa, ya que aunque hay numerosos informes de determinaciones de cobre en pelo humano, no existen resultados concluyentes que prueben o nieguen si estos niveles reflejan la ingesta o la reserva de este nutriente.⁷

Cuando se compararon mediante análisis de varianza las concentraciones de cinc y cobre en pelo en cada uno de los grupos de adolescentes considerados, no se encontraron para el cobre diferencias significativas de acuerdo con el sexo ni entre los estadios 4 y 5 de maduración sexual,

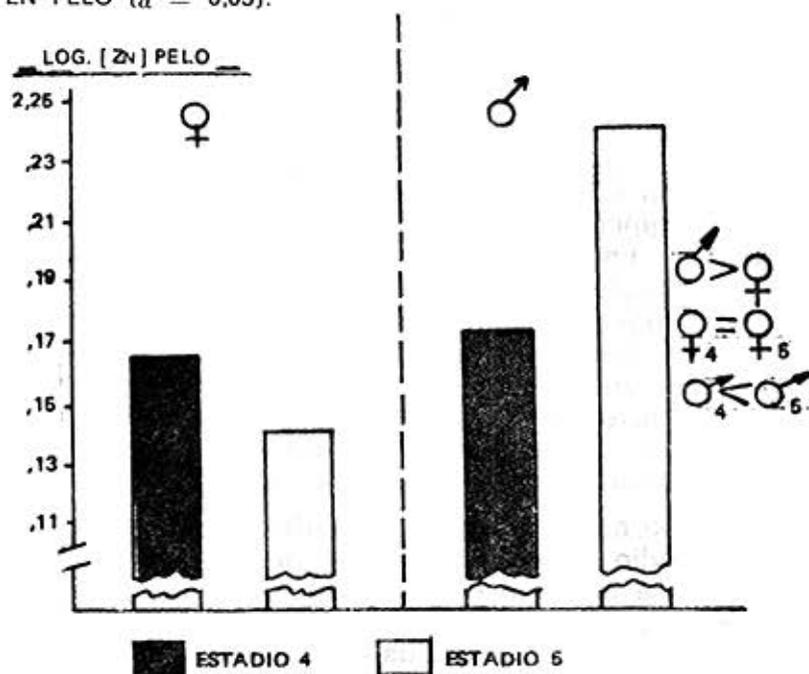
así como tampoco se encontró interacción entre estos factores principales.

Para las concentraciones de cinc, sin embargo, fueron encontradas diferencias significativas de acuerdo con el sexo. Al aplicar la prueba de rangos múltiples de *Duncan* para analizar estas diferencias, observamos que los varones representan mayores niveles de cinc que las niñas, con una tendencia significativa a aumentar con la edad biológica para los estadios estudiados. En las hembras no se observó este comportamiento (gráfico 1).

Se sabe que los requerimientos de cinc aumentan durante la adolescencia, en particular en los varones, posiblemente asociados con altas concentraciones de este metal presentes en los testículos y glándulas sexuales accesorias masculinas,²⁰ por lo que en una población donde no existan evidencias de deficiencia nutricional de este elemento, podría esperarse encontrar mayores reservas corporales de cinc en los varones que en las hembras, en correspondencia con las elevadas demandas en este período de la vida. *Sandstead*,²¹ basado en datos de diferentes autores, consideró el contenido corporal esperado y la acumulación diaria de cinc a diferentes edades, y encontró que en los varones hay un brusco incremento en la retención diaria entre 11 y 17 años de edad, mientras que en las hembras, que ocurre con anterioridad, no es cuantitativamente tan grande.

Gráfico 1

RESULTADOS DE LA PRUEBA DE RANGOS MÚLTIPLES DE DUNCAN PARA LAS CONCENTRACIONES DE CINCO EN PELO ($\alpha = 0,05$).



Estos resultados están en concordancia con nuestros hallazgos en este estudio, ya que los adolescentes varones presentan mayores reservas de cinc que las hembras, considerando a las concentraciones en pelo como indicativas de estas reservas.

Recientemente han sido informadas diferencias sexuales en las concentraciones de cinc en pelo de estudiantes neozelandeses entre 18 y 27 años de edad,¹³ y de niños ingleses entre 10 a 11 años,¹¹ y se encontraron en ambos casos, a diferencia de lo encontrado por nosotros, valores más elevados en las hembras que en los varones.

Es de señalar que las edades de los individuos estudiados por estos autores difieren de las de los nuestros. En el estudio de Nueva Zelanda los valores informados son de adultos y en el informe británico se estudian niños en el inicio de la pubertad. En este último estudio no se estableció el estadio de desarrollo sexual, pero fue considerado por los autores que, de acuerdo con los pesos y las tallas, la mayoría de las niñas habían entrado en el "estirón" de la adolescencia, mientras que prácticamente en ninguno de los varones había ocurrido. Esta diferencia en la edad de desarrollo entre hembras y varones en ese estudio (superior en las niñas que en los niños) podría quizás explicar los valores significativamente más elevados encontrados por este autor en las hembras.

En cada uno de los cuatro grupos considerados fueron calculados los coeficientes de correlación entre los valores de cinc y cobre con la talla, la circunferencia muscular bronquial y el área muscular, así como con la masa corporal activa, la cual fue calculada sólo en el sexo femenino.

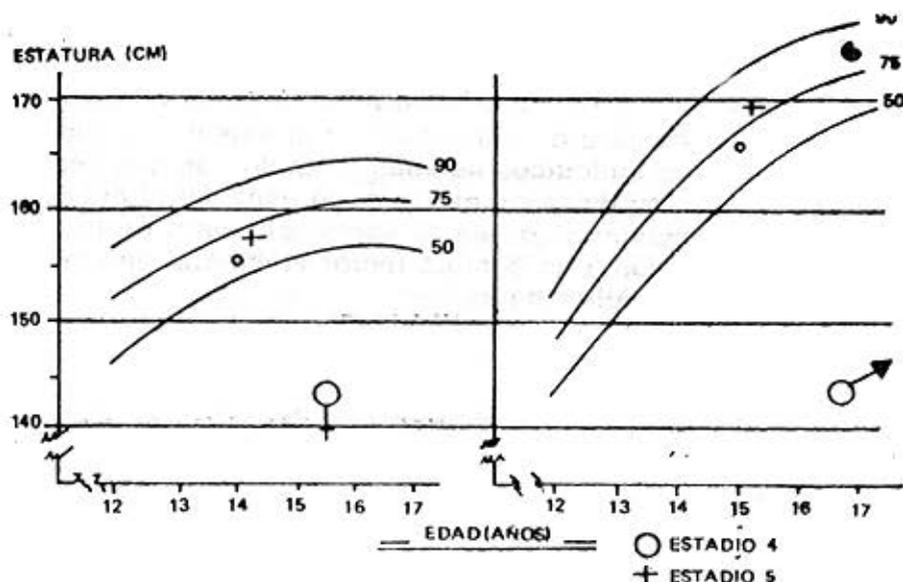
Sólo se encontró una asociación significativa entre los niveles de cinc con la estatura en el grupo de varones que tenían estadio 5 del desarrollo sexual ($r = 0.45$; $P < 0.05$).

Se sabe que un retardo del crecimiento es una de las primeras manifestaciones de deficiencia de cinc en el animal joven. En el hombre existen resultados concluyentes del efecto adverso que ejerce una deficiencia intensa de cinc en el crecimiento durante la adolescencia, y se ha observado en varones egipcios e iraníes retraso del crecimiento entre otras manifestaciones.^{22,23} En lactantes se ha informado que una dieta baja en contenido de cinc resultó ser un factor limitante en el crecimiento de los varones,²⁴ lo que sugeriría que los varones pudieran ser especialmente sensibles a las deficiencias de este metal y que pudiera existir una relación más importante en los varones que en las hembras entre este metal y la talla en etapas críticas del crecimiento, por lo que pudiera explicarse la asociación significativa encontrada entre estos factores en un grupo de varones y no en las hembras de nuestro estudio.

Es de señalar que esta correlación significativa se observa en el grupo de varones en estadio 5, los que tienen valores significativamente más elevados de cinc que el resto de los grupos, y son estos niños, no sólo los de mayor estatura dado su sexo y su mayor desarrollo biológico, sino también los más altos entre todos los grupos, de acuerdo con los percentiles para su edad cronológica (gráfico 2).

Gráfico 2

VALORES DE LA ESTATURA DE HEMBRAS Y VARONES RESPECTO A LAS NORMAS NACIONALES.



Al analizar en más detalle la relación cinc-talla, y considerando sólo las diferencias sexuales en estos estadios finales de desarrollo, se observó que al comparar los valores medios de las concentraciones de cinc en pelo de los niños que presentaban tallas por encima y por debajo del 50 percentil para su edad cronológica,²⁵ los grupos de niños de más baja talla tenían concentraciones en pelo, menores que los grupos de niños más altos, lo que es estadísticamente significativo en los varones (cuadro II).

La existencia de una relación causal entre los niveles de cinc y la talla ha sido sugerida por algunos autores,¹ y se ha informado en niños presco-

CUADRO II

CONCENTRACIONES DE CINCO EN PELO ($\mu\text{g/g}$) DE ACUERDO CON EL 50 PERCENTIL DE ESTATURA PARA LA EDAD CRONOLÓGICA

	< 50 percentil	\geq 50 percentil		Diferencia
Hembras \bar{x} =	127,4 n = 17	142,9 n = 49	15,0	$t_{1,93} < t_{\alpha} = 0,05$
Varones \bar{x} =	126,9 n = 6	169,8 n = 38	42,9*	$t_{3,41} > t_{\alpha} = 0,05$

lares, bajos niveles de cinc asociados con bajos valores en talla.³ En nuestro estudio los niños que tenían valores de talla por debajo del 50 percentil se encontraban dentro de los límites normales, por lo que aquí esta asociación se observa en niños, cuyas tallas y concentraciones de cinc en pelo pueden considerarse adecuadas.

Consideraremos que este estudio deberá continuarse y completarse con la inclusión de mayor número de individuos en la muestra, y donde se consideren otros materiales biológicos además del pelo, los que permitan evaluar el estado de nutrición de estos metales, en especial el del cinc, con el propósito de aportar nuevos datos en el esclarecimiento de cómo pudiera intervenir este mineral como un posible factor ambiental que influya en el crecimiento de niños y adolescentes.

Agradecimiento

A la doctora Magdalena Mirabal del departamento de higiene escolar del Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología por la realización de los exámenes médicos y el apoyo dado a este trabajo.

SUMMARY

Padrón Herrera, M. et al. *Hair zinc and copper concentrations in a group of school adolescents*. Rev Cub Ped 55: 5, 1983.

Zinc and copper concentrations were measured in the hair of 110 school adolescents, supposedly healthy, grouped according to sex and biological age. Values of zinc, statistically highest, were observed in boys (170 $\mu\text{g/g}$) and the lowest in girls (134.7 $\mu\text{g/g}$) in those groups where sexual maturity had concluded. None of the subjects studied had zinc concentrations under 70 $\mu\text{g/g}$. Boys presented higher concentrations than girls, with a significant trend to increase with biologic age. No differences by sex neither by sexual stages were found in copper concentrations. Concentrations of both metals were correlated with height, brachial muscle circumference, brachial muscle area, and active body mass. None of the correlation coefficients resulted significant, with the exception of zinc-height relation ($r = 0.45$; $p < 0.05$) in boys at stage 5 of sexual development. Means of zinc concentrations were significantly higher in male adolescents who were over percentile 50 of height for their chronologic age than in those under this value.

RÉSUMÉ

Padrón Herrera, M. et al. *Concentrations de zinc et de cuivre dans les cheveux d'un groupe d'adolescents écoliers*. Rev Cub Ped 55: 5, 1983.

Les auteurs ont fait le dosage du zinc et du cuivre dans les cheveux de 110 adolescents écoliers apparemment sains, groupés d'après le sexe et l'âge biologique. Les valeurs de zinc les plus élevées du point de vue statistique ont été observées chez les garçons (170 $\mu\text{g/g}$) et les plus basses chez les filles (134,7 $\mu\text{g/g}$) dans les groupes qui avaient complété leur maturation sexuelle. Aucun des sujets étudiés n'a montré de taux de zinc inférieurs à 70 $\mu\text{g/g}$. Les garçons ont présenté une concentration de zinc plus élevée que les filles, avec une tendance significative à augmenter avec l'âge biologique. En ce qui concerne les concentrations du cuivre, on n'a pas trouvé de différences par sexe ni par stades sexuels. Les concentrations des deux métaux ont été corrélées avec la taille, la circonférence musculaire brachiale, l'aire musculaire brachiale et la masse corporelle active. Aucun des coefficients de corrélation n'a résulté significatif, à l'exception du

rapport zinc-taille ($r = 0,45$; $p < 0,05$) chez les garçons au stade 5 du développement sexuel. Les moyennes des concentrations de zinc ont été significativement plus élevées chez les adolescents du sexe masculin qui se trouvaient au-dessus du 50e percentile de taille pour leur âge chronologique, par rapport à ceux qui se trouvaient au-dessous de cette valeur.

BIBLIOGRAFIA

1. Prasad, A. S. y otros: Zinc Metabolism in patient with syndrome of iron deficiency, anemia, hepatosplenomegaly, dwarfism and hypogonadism. *J Lab Med* 61:537, 1963.
2. Hambidge, K. M. y otros: Low level of zinc in hair, anorexia, poor growth and hypogeusia in children. *Pediatr Res* 6:868, 1972.
3. Hambidge, K. M. y otros: Zinc Nutrition of preschool children in the Denver Head Start program. *Am J Clin Nutr* 29: 734, 1976.
4. Prasad, A. S.: Clinical, Biochemical and Pharmacological role of zinc. *Ann Pharmacol Toxicol* 20: 393, 1979.
5. Petering, H. G. y otros: Trace metal content of hair. I Zinc and copper content of human hair in relation to age and sex. *Arch Environ Health* 23: 202, 1971.
6. Klevay, L. M.: Hair as a biopsy material. I Assessment of zinc nutriture. *Am J Clin Nutr* 23: 284, 1970.
7. Klevay, L. M.: Hair as a biopsy material. II Assessment of copper nutriture. *Am J Clin Nutr* 23: 1194, 1970.
8. Reinhold, J. G. y otros: Zinc and copper concentration in hair of Iranian villagers. *Am J Clin Nutr* 18: 294, 1966.
9. Shroeder, H.; A. Nason: Trace metal in human hair. *J Invest Dermatol* 53: 71, 1969.
10. Greger, J. L. y otros: Nutritional status of adolescent girls in regard to zinc, copper and iron. *Am J Clin Nutr* 31:269, 1978.
11. Heinersdorff, N.; T. Taylor: Concentration of zinc In the hair of school Children. *Arch Dis Childhood* 54: 958, 1979.
12. Strain, W. H. y otros: Analysis of zinc levels in hair for the diagnosis of zinc deficiency in man. *J. Lab Clin Med* 68: 244, 1966.
13. Mc Kenzie, J. M.: Content of zinc in serum, urine, hair and toenails of New Zealand adults. *Am J Clin Nutr* 32: 570, 1979.
14. Weiner, J. S.; J. A. Lourie: Human Biology. A guide to field methods. International Biological Programme. Handbook No. 9, pp. 2-76, 1969.
15. Dugdale, A. E.; M. Griffiths: Estimating fat body mass from antropometric data. *Am J Clin Nutr* 32: 2400, 1979.
16. Diaz, M. E. y otros: Estudio preliminar sobre el desarrollo físico y muscular de un grupo de adolescentes de Ciudad de La Habana. XX Jornada Nacional de Pediatría. Ciudad de La Habana. 1981.
17. Lerch, G.: La experimentación en las ciencias biológicas y agrícolas. 452 p. Ed. Científico Técnica. La Habana. 1977.
18. Reyes, C. y otros: Los oligoelementos en la evaluación nutricional. Instituto de Ciencias Básicas y Preclínicas "Victoria de Girón", 1980.
19. Hambidge, K. M.: Increase in hair copper concentration with increasing distance from the scalp. *Am J Clin Nutr* 26: 1215, 1973.
20. Mowson, C. A.; M. I. Fisher: Zinc and carbonic anhydrase in human semen. *Biochem J* 55:696, 1953.

21. *Sandstead, H. H.*: Zinc nutriture in the United States. *Am J Clin Nutr* 26: 1251, 1973.
22. *Halsted, J. A. y otros*: Zinc deficiency in man: The Shiraz experiment. *Am J Med* 53: 277, 1972.
23. *Ronaghy, H. A. y otros*: Zinc supplementation of malnourished schoolboys in Iran: Increased growth and other effects. *Am J Clin Nutr* 27: 112, 1974.
24. *Walravens, P. A.; K M. Hambidge*: Growth of infants fed a zinc supplemented formula. *Pediatr Res* 9:310, 1975.
25. *Jordán, J. y otros*: Desarrollo humano en Cuba. P. 282. Instituto Cubano del Libro. Ciudad de La Habana, 1979.

Recibido: 11 de noviembre de 1982.

Aprobado: 17 de enero de 1983.

Lic. *Magaly Padrón*

INHEM Depto. de Nutrición

Infanta 1158, La Habana 6.