

# Archivos Latinoamericanos de Nutrición

Organo Oficial de la  
Sociedad Latinoamericana de Nutrición

---

**VOL 57**

**SEPTIEMBRE 2007**

**Nº 3**

---

## Contenido

Páginas

**EDITORIAL** ..... 211

### ARTICULOS GENERALES

**Deficiência de vitamina A em idosos do Programa de Saúde da Família de Camaragibe, PE, Brasil**  
*Ana Luiza Nascimento, Alcides da Silva Diniz, Ilma kruze Grande de Arruda* ..... 213

### TRABAJOS DE INVESTIGACION

#### Nutrición Experimental

**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. ...* 219

**Alteraciones clínicas y bioquímicas en ratas tratadas con dosis altas de vitamina A**  
*Alarcón-Corredor OM, Alfonso R.* ..... 224

#### Nutrición y Obesidad

**Obesidad, actividad e inactividad física en adolescentes de Morelos, México: un estudio longitudinal**  
*Claudia Caballero, Bernardo Hernández, Hortensia Moreno, Carlos Hernández-Girón, Lourdes Campero, Aurelio Cruz, Eduardo Lazcano-Ponce* ..... 231

<b>Efecto de dietas con restricción moderada de energía sobre el estado nutricional de algunos minerales en mujeres obesas</b> <i>María Eugenia Aguirre O., Manuel Ruz, Fernando Carrasco N., Annabella Rebolledo A., Karla Araya, Juana Codoceo A., Jorge Inostroza E.</i> .....	238
<b>Nutrición Infantil</b>	
<b>Estado nutricional en niños preescolares que asisten a un jardín de infancia público en Valencia, Venezuela</b> <i>Sara Irene del Real, Armando Sánchez Jaeger, María Adela Barón, Nayka Díaz, Liseti Solano, Emma Velásquez, Jesús López</i> .....	248
<b>Nutrición y Tercera Edad</b>	
<b>La Mini Encuesta Nutricional del Anciano en la práctica de un Servicio hospitalario de Geriátria: Introducción, validación y características operacionales</b> <i>Magdalena Cuyac Lantigua, Sergio Santana Porbén</i> .....	255
<b>Estado nutricional de ancianos cubanos atendidos en 3 escenarios diferentes: Comunidad, servicio de geriatría, hogar de ancianos</b> <i>Alina González Hernández, Magdalena Cuyá Lantigua, Hilda González Escudero, Ramón Sánchez Gutiérrez, Rafael Cortina Martínez, Jesús Barreto Penié, Sergio Santana Porbén, Alberto Rojas Pérez</i> .....	266
<b>Nutrición Animal</b>	
<b>Efecto de la dieta con aceite de linaza sobre la composición de ácidos grasos en el hígado de la tilapia del Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)</b> <i>Ana Carolina Aguiar, Damila Rodrigues Morais, Leandra Pereira Santos, Flavia Braidotti Stevanato, Jeane Eliete Laguila Visentainer, Nilson Evelázio de Souza and Jesuí Vergilio Visentainer</i> .....	273
<b>Ciencia de Alimentos</b>	
<b>Efecto de la extrusión sobre la biodisponibilidad de proteína y almidón en mezclas de harinas de maíz y frijol lima</b> <i>Cecilia Pérez-Navarrete, David Betancur-Ancona, Meris Casotto, Andrés Carmona y Juscelino Tovar</i> .....	278
<b>Efecto de la acetilación y oxidación sobre algunas propiedades del almidón de semillas de Fruto de pan (<i>Artocarpus altílis</i>)</b> <i>Alicia Mariela Rincón, Lizet Bou Rached, Luis E. Aragoza, Fanny Padilla</i> .....	287
<b>Efecto de las prolaminas del grano de maíz (<i>Zea mays</i> L.) sobre la textura de la tortilla</b> <i>Sánchez F. C., Salinas M. Y., Vázquez C. M. G., Velázquez C. G.A., Aguilar G. N.</i> .....	295
<b>INFORMACION PARA LOS AUTORES</b> .....	302

## EDITORIAL

Editar una revista científica de prestigio en América Latina, no es fácil. Me atrevería a decir que tampoco lo es en otras regiones del mundo, aunque podría pensarse que allí el equipo editorial puede echar mano a recursos convenientemente disponibles, algunos de los cuales son inexistentes o de limitada disponibilidad en nuestro medio. La publicación ininterrumpida de nuestra revista, es un claro ejemplo del acertado seguimiento de ese poliedro de responsabilidades compartidas, iniciadas en 1950 como “Archivos Venezolanos de Nutrición” y más tarde en 1967, como “Archivos Latinoamericanos de Nutrición”, el cual alcanza hoy su Número 3 del Volumen 57 del año en curso.

La edición continua y en lo posible a tiempo de ALAN, ha sido y seguirá siendo, una empresa de perseverancia, de desinterés y a la vez una labor de equipo. Esta no solo se reduce al aspecto editorial: la recepción y lectura de manuscritos, ALAN recibe un promedio de 10 al mes, coordinar su selección, asignar los árbitros según el tema, comunicación casi diaria con autores y árbitros y aceptación o rechazo, por nombrar sólo algunas de las etapas que integran la edición puntual y que no pocas veces parecieran acosar al Editor. Se nos diría: ¿Y el correo electrónico? Desde luego, indiscutible esta maravilla tecnológica y apoyo comunicacional de nuestra generación, sin embargo, inesperadamente esta herramienta le juega aún al usuario experto, una mala pasada. Otra cara no menos interesante de este cúmulo de responsabilidades, es el aspecto económico. ¿Cuánto cuesta un Número de ALAN? ¿Disponemos de fondos suficientes para dedicarle más tiempo a la labor editorial?. Es verdad, ingresan recursos por concepto de suscripciones a nivel nacional e internacional, por costos de publicación (cargo por página), aunque este ingreso es intermitente ya que por variadas razones son pocos los autores que cumplen con esta obligación y finalmente el aporte de las Entidades Patrocinantes. Este aporte es lamentablemente, minúsculo y es deber de los Capítulos de los países del Hemisferio, el captar fondos para apuntalar tanto la Sociedad Latinoamericana de Nutrición, SLAN, como su revista ALAN.

No quisiera sin embargo, dejar de destacar que hemos tenido satisfacciones, las cuales deben ser divulgadas y conocidas. En Febrero de 2007, el FONACIT de Venezuela realizó una Evaluación de Mérito de las revistas científicas y tecnológicas venezolanas de mayor prestigio en diversas áreas del conocimiento. De un total de 74 revistas, ALAN ocupó el cuarto lugar y obtuvo una calificación de 90,15 puntos sobre cien, quedando ubicada en la 2da posición dentro del área de Biomedicina. No quisiera dejar de citar algunos de los comentarios y opiniones que emitieron los árbitros externos que participaron en dicha evaluación: “Visibilidad amplia y completa en índices latinoamericanos y mundiales de prestigio”. “Una excelente revista, muy buena calidad editorial”. “A pesar de su reducida tirada es probablemente la revista biomédica venezolana con mayor presencia en los índices internacionales”. “La revista está registrada en ASEREME, e indexada en LILACS, Food Science and Technology Abstracts, Medline, Life Science Collection, Science Citation Index”. Estos resultados pueden ser consultados en la página web del FONACIT (<http://www.fonacit.gob.ve/programas.asp?id=35>). Nos place finalmente, destacar aquí, y agradecer al FONACIT el aporte económico que hemos recibido en estos años, el cual ha contribuido significativamente al mantenimiento de la excelencia y puntualidad de ALAN.

Requiere dedicación y experiencia el mantener la calidad, preservar la excelencia alcanzada mediante un esfuerzo conjunto sostenido de años y asegurar la distribución física y a tiempo de la revista, a pesar de la problemática variable del correo postal de nuestros países. Todo ello se reduce a que Ud. que lee estas líneas, no solo vea con justificada satisfacción, la publicación oportuna de su manuscrito, sino que pueda enterarse en su momento del quehacer científico en nuestro medio, en los diversos ámbitos de las disciplinas que cubre ALAN. Sin embargo, tal como dije al comienzo, no es fácil.

José Félix Chávez Pérez  
Editor General

## Deficiência de vitamina A em idosos do Programa de Saúde da Família de Camaragibe, PE, Brasil

Ana Luiza Nascimento, Alcides da Silva Diniz, Ilma Kruze Grande de Arruda

Departamento de Nutrição da Universidade Federal de Pernambuco. Pernambuco. Brasil

**RESUMO.** A deficiência de vitamina A (DVA) tem sido considerada como um problema de saúde pública, sobretudo, em países em desenvolvimento. No entanto, sua dimensão na população idosa, ainda não foi devidamente avaliada. Este estudo teve como objetivo identificar a prevalência de DVA em idosos do Programa de Saúde da Família (PSF), de Camaragibe, PE. Corte transversal, com amostra representativa de 315 indivíduos  $\geq 60$  anos, de ambos os sexos, inscritos no PSF de Camaragibe, em 2003. O *status* de vitamina A foi avaliado pelas concentrações séricas de retinol e pelo inquérito de frequência do consumo de alimentos-fonte de vitamina A. A prevalência de DVA (retinol sérico  $< 1,05$  microMol/L) foi de 26,1% (IC<sub>95%</sub> 21,2 – 31,6). A frequência de consumo de alimentos fonte de vitamina A de origem animal e vegetal, = 3x/semana, foi de 46,1% (IC<sub>95%</sub> 40,7 – 52,0) e 63,2% (IC<sub>95%</sub> 57,5 – 69,5), respectivamente. As concentrações séricas de retinol não mostraram correlação com o sexo ( $p = 0,54$ ), com a idade ( $p = 0,34$ ), nem com o consumo de alimentos fonte de vitamina A ( $p > 0,05$ ). A DVA entre idosos do PSF de Camaragibe mostrou-se uma carência nutricional importante. Logo, um plano integrado de prevenção e controle do problema seria fortemente recomendável nesse contexto.

**Descritores:** Deficiência de vitamina A, vitamina A, retinol sérico, consumo de alimentos, saúde do idoso, Brasil.

**SUMMARY.** Vitamin A deficiency in elderly attending the Health Family Programme in Camaragibe, PE, Brazil. Vitamin A deficiency (VAD) is a major nutritional problem in many developing countries. However, the extent of the problem among elderly people has not been well established. The current study aimed at identifying the prevalence of VAD among elderly people attending the Family Health Programme (FHP) in the city of Camaragibe, PE, North-east Brazil. Following a systematic sampling procedure, a cross-sectional study was carried out involving 315 subjects  $\geq 60$  years, of both sexes, in 2003. VAD was assessed by serum retinol levels and vitamin A-rich-food intake by a food frequency method. The prevalence of VAD (Serum ret.  $< 1.05$  microMol/L) was 26.1% (95%CI 21.2 – 31.6) and the frequency of animal and vegetal origin vitamin A-rich foods intake = 3x/week was 46.1% (IC<sub>95%</sub> 40.7 – 52.0) and 63.2% (IC<sub>95%</sub> 57.5 – 69.5), respectively. Serum retinol levels were not correlated to sex ( $p = 0.54$ ) and age ( $p = 0.34$ ) distribution. In the same way, serum retinol was not related to vitamin A rich-food intake ( $p > 0.05$ ). VAD seems to be very prevalent among elderly people attending the HFP in Camaragibe. Concerted actions to prevent and control VAD are strongly recommended in this ecological context.

**Key words:** Vitamin A deficiency, serum retinol, vitamin A, food consumption, health of the elderly, Brazil.

### INTRODUÇÃO

A deficiência de micronutrientes constitui importante problema de saúde pública que afeta o bem estar da população. Isto porque os danos biológicos decorrentes dos estados carenciais comprometem significativamente o estado de saúde da população, representando um sério obstáculo para o desenvolvimento sócio-econômico na maioria dos países em desenvolvimento (1).

A vitamina A é um micronutriente essencial à manutenção das funções fisiológicas normais do organismo. Desempenha papel imprescindível no ciclo visual, na promoção do crescimento, na diferenciação e manutenção celular epitelial, na atividade do sistema imunológico e na reprodução (2). Merece destaque o papel crucial na manutenção da integridade epitelial do globo ocular, uma vez que as lesões oculares decorrentes de sua falta se constituem na principal causa de cegueira evitável na infância (3).

Idosos parecem constituir um grupo etário mais susceptível

à desnutrição protéico-calórica, vitamínica e de minerais. As principais causas dessa desnutrição nos idosos seriam decorrentes da ingestão alimentar diminuída, má absorção em virtude da flora bacteriana anormal, balanço metabólico negativo, reserva diminuída de nutrientes e a menor conversão de vitaminas para suas formas ativas (4). Da mesma forma, a prevalência de doenças crônicas tende a aumentar com o envelhecimento (5), agravada pelas condições socioeconômicas e pela redução de sua capacidade funcional pode contribuir para o aumento das necessidades nutricionais e o conseqüente estado carencial de nutrientes (6).

Concernente ao estado nutricional de vitamina A, a população idosa não tem sido considerada como um grupo de risco para os distúrbios da deficiência de vitamina A (1). Isso tem sido reflexo da extrema escassez de investigações abordando o estado nutricional de vitamina A nesse grupo populacional. Sabe-se que os níveis médios de retinol sérico aumentam gradativamente e linearmente com a idade (7), uma vez que no processo de envelhecimento haveria mudanças na

camada não agitada de água do intestino, fato que facilitaria a absorção de substâncias lipossolúveis pelos enterócitos, como é o caso da vitamina A (8).

Por outro lado, os fatores de risco para hipovitaminose A a exemplo do baixo consumo de alimentos fonte de vitamina A de origem animal bem como da presença de infecções são achados prevalentes nesse grupo etário. Seria inteiramente plausível esperar que a população idosa nesse contexto ecológico apresentasse deficiência significativa de vitamina A, a exemplo de outros grupos ecológicos, como crianças na idade pré-escolar (9), escolares (10) e gestantes (11).

No entanto, numa perspectiva epidemiológica, são extremamente reduzidas as informações sobre o estado nutricional de vitamina A na população idosa. Há uma grande lacuna na literatura especializada sobre a magnitude, distribuição espacial e tendências da deficiência de vitamina A nesse grupo etário. Logo, esse artigo teve como objetivo estimar o estado nutricional de vitamina A em idosos fidelizados ao Programa de Saúde da Família (PSF) de Camaragibe, PE, Nordeste do Brasil.

## METODOLOGIA

### Desenho do estudo e casuística

Estudo transversal, envolvendo indivíduos de ambos os sexos, com idade  $\geq 60$  anos, inscritos no PSF do município de Camaragibe, PE, Nordeste do Brasil, em novembro/dezembro de 2003. Na seleção da população elegível, foram considerados os seguintes critérios de exclusão: a) indivíduos que, embora estivessem inscritos no PSF, não se encontravam no município, por ocasião da coleta de dados; b) idosos que referiram a ingestão de vitamina A e/ou suplementos vitamínicos nos 3 meses prévios à coleta de dados.

### Amostragem

Para definição do tamanho amostral, foi realizado um estudo piloto para uma estimativa das concentrações séricas de retinol inadequadas. A prevalência observada foi de 25,0% de teores abaixo de 1,05 micromol/L. O tamanho da amostra foi calculado pela fórmula  $n = z^2 \cdot pq / d^2$ , onde  $z$  é o limite de confiança de 95% (1,96),  $p$  a prevalência estimada (25,0%),  $q$  igual a  $1-p$  (75,0%) e  $d$  margem de erro aceitável (5,0%). Uma vez que se tratou de uma população finita (7581 idosos elegíveis), o  $n$  amostral foi ajustado de acordo com a fórmula  $n = n / 1 + (n/N)$ , onde  $n$  e  $N$  são os tamanhos amostral e populacional, respectivamente (12). Em virtude de se tratar de um desenho amostral do tipo aleatório sistemático, o tamanho amostral mínimo calculado foi de 279 idosos. Para corrigir eventuais perdas, procedeu-se a adição de 15%, resultando numa amostra de 321 indivíduos. A seleção da amostra de idosos que atenderam ao critério de elegibilidade ( $N = 7581$ ), nas 32 Unidades de Saúde da Família (USF), foi

do tipo aleatória sistemática, fazendo-se o uso de uma tabela de números aleatórios, gerada pelo programa EPI-INFO, versão 6.0 (WHO/CDC, Atlanta, GE, USA). Os idosos foram classificados segundo a idade mediante o uso de faixas etárias com intervalos de 5 anos nos valores limítrofes de 60 e 85.

### Avaliação bioquímica

Colheu-se uma amostra de, aproximadamente 3,5 mL de sangue, mediante flebotomia cubital, realizada sempre no horário matinal (08:00–10:00 hs) em jejum de 12 horas. O sangue foi depositado em tubos protegidos contra a luz e, posteriormente, centrifugado a 3.000 rpm, durante cinco minutos, para a separação do soro, e o conteúdo acondicionado em duas alíquotas, sendo uma para análise da Proteína C Reativa (PCR), no Laboratório de Bioquímica da Nutrição da Universidade Federal de Pernambuco e a outra estocada em freezer à temperatura  $-20^\circ\text{C}$  para posterior análise do retinol sérico no Centro de Investigação em Micronutrientes da Universidade Federal da Paraíba.

As concentrações de retinol sérico foram analisadas por cromatografia líquida de alta resolução (HPLC, modelo 305, Gilson, França), segundo a técnica recomendada por Furr *et al.* (13). Os pontos de corte utilizados foram  $< 0,70$  micromol/L para identificar níveis de concentração de retinol sérico baixos e  $< 1,05$  micromol/L para níveis inadequados.

A PCR foi determinada pelo método manual de aglutinação de partículas por látex (quantitativo), utilizando o Kit PCRtest (Doles Reagente e Equipamentos para Laboratório Ltda, Goiânia, Brasil). O ponto de corte utilizado como indicativo da atividade inflamatória foi de PCR  $> 12$  mg/L (14).

### Avaliação dietética

Foi utilizado o método da frequência de consumo, adaptado do instrumento proposto por Helen Keller International (15) que consiste na estimativa do consumo de alimentos fontes de vitamina A ( $> 100$  Equivalentes de Retinol-ER/100g do alimento), mediante a frequência dessa ingestão na semana prévia ao inquérito, ignorando-se a quantidade consumida. O ponto de corte utilizado como indicador de vulnerabilidade para a ingestão da vitamina A foi a frequência de consumo de alimentos fonte  $< 3x$ /semana (16).

### Análise dos dados

O algoritmo da análise compreendeu, inicialmente, um estudo das variáveis contínuas, quanto à normalidade da distribuição, pelo teste de Kolmogorov – Smirnov (KS). Na descrição das variáveis contínuas, utilizou-se a média e o desvio padrão, como medidas de tendência central e variabilidade. Na descrição das proporções, procedeu-se uma aproximação da distribuição binomial à distribuição normal pelo intervalo de confiança de 95%. As médias intergrupos/

categorias foram comparadas pelo teste *t* de student, para dados não pareados. As proporções foram comparadas pelo teste do Qui quadrado de Pearson. Foi utilizado o nível de significância de 5% para rejeição da hipótese de nulidade. Na análise estatística foi utilizado o programa Statistical Package for Social Sciences (SPSS, versão 12.5, Inc., Chicago, 2005).

### Aspectos éticos

O protocolo do estudo foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco, segundo as normas éticas para pesquisa envolvendo seres humanos, constantes da resolução 196 do Conselho Nacional da Saúde.

## RESULTADOS

Foram estudados 315 indivíduos. A avaliação bioquímica foi realizada em 291, o inquérito de consumo alimentar em 313. As perdas ocorreram por razões diversas, a exemplo do preenchimento incompleto do formulário, impossibilidade ou recusa na coleta de sangue, perdas no processamento e análise laboratorial do material biológico, além daqueles idosos excluídos do estudo por apresentarem atividade inflamatória.

A amostra se mostrou heterogênea em relação à variável sexo ( $p=0,000$ ), com predomínio de indivíduos do sexo feminino. Em relação à faixa etária, a distribuição dos idosos mostrou-se igualmente heterogênea ( $p=0,000$ ), com maior frequência na faixa etária de 60 a 65 anos.

As concentrações de retinol sérico apresentaram

distribuição normal ( $p=0,857$ ), com média de 1,5 micromol/L (42,0 microg/dL) e desvio padrão de 0,54 micromol/L (15,5 microg/dL).

Como pode ser observado na Tabela 1, 26,0% (IC<sub>95%</sub> 21,2-31,6) apresentaram concentrações de retinol sérico inadequadas ( $<1,05$  microMol/L), embora apenas um indivíduo tenha apresentado nível considerado deficiente ( $<0,35$  microMol/L).

TABELA 1  
Concentrações de retinol sérico de idosos do Programa de Saúde da Família. Camaragibe-PE, 2003

Retinol sérico (micromol/L)	N	%	IC*
< 0,35	1	0,3	0,02-2,2
0,35 ± 0,70	26	8,9	6,0-12,9
0,70 ± 1,05	49	16,8	12,8-21,7
1,05 ± 1,40	66	22,7	18,1-28,0
> 1,40	149	51,2	45,3-57,0
Total	291	100,0	

\* intervalo de confiança de 95%

Por sua vez, menos da metade da população estudada referiu o consumo de alimentos fonte de vitamina A, de origem animal, mais de três vezes na semana, embora o percentual de idosos que referiu consumo de alimentos fonte de vitamina A, de origem vegetal, numa frequência superior a 3 vezes por semana, foi significativamente maior ( $p<0,001$ ) (Tabela 2).

TABELA 2  
Frequência semanal do consumo de alimentos fonte de vitamina A, de origem animal e origem vegetal, referida pelos idosos do Programa de Saúde da Família. Camaragibe-PE, 2003

Frequência semanal	Fonte de origem animal			Fonte de origem vegetal			P**
	n	%	IC*	n	%	IC*	
< 3 vezes	167	53,9	47,9 – 59,3	115	36,8	31,5 – 42,5	0,000
≥ 3 vezes	144	46,1	40,7 – 52,0	197	63,2	57,5 – 69,5	
Total	311	100		312	100		

\*Intervalo de confiança de 95%

\*\*Teste do Qui-quadrado de Pearson

A distribuição dos níveis séricos de retinol foi homogênea, segundo o sexo ( $p=0,54$ ) e a distribuição etária ( $p=0,34$ ). De forma similar, o consumo de alimentos fonte de vitamina A foi homogêneo entre os sexos, tanto no que diz respeito àqueles de origem animal ( $p=0,94$ ), quanto os de origem vegetal ( $p=0,81$ ). De forma semelhante, não foram observadas diferenças significantes entre o consumo de alimentos, sejam

de origem animal ( $p=0,69$ ), sejam aqueles de origem vegetal ( $p=0,38$ ), com relação à faixa etária.

Conforme pode ser observado na Tabela 3, a distribuição das concentrações de retinol sérico não mostrou associação com o consumo de alimentos fonte vitamina A, sejam eles de origem animal ou vegetal.

**TABELA 3**  
Distribuição das concentrações de retinol sérico segundo o consumo de alimentos fonte de vitamina A em idosos do Programa de Saúde da Família de Camaragibe-PE

Categoria	Frequência semanal	Retinol (microMol/L) Média±DP	Valor máx.	Valor min.	p*
Animal	< 3 vezes	1,45±0,54	2,73	0,29	0,67
	≥ 3 vezes	1,47±0,53	2,70	0,38	
Vegetal	< 3 vezes	1,46±0,55	2,72	0,29	0,83
	≥ 3 vezes	1,45±0,52	2,73	0,38	

\* Teste "t" de *student* para dados não pareados

### DISCUSSÃO

A elevada prevalência de níveis inadequados de retinol sérico, observada na nossa casuística, vem demonstrar que a deficiência de vitamina A é um problema nutricional importante entre os idosos da população de Camaragibe, atendidos pela rede pública de saúde local. Poder-se-ia hipotetizar que essa alta prevalência seria o reflexo da ocorrência de vários fatores de risco a que essa população estaria submetida, destacando-se aqueles que contribuem para o déficit na ingestão de alimentos, bem como aqueles que interferem na utilização biológica desse micronutriente. Populações que habitam o meio tropical, a exemplo dos idosos de Camaragibe, convivem com quadros de endemia, onde predominam as infecções e infestações parasitárias (17).

No entanto, a interpretação desses achados merece a devida reflexão considerando uma série de variáveis intervenientes não adequadamente controladas no estudo. Um dos aspectos que merece consideração estaria relacionado a fatores de ordem metodológica na avaliação do estado nutricional de vitamina A. Aceita-se que os níveis séricos de vitamina A não refletem, necessariamente, o *status* orgânico desse micronutriente, uma vez que as concentrações séricas estão condicionadas ao controle homeostático, traduzindo dessa forma o estado nutricional de vitamina A apenas quando as reservas hepáticas estão completamente esgotadas ou quando os estoques orgânicos estão muito elevados (3). Por outro lado, o inquérito de consumo de alimentos baseado na frequência da ingestão semanal poderia não ser o indicador mais adequado para avaliar o consumo de vitamina A nessa população (16). Logo, seria plausível supor que um conjunto de fatores intervenientes poderia ter contribuído para a ausência de visibilidade dessa potencial associação.

Sabe-se que os processos infecciosos são extremamente danosos para o estado nutricional de vitamina A, uma vez que causam anorexia, depletam as reservas hepáticas, pela diminuição na absorção intestinal, elevam sua utilização

biológica nos estados febris, bem como aumentam de forma significativa a excreção urinária da vitamina A. Por outro lado, as infestações parasitárias, sobretudo a ascariidíase e giardíase, parecem reduzir em até 65% a absorção de vitamina A ao nível do enterócito (17).

Embora não se tenha informações fidedignas e atualizadas do perfil de morbidade da população de Camaragibe seria inteiramente plausível considerar a área como de potencial risco, tendo em vista que o Nordeste do Brasil tem sido classificado como um eco-sistema de grande vulnerabilidade social e econômica, ratificada pelos baixíssimos índices de desenvolvimento humano.

Deve-se salientar que as alterações do trato gastrointestinal, inerentes ao processo de envelhecimento, podem incidir negativamente na ingestão alimentar do idoso. Nesse sentido, destacam-se as alterações sensoriais por diminuição do número de terminações nervosas e papilas gustativas levando à perda do interesse ou estímulo pelo alimento. Contribui também para o quadro carencial a diminuição da secreção salivar, bem como, alterações da motilidade esofágica e gástrica que, embora assintomáticas, acarretam retardo do esvaziamento gástrico, aumentando a sensação de saciedade (18). Igualmente importantes são as perdas de elementos dentários que têm sido responsáveis por expressiva redução na ingestão de nutrientes o que, em tese, poderia contribuir para a redução do consumo de vitamina A (19).

A confrontação da magnitude da prevalência de hipovitaminose A, observada nos idosos de Camaragibe, com relatos da ocorrência em outros espaços geográficos, bem como o tipo de população estudada, tem sido dificultada em virtude da adoção de diferentes pontos de definição diagnóstica para caracterizar o estado de deficiência. Vannuchi *et al* (6) relataram, em idosos portadores de patologias diversas, internados em um Hospital de Ribeirão Preto, no Estado de São Paulo, uma prevalência de 13,2% de níveis baixos de retinol sérico (<0,7 micromol/L), dados bem aproximados daqueles observados na nossa casuística (9,2%).

Roncada, Marucci e Lamonica (20), estudando idosos não institucionalizados na cidade de São Paulo, observaram uma concentração média de retinol sérico da ordem de 1,44 micromol/L, semelhante à média encontrada (1,5 micromol/L) nos idosos do PSF de Camaragibe. Dados reportados pelo estudo Framingham Heart Study (21), envolvendo idosos, mostraram que a média de retinol sérico, identificada naquela população americana, foi de 1,7 micromol/L, valor bem superior aquele observado na nossa casuística. Por sua vez, Krasinski et al (22) reportaram que a ocorrência de concentrações baixas de retinol, na população americana hígida, era um fato raro. No Second National Health and Nutrition Examination Survey foi observado que, em idosos de 65 a 74 anos, a prevalência de baixas concentrações séricas de retinol foi de apenas 1,8% (23). Relatos de uma população institucionalizada nos

subúrbios de Paris, França, mostraram prevalência significativa de hipovitaminose A subclínica, usando como indicador a citologia de impressão conjuntival (24).

Em países onde a hipovitaminose A é endêmica, em crianças, parece haver um risco potencial de que gerações idosas sejam mais susceptíveis a estado nutricional inadequado. Pesquisa realizada na Guatemala, envolvendo idosos da área rural, encontrou em 21,0% da amostra estudada níveis circulantes de retinol sérico abaixo de 1,05 micromol/L. Sabe-se que níveis marginais de vitamina A podem retardar a adaptação visual em ambientes de baixa luminosidade. Logo, a cegueira noturna comprometeria ainda mais a deambulação noturna dos idosos, uma vez que são mais susceptíveis a outros problemas visuais típicos da idade (23).

A similaridade na distribuição dos níveis séricos de retinol entre os dois sexos foi de certa forma inesperada, comparando-se com o padrão de distribuição em crianças na idade pré-escolar, onde a suscetibilidade à deficiência de vitamina A tem sido significativamente maior em crianças do sexo masculino. Araújo, Diniz e Santos (25) observaram que crianças do sexo masculino, além de apresentar concentrações mais baixas de retinol sérico, têm um risco três vezes maior de desenvolverem xerofthalmia grave (lesões corneais), quando comparadas àquelas do sexo feminino.

Essa homogeneidade na distribuição quanto ao sexo, na população idosa, tem sido também relatada em outros estudos abordando a temática. (7,20,26,22). No entanto, Hallfrisch et al. (27) relataram, em idosos americanos, que os homens apresentavam concentrações de retinol sérico superiores aquelas observadas entre as mulheres, variabilidade que os autores atribuíram, pelo menos parcialmente, ao maior consumo de alimentos fonte de vitamina A observado entre os homens.

Com relação à distribuição etária, o comportamento similar das concentrações de retinol sérico nas diferentes faixas etárias, encontrado entre os idosos de Camaragibe, mostra uma característica peculiar nesse grupo etário, se compararmos com outros grupos biológicos, a exemplo de crianças nas idades pré-escolar e escolar. Nesses dois grupos etários a vulnerabilidade maior à deficiência sub-clínica e clínica da deficiência de vitamina A ocorre nas crianças mais jovens (28).

A ausência de correlação entre as concentrações de retinol sérico e as diferentes faixas etárias, observada nos nossa casuística, tem sido igualmente descrita em outros estudos epidemiológicos (20,27). No entanto, Gillum, Morgan e Sailer (26), estudando idosos da Califórnia, Estados Unidos da América, observaram um declínio significativo, embora, irregular, das concentrações de retinol sérico e caroteno principalmente em homens com o aumento da idade. Essa correlação negativa entre as concentrações de vitamina A e a idade na população idosa seria, em princípio, esperada considerando que com a evolução da idade haveria uma menor absorção de nutrientes, devido às alterações fisiológicas ao nível da mucosa intestinal, sobretudo,

no que diz respeito à ação enzimática. Por outro lado, no indivíduo idoso os processos oxidativos ocorrem com maior intensidade, conseqüentemente, induzindo a uma maior utilização biológica da vitamina A em virtude do seu potencial efeito antioxidante (21,27).

A baixa frequência de consumo de alimentos fonte de vitamina A, observado na nossa casuística, vem corroborar a maior vulnerabilidade que esses indivíduos têm de apresentar carência de vitamina A. Deve-se salientar que o maior consumo de alimentos fonte de vitamina A de origem vegetal, em relação aos de origem animal, é um fato preocupante, considerando a baixa bio-conversão dos carotenóides de atividade pró-vitamina A em retinol. Recentes estudos têm documentado que essa bio-conversão que se acreditava ser de 1 ER para 6 de  $\beta$ -caroteno e 12 para carotenóides de atividade pró-vitamina A mudou, substancialmente, de forma que a recomendação atual é de um valor médio de bio-conversão de carotenóides para retinol da ordem de 25:1 (29).

A ausência de correlação entre o consumo de alimentos fonte de vitamina A e as concentrações séricas de retinol foi um achado de certa forma inusitado, considerando que um dos potenciais fatores explicativos para o estado nutricional de vitamina A seria a ingestão dietética desse micronutriente. Gillum, Morgan e Sailer (26) já descreviam, no início da segunda metade do século XX, uma associação positiva entre o consumo de alimentos fonte de vitamina A e as concentrações séricas de retinol. No entanto, dois aspectos igualmente importantes merecem ser levados em consideração, para a devida interpretação dos nossos resultados. O primeiro diz respeito à questões ligadas à biodisponibilidade das fontes dietéticas de vitamina A e, sobretudo, da bioconversão dos alimentos de atividade pró-vitamina A. Nesse sentido, vale ressaltar o papel das infestações parasitárias e outras comorbidades freqüentes nesse grupo etário (30), bem como do reduzido poder de conversão a retinol da grande maioria dos carotenóides de atividade pró-vitamina A consumidos por essa população. Deve-se ainda enfatizar que a utilização biológica desse nutriente pode estar comprometida na ocorrência de processos infecciosos progressivos, de ocorrência freqüente na população idosa, sobretudo, a que vive em meio tropical como é o caso da população estudada, contribuindo de forma substancial para a redução das reservas hepáticas de vitamina A (4).

## CONCLUSÕES

A deficiência de vitamina A entre os idosos fidelizados ao Programa de Saúde da Família de Camaragibe foi elevada, considerando que cerca de um quarto da população estudada apresentou retinolemia inadequada. Por sua vez, a baixa ingestão de alimentos fonte de vitamina A, sobretudo de origem animal, vem ratificar o estado de potencial susceptibilidade a essa carência nutricional específica, sobretudo, se considerarmos o papel primordial da vitamina

A pré-formada para a manutenção de um status orgânico adequado dessa vitamina. Logo, esse grupo biológico, assim como crianças e gestantes, deve ser também considerado como um grupo de alta vulnerabilidade ao estado carencial. Medidas efetivas de prevenção e controle da deficiência de vitamina A seriam fortemente recomendáveis no contexto estudado.

## REFERÊNCIAS

- Sommer A, Davidson FR. Assessment and Control of Vitamin A Deficiency: The Anney Accords. *J Nutrition* 2002; 132(95):2845S-2850S.
- McLaren DS, Frigg M. *Sight and Life Manual on Vitamin A Deficiency Disorders (VADD)*. Basel. TASK FORCE SIGHT AND LIFE. 2<sup>nd</sup>ed.;2001.
- Sommer A, West KP Jr. *Vitamin A deficiency: health, survival and vision*. New York: Oxford University Press;1996.
- Campos MTF, Monteiro JBR, Ornelas APRC. Fatores que afetam o consumo alimentar e a nutrição do idoso. *Rev Nutr* 2000;13(3):157-165.
- Mitchel C, Lipschitz DA. Detection of protein-caloric malnutrition in the elderly. *Am J Clin Nutr* 1982;35:398-406.
- Vannucchi H, Cunha DF, Bernades MM, Unamuno MRL. Avaliação dos níveis séricos das vitaminas A, E, C e B<sub>2</sub>, de carotenóides e zinco, em idosos hospitalizados. *Rev Saúde Pública* 1994;28(2):121-6.
- Garry PJ, Hunt WC, Bandrofchcak JL, VanderJagt D, Goodwin JS. Vitamin A intake and plasma retinol levels in healthy elderly men and women. *Am J Clin Nutr* 1987;46:989-94.
- Alberico APM, Do Carmo T. Alterações nas funções do trato gastrointestinal no envelhecimento. *Arq Ger Gerontol* 1998;2(2):47-51.
- Fernandes TFS, Diniz AS, Cabral PC, Oliveira RS, Lola MMF, Silva SMM, Kolsteren P. Vitamin A deficiency among preschool children attending public day care centres of Recife: biochemical and dietetic indicators. *Rev Nutr July/Aug, 2005; 18(4):471-480*.
- Ramalho RA, Saunders C, Daniesl A, Natalizi DA, Cardoso LO, Accioly E. Serum retinol levels in school children 7 to 17 years old in Rio de Janeiro, Brazil. *Rev Nutr, Out/Dec. 2004; 17(4):461-8*.
- Lopes RE, Ramos KS, Bressani CC, Arruda IK, Souza AI. Anemia and hipovitaminosis in postpartum women seen at the Women's Care Center of the Instituto Materno Infantil Prof. Fernando Figueira -IMIP: a pilot study. *Rev Bras Saude Mater Infant May. 2006; 6(suppl.1):S63-8*.
- Bland M. *An Introduction to Medical Statistics*. 3<sup>rd</sup> ed. Oxford. Oxford University Press. 2000.405 p.
- Furr HC, Clifford AJ, Jones AD. Analysis of apocrotenonoids and retinoids by capillary gas chromatography-mass spectrometry. *Methods Enzymol* 1992; 213:281-90.
- Smuts CM, Lombard CJ, Benade AJ, Dhansay MA, Berger J, Hop le T, et al. International Research on Infant Supplementation (IRIS) Study Group. Efficacy of a foodlet-based multiple micronutrient supplement for preventing growth faltering, anemia, and micronutrient deficiency of infants: the four country IRIS trial pooled data analysis. *J Nutr* 2005;135(3):631S-38S.
- Rosen D, Haselow N, Sloan N. *How to use the HKI food frequency method to assess community risk of vitamin A deficiency*. New York: Helen Keller International, Vitamin A Technical Assistance Program, 1993.
- WHO. *Indicators for assessing vitamin A deficiency and their application for monitoring and evaluating interventions programmes: Micronutrients Series*. Geneva: WHO/UNICEF, 1996.
- Brito LL, Barreto ML, Silva RCR, Assis AMO, Reis MG, Parraga I et al. Fatores de risco para anemia por deficiência de ferro em crianças e adolescentes parasitados por helmintos intestinais. *Rev Panam Salud Publica* 2003;14(6):422-31
- Enterría PG, Fernandez, MJD. Nutrición y aparato digestivo en el anciano. *Rev B Nutr Clin* 2000;17(supl 4):81-8.
- Marques APO, Arruda IKG, Santos ACGE. Brazilian population ageing, oral health and food consumption. *Int J Dent* 2002;1(1):59-70.
- Roncada MJ, Marucci MFN, Lamonica IMR. Níveis sanguíneos de vitamina A e caroteno em indivíduos de meia-idade e idosos, em localidades do estado de São Paulo. *Rev Saúde Pública* 1985;19:336-43.
- Vogel S, Contois JH, Tucker KL, Wilson PW, Shaefer EJ, Lammi-Keefe CJ. Plasma retinol and lipoprotein tocopherol and carotenoid concentrations in healthy elderly participants of the Framingham Heart Study. *Am J Clin Nutr* 1997;66:950-8.
- Krasinski SD, Russell RM, Otradovec CL, Sadowski JA, Hartz SC, Jacob RA et al. Relationship of vitamin A and vitamin E intake to fasting plasma retinol, retinol-binding protein, retinyl esters, carotene,  $\alpha$ -tocopherol, and cholesterol among elderly people and young adults: increased plasma retinyl esters among vitamin A supplement users. *Am J Clin Nutr* 1989;49:112-120.
- Bulux J. Studies on the application of the relative-dose-response test for assessing vitamin A status in older adults. *Am J Clin Nutr* 1992;56:543-7.
- Carlier C. Assessment of vitamin A status in an elderly French population using impression cytology with transfer. *Int J Vitam Nutr Res* 1989; 59:3-7.
- Araújo RL, Diniz AS, Santos LMP. Diagnóstico e evolução de casos de ceratomalácia e xerofalmia. *J Pediatr [Rio J]* 1984; 57:419-24.
- Gillum HL, Morgan AF, Sailer F. Nutritional status of the aging. V. Vitamin A and carotene. *J Nutr* 1955; Apr 11;55(4):655-70.
- Hallfrisch J, Müller DC, Singh VN. Vitamin A and E intakes and plasma concentrations of retinol,  $\beta$ -carotene, and  $\alpha$ -tocopherol in men and women of the Baltimore Longitudinal Study of Aging. *Am J Clin Nutr* 1994;60:176-82.
- Dricot d'ans C, Dricot JN, Santos LP. Geographic distribution of xerophthalmia in the state of Paraíba, Northeast of Brazil. *Ecol Food Nutr* 1988;22:139-44.
- West CE, Eilander A, Lieshout M. Consequences of revised estimates of carotenoid bioefficacy for dietary control of vitamin A deficiency in developing countries. *J Nutr* 2002;132 (Suppl 9S):2920S-6S.
- Geraldo RRC, Paiva SAR, Pitas AMCS, Godoy I, Campana AO. Distribution of hipovitaminosis A in Brazil in the last four decades: dietary intake, clinical signs and biochemical data. *Rev. Nutr. Out/dez. 2003; 16(4):443-460*.

Recibido:10-05-2007

Aceptado:01-08-2007

## 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.

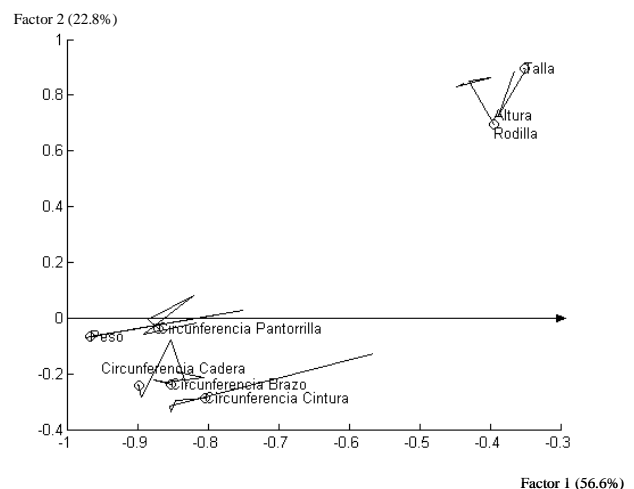
TABLA 2  
Matriz de similitudes (coeficientes de correlación vectorial RV)

	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

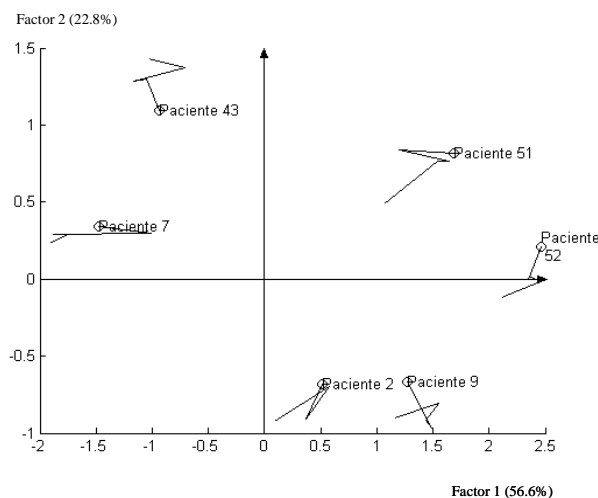
negativamente con el eje 1, el cual explica un poco más de la mitad de la varianza (56.6%) y responde fundamentalmente a medidas de composición corporal como adiposidad y masa muscular, las que varían en el tiempo. Por tratarse de valores con signo negativo, la interpretación del eje se hace en forma 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

## Alteraciones clínicas y bioquímicas en ratas tratadas con dosis altas de vitamina A

Alarcón-Corredor OM, Alfonso R.

Facultad de Medicina. Universidad de Los Andes. Mérida. Venezuela

**RESUMEN.** En el presente trabajo se estudió el efecto de la administración intramuscular de 30.000, 50.000 y 100.000 UI de palmitato de vitamina A/día, durante 7 días, respectivamente, sobre la actividad enzimática hepática en 45 ratas Wistar machos, de 12 semanas de edad, con pesos entre 180 y 200 gramos. El grupo control estuvo integrado por 15 ratas Wistar sanas, con género, edad y peso similares a los animales tratados. El consumo de alimentos y de agua, y el peso de las ratas se determinó al finalizar el período experimental. Las ratas se examinaron en busca de manifestaciones clínicas de toxicidad. Al final el estudio, las ratas se sacrificaron bajo anestesia con éter y se tomaron muestras de tejido hepático para la determinación de la actividad enzimática. La administración de vitamina A en exceso incrementó de manera significativa ( $p < 0,05$ ) el contenido hepático del retinol, determinó diversos y variados signos clínicos (tales como: anorexia, pérdida de peso, alopecia, conjuntivitis, hemorragias internas y externas, alteraciones cutáneas y muerte de los animales) e incrementó ( $p < 0,05$ ) la actividad de las siguientes enzimas: alanina aminotransferasa, aspartato aminotransferasa, maltasa ácida ( $\alpha$ -1,4-glucosidasa ácida), proteasas ácidas, lactato dehidrogenasa y fosfatasa alcalina mientras que las actividades de la glucosa-6-fosfatasa, glucógeno fosforilasa,  $\alpha$ -amilasa, colinesterasa y arginasa disminuyeron ( $p < 0,05$ ) al comparar con los controles no tratados. Estos cambios son proporcionales a las dosis inyectadas de vitamina A. En conclusión, nuestros resultados proporcionan evidencias que la administración de dosis altas de vitamina A a corto plazo determina diversos y variados signos clínicos y produce una marcada alteración de la actividad enzimática hepática.

**Palabras clave:** Vitamina A, retinol, hipervitaminosis A, enzimas hepáticas, signos clínicos.

### INTRODUCCION

La vitamina A (holo-trans-retinol), una vitamina liposoluble, es un nutriente esencial para animales y humanos porque no puede ser sintetizada *de novo*. La molécula participa en todos los procesos normales de proliferación y diferenciación celular. En especial, la vitamina A, y sus derivados naturales: el retinal y el ácido retinoico, se requieren en diversos procesos como: la embriogénesis, la visión, la reproducción, el desarrollo esquelético, la morfogénesis, el mantenimiento de las membranas celulares y de los tejidos epiteliales, la hemopoyesis, la depuración de los radicales libres, la respuesta inmune y la protección contra diversos tumores (1).

**SUMMARY. Clinical and biochemical alterations in rats treated with high doses of vitamin A.** In the present work the effect of intramuscular administration of 30.000, 50.000 and 100.000 IU of vitamin A palmitate daily for seven days, respectively, on the liver enzyme activity in 45 white male Wistar rats, aged 12 weeks and weighing 180-200 g, have been studied. The group control was integrated by 15 healthy rats with similar characteristics (strain, gender, age and weight) to treated animals. Food and water consumption and body weights were recorded at the end of the experimental period. Rats were observed for clinical signs of toxicity. At the end of the study, rats were sacrificed under ether anesthesia. Liver samples were taken for the determination of enzyme activity. Administration of excess of vitamin A produced a significant ( $p < 0.05$ ) increase in the content of liver vitamin A, determined diverse and variable clinical signs (such as, anorexia, loss of body weight, alopecia, conjunctivitis, external and internal hemorrhages, skin abnormalities and death) and increased ( $p < 0.05$ ) the activity of the following enzymes: alanine aminotransferase, aspartate aminotransferase, acid maltase (acid  $\alpha$ -1,4-glucosidase), acid proteases, lactate dehydrogenase and alkaline phosphatase while glucose-6-phosphatase, glycogen phosphorylase,  $\alpha$ -amylase, cholinesterase and arginase decreased ( $p < 0.05$ ) as compared with untreated controls. These changes depend on the doses given of vitamin A. In conclusion, our results provide evidence that short-term administration of high doses of vitamin A determined diverse and variable clinical signs and produces a marked alteration of activity of liver enzymes.

**Key words:** Vitamin A, retinol, hypervitaminosis A, liver enzymes, clinical signs.

La toxicidad (hipervitaminosis) sólo ocurre cuando la cantidad de vitamina A consumida o administrada intramuscularmente excede la capacidad de combinación o unión de la proteína transportadora de retinol (RBP). La combinación de una absorción relativamente rápida con una baja depuración plasmática puede producir la toxicidad aguda (hipervitaminosis A aguda) a las pocas horas después ser consumida o inyectada una dosis del compuesto lo suficientemente alta. Al contrario, la hipervitaminosis A crónica aparece cuando dosis más pequeñas de vitamina A se administran durante un periodo más prolongado, de meses a años (1).

Los efectos tóxicos de la hipervitaminosis A aguda en los animales experimentales están muy bien documentados; entre los animales, la rata parece ser especialmente sensible a la hipervitaminosis A (2). En vista que la vitamina A se almacena principalmente en el hígado, el cual desempeña un papel de gran importancia en su metabolismo inicial y en su liberación hacia los tejidos periféricos (1), y que la hipervitaminosis A crónica determina marcados cambios a nivel hepático como: necrosis hepatocelular, degeneración grasa y cirrosis en los animales experimentales (2), a lo cual se puede agregar, de acuerdo con nuestro conocimiento, que son muy pocas las publicaciones existentes sobre los efectos de la hipervitaminosis A aguda sobre la actividad enzimática hepática en los animales experimentales, estos hechos motivaron la realización del presente trabajo en el cual se describe, en ratas, las manifestaciones clínicas y los cambios en la actividad hepática de diversas clases de enzimas (oxido-reductasas, transferasas e hidrolasas) determinados por la administración intramuscular de dosis crecientes de vitamina A (retinol), durante un periodo de 7 días (hipervitaminosis A aguda).

## MATERIALES Y METODOS

El Protocolo fue aprobado por el Departamento de Bioquímica, Facultad de Medicina, que se encargó de velar por el buen uso y cuidado de los animales de laboratorio y avaló los procedimientos experimentales utilizados en estas ratas.

### Diseño experimental

Se emplearon 60 ratas macho Wistar, de 12 semanas de edad, con pesos 180 y 200 gramos, mantenidas en jaulas metabólicas individuales, durante una semana, para su adaptación al ambiente del laboratorio. Los animales tuvieron libre acceso al agua de bebida y a la comida durante el periodo de adaptación. Después de este periodo de adaptación, los animales se distribuyeron al azar en 4 grupos, de 15 ratas cada grupo, sin que hubiese diferencias significativas previas entre los promedios de peso de los distintos grupos. Los grupos 1 al 3 (grupos tratados) recibieron inyecciones intramusculares de 30.000, 50.000 y 100.000 UI/día de palmitato de vitamina A (Merck, vitamina A palmitato hidrosoluble; 1 mL= 100.000 UI) por siete días. Al grupo 4 que se utilizó como control, se le administró por la misma vía, y durante el mismo lapso, solución salina. Los volúmenes administrados tanto de vitamina A, como de solución salina, siempre fueron de 1 ml. Durante el periodo experimental, los animales recibieron el mismo alimento, tuvieron libre acceso al agua de bebida y se examinaron para descubrir cualquier manifestación patológica. Las ratas se pesaron en una balanza Sartorius y se registró el consumo de comida y de agua al principio y al final del periodo experimental.

A las 24 horas de administrada la última dosis de vitamina A o de solución salina, según los casos, los animales se anestesiaron con éter etílico, se decapitaron con una guillotina Harvard y se desangraron durante 1-3 minutos. Se practicó laparotomía mediana dejando al descubierto los lóbulos hepáticos, que fueron resecados y colocados en cápsulas de Petri, sobre baño de hielo. Los homogenatos hepáticos se prepararon al 10% (p/v) (1 gramo en 10 mL de agua bidestilada) utilizando un homogenizador de Potter-Elvehjem, se congelaron de inmediato y se utilizaron para las determinaciones enzimáticas, en un plazo no mayor de 48 horas.

### Actividades enzimáticas valoradas

La glucosa-6-fosfatasa (G-6-Pasa, EC 3.1.3.9.) se estimó según la técnica de Harper, utilizando como sustrato glucosa-6-fosfato (3). El fósforo inorgánico (Pi) liberado en la reacción enzimática se valoró según las recomendaciones de Fiske y Subbarow (4), expresándose los resultados en  $\mu\text{mol}$  de Pi liberados por gramo de tejido/minuto de incubación. La glucógeno fosforilasa (GF, EC 2.4.1.1) se valoró según el método de Niemeier et al. (5) utilizando como sustrato una mezcla que contenía glucosa-1-fosfato, adenosinmonofosfato (AMP) y glucógeno (pH 6). El Pi liberado en la reacción enzimática se valoró según Fiske y Subbarow (4), expresándose los resultados en unidades de fosforilasa (UF). Una unidad de fosforilasa se define como la cantidad de enzima que libera 1  $\mu\text{mol}$  de Pi durante 5 minutos de incubación a 30°C. La actividad de la  $\alpha$ -amilasa (AMS, EC 3.2.1.1) se determinó según el método descrito por Rinaudo et al. (6), utilizando almidón hidrosoluble tamponado como sustrato. Los resultados se expresan en milimoles de glucosa liberados por gramo de tejido/hora de incubación. La maltasa ácida (MA o  $\alpha$ -1,4-glucosidasa ácida, EC 3.2.1.20) se cuantificó según la técnica de Gamkhou y Scherstén modificada (7), utilizando un sustrato tamponado de maltosa. Los resultados se expresan en mmoles de glucosa liberados por gramo de tejido y por hora de incubación. La aspartato aminotransferasa (AST) o transaminasa glutámico-oxaloacética (TGO) (EC 2.6.1.1) y la alanina aminotransferasa (ALT) o transaminasa glutámico-pirúvica (TGP) (EC 2.6.1.2) se determinaron mediante el método de Reitman y Frankel (8) utilizando aspartato y D,L-alanina como sustratos, respectivamente. Los resultados se expresan en Unidades de actividad por gramo de tejido fresco. La arginasa (EC 3.5.3.1) se determinó según el procedimiento descrito por Bhide et al. (9), empleando la arginina como sustrato. La urea producida durante la reacción enzimática se cuantificó con  $\alpha$ -isonitrosopropiofenona expresándose los resultados en  $\mu\text{moles}$  de urea producidos por gramo de tejido/hora de incubación. La colinesterasa (CHE; EC 3.2.1.7) se midió según el método electrométrico de Michel (10) con un pH-meter Orion,

empleando para la reacción un sustrato tamponado de acetilcolina. La actividad de la CHE, que representa la disminución de pH que ocurre a 25°C en un lapso de 1 hora, se expresó en UpH/hora por gramo de tejido/mg de proteína. La proteasa ácida (Pac, EC 3.4.1.14.) se determinó como actividad proteolítica ácida total empleando como sustrato hemoglobina al 4% en buffer acetato 0.1 mol/L (pH 4.5) según las indicaciones de Dingle et al, (11). Los resultados se expresaron en  $\mu$ moles de tirosina liberados por miligramo de tejido y por hora de incubación. La fosfatasa alcalina (ALP, EC 3.1.3.1) se estimó mediante el método de Walter y Schütt (12) empleando una solución tamponada de p-nitrofenilfosfato (pH 9.8). La actividad de la enzima se expresó en  $\mu$ mol de p-nitrofenol liberados en 30 minutos por gramo de tejido. La actividad de la deshidrogenasa láctica (LDH, EC 1.1.1.27) se estimó según el método de King (13) que se basa en la propiedad de la enzima para formar piruvato, a partir del D,L-lactato, en presencia de nicotín-adenín-dinucleótido oxidado (NAD<sup>+</sup>). La actividad se expresó en unidades internacionales (UI) por gramo de tejido húmedo. El contenido de vitamina A en hígado se determinó de acuerdo con la técnica de Neeld y Pearson (14), los resultados se expresan en  $\mu$ mol por gramo de peso húmedo. La nomenclatura empleada para cada enzima es la correspondiente a la Unión Internacional de Bioquímica.

### Análisis estadístico

Los resultados se expresan como promedios $\pm$ desviaciones estándar (DE). Las diferencias en la actividad de las enzimas y las otras variables (peso de los animales, contenido hepático de vitamina A, etc.) entre el grupo control y los tratados con vitamina A (1-3) se analizaron por la prueba de ANOVA de una vía y test de Tuckey post-ANOVA. Las diferencias significativas entre cada grupo tratado y el control correspondiente se analizaron mediante la t de Student. El análisis de regresión lineal se utilizó para establecer las relaciones entre las diversas variables y las dosis administradas de vitamina A. Toda  $p < 0,05$  se consideró estadísticamente significativa. Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el paquete estadístico STATGRAPHICS PLUS 5.0.

## RESULTADOS

### Hallazgos clínicos

En la mayor parte de las ratas tratadas con vitamina A se observó disminución de la ingesta alimenticia y acuosa, del peso corporal (Tabla 1) y de la actividad muscular, con caída del pelo e irritabilidad, edema palpebral unilateral y secreción mucopurulenta, hemorragias externas, sin parálisis de las extremidades posteriores. En términos generales, la intensidad de las manifestaciones clínicas es proporcional a las dosis administradas del retinol. Con la dosis de 100.000 UI/día, ocho

de los animales presentaron marcado deterioro orgánico y fallecieron, al sexto día de iniciada la administración de la vitamina A. El examen post-mortem de estos animales reveló marcadas hemorragias a nivel muscular, pulmonar y visceral. En el grupo control no se detectaron manifestaciones clínicas.

TABLA 1

Variaciones del contenido hepático de vitamina A, del peso, consumo alimentario e ingesta acuosa de los animales tratados con vitamina A y del grupo control

Variables	GRUPOS			
	Grupo control (15)	Grupo 1 (15)	Grupo 2 (15)	Grupo 3 (7)
Vitamina A $\mu$ mol/gramo	20 $\pm$ 3 <sup>a</sup>	148 $\pm$ 15 <sup>b</sup>	998 $\pm$ 43 <sup>c</sup>	2400 $\pm$ 96
Peso de los animales (gramos)	222 $\pm$ 14 <sup>a</sup>	199 $\pm$ 15 <sup>b</sup>	183 $\pm$ 18 <sup>c</sup>	117 $\pm$ 14
Consumo de alimentos (gramos)	16,8 $\pm$ 1,5 <sup>a</sup>	10,4 $\pm$ 1,6 <sup>b</sup>	8,67 $\pm$ 0,8 <sup>c</sup>	5,1 $\pm$ 0,7
Ingesta de agua (mL)	36,3 $\pm$ 1,3 <sup>a</sup>	29,7 $\pm$ 1,5 <sup>b</sup>	28,2 $\pm$ 1,1 <sup>c</sup>	21,8 $\pm$ 1,3

Los resultados se expresan como promedios $\pm$ desviaciones estándar. Grupos 1, 2 y 3 tratados con 30.000, 50.000 y 100.000 UI de vitamina A, respectivamente.

<sup>a</sup> $p < 0,05$  al comparar el grupo control con los tratados con vitamina A

<sup>b</sup> $p < 0,05$  al comparar con los grupos 2 y 3

<sup>c</sup> $p < 0,05$  al comparar con el grupo 3

( ) Número de animales por grupo

### Resultados bioquímicos

El contenido de vitamina A en el hígado de los animales tratados se muestra en la Tabla 1. El ANOVA de una vía y cuatro periodos demostró que todos los promedios de los grupos tratados difieren significativamente ( $F = 3,375$ ;  $GL = 3/48$ ;  $p < 0,05$ ) al comparar entre sí y con el grupo control. El coeficiente de correlación ( $r = 0,979$ ) obtenido al relacionar las dosis de vitamina A con su contenido hepático, mediante el método de regresión simple, demuestra que la concentración de la vitamina en hígado aumenta de manera significativa ( $p < 0,05$ ) y proporcional con las dosis administradas del retinol.

El efecto de la hipervitaminosis A sobre la actividad de las enzimas hepáticas valoradas se muestra en la Tabla 2. El ANOVA de una vía y cuatro periodos demostró que las actividades enzimáticas promedio difieren significativamente ( $F > 8,90$  en todos los casos;  $GL = 3/48$ ;  $p < 0,05$ ) al comparar entre sí los grupos tratados y el grupo control. El análisis de regresión simple demostró que la ALT ( $r = 0,894$ ;  $r^2 = 69,14\%$ ), la AST ( $r = 0,920$ ;  $r^2 = 77,06\%$ ), la ALP ( $r = 0,970$ ;  $r^2 = 91,17\%$ ), la LDH ( $r = 0,884$ ;  $r^2 = 67,83\%$ ), la proteasa ácida ( $r = 0,991$ ;  $r^2 = 97,16\%$ ) y la maltasa ácida ( $r = 0,989$ ;  $r^2 = 96,85\%$ ) incrementan su actividad significativamente ( $p < 0,05$ ) con la administración de vitamina A, alcanzando un valor máximo con las 100.000 UI.

TABLA 2

Efecto de la hipervitaminosis A aguda sobre las enzimas hepáticas en los animales tratados y en el grupo control

Enzimas <sup>1</sup>	GRUPOS			
	Grupo control (15)	Grupo 1 (15)	Grupo 2 (15)	Grupo 3 (7)
G-6-Pasa	19,5±1,28 <sup>a</sup>	5,8±0,82 <sup>b</sup>	4,9±0,77 <sup>c</sup>	3,7±0,55
GF	138±9,44 <sup>a</sup>	50±5,78 <sup>b</sup>	47±3,04 <sup>c</sup>	36±4,22
AMS	0,6±0,13 <sup>a</sup>	0,41±0,12 <sup>b</sup>	0,20±0,06 <sup>c</sup>	0,09±0,01
AST	83±18 <sup>a</sup>	192±16 <sup>b</sup>	211±21 <sup>c</sup>	256±24
ALT	108±19 <sup>a</sup>	407±35 <sup>b</sup>	441±43 <sup>c</sup>	542±90
ARG	13,8±1,02 <sup>a</sup>	10±1,3 <sup>b</sup>	4,85±0,8 <sup>c</sup>	3,59±0,3
CHE	0,33±0,02	0,27±0,01	0,18±0,02	0,10±0,01
ALP	41±5 <sup>a</sup>	118±8 <sup>b</sup>	126±9 <sup>c</sup>	344±19
LDH	162±18 <sup>a</sup>	332±27 <sup>b</sup>	393±32 <sup>c</sup>	425±37
Pac	4±0,3 <sup>a</sup>	6,1±0,38 <sup>b</sup>	7,38±0,5 <sup>c</sup>	9,41±0,55
MA	0,47±0,05 <sup>a</sup>	0,69±0,04 <sup>b</sup>	0,94±0,08 <sup>c</sup>	1,66±0,61

Los resultados se expresan como promedios±desviaciones estándar.

G-6-Pasa= glucosa-6-fosfatasa,  $\mu\text{mol}/\text{gramo de tejido}/\text{minuto}$ . GF= glucógeno fosforilasa, unidades de actividad. AMS=  $\alpha$ -amilasa, milimol/gramo de tejido/hora. AST= aspartato aminotransferasa, unidades de actividad/gramo de tejido. ALT= alanina aminotransferasa, unidades de actividad/gramo de tejido. ARG= arginasa,  $\mu\text{moles}/\text{gramo de tejido}/\text{hora}$ . CHE= colinesterasa, UpH/hora. ALP= fosfatasa alcalina,  $\mu\text{mol}/\text{gramo de tejido}/30 \text{ minutos}$ . LDH= dehidrogenasa láctica, unidades de actividad/gramo de tejido. Pac= proteasas ácidas,  $\mu\text{mol}/\text{miligramo de tejido}/\text{hora}$ . MA= maltasa ácida o  $\alpha$ -1,4-glucosidasa ácida, mmol/gramo de tejido/hora.

Grupos 1, 2 y 3 tratados con 30.000, 50.000 y 100.000 UI de vitamina A, respectivamente.

<sup>a</sup>p<0,05 al comparar el grupo control con los tratados con vitamina A

<sup>b</sup>p<0,05 al comparar con los grupos 2 y 3

<sup>c</sup>p<0,05 al comparar con el grupo 3

( ) Número de animales por grupo

Puesto que el valor P en la tabla ANOVA, del análisis de regresión simple, es menor de 0,01, existe una relación estadísticamente significativa entre estas actividades enzimáticas y la vitamina A a un nivel de confianza del 99%. Los valores de los estadísticos  $r^2$  de 69,14%, 77,06%, 91,17%, 67,33%, 97,16%, y 96,85% para ALT, AST, ALT, LDH, proteasa y maltasa ácida, respectivamente, indican que el modelo como se ajustó explica el 69%, el 77%, el 91%, el 67%, el 97% y el 97% de la variabilidad de las actividades enzimáticas determinadas por la administración de la vitamina, lo cual sugiere que otros factores que no fueron estudiados pudieran influir en nuestros resultados. El análisis de regresión lineal y las diferencias entre las pendientes en las respectivas rectas de regresión demuestran que la variación observada en las actividades enzimáticas es positiva y altamente significativa ( $p<0,05$ ) y que el incremento es directamente proporcional a la dosis administrada y al contenido hepático de vitamina A. El análisis de regresión simple también demostró que la glucosa-6-fosfatasa ( $r = -0,703$ ;  $r^2 = 55,54\%$ ), la glucógeno fosforilasa ( $r = -0,797$ ;  $r^2 = 45,26\%$ ), la  $\alpha$ -amilasa ( $r = -0,953$ ;  $r^2 = 90,80\%$ ), la arginasa ( $r = -0,889$ ;  $r^2 = 68,54\%$ ) y la

colinesterasa ( $r = -0,982$ ;  $r^2 = 94,54\%$ ) disminuyen su actividad en relación con las dosis administradas de vitamina A. Los respectivos  $r^2$  indican, al igual que en el caso anterior, que existen factores que pueden haber influido y que no fueron investigados en el presente estudio. Los resultados del análisis de regresión lineal y las diferencias entre las pendientes en las respectivas rectas de regresión demuestran que la variación observada en las actividades enzimáticas es negativa y altamente significativa ( $p<0,05$ ) y que la disminución es proporcional a la dosis administrada y al contenido hepático de vitamina A.

## DISCUSION

La vitamina A administrada en exceso determinó una hipervitaminosis A aguda que se demostró por el marcado incremento de los niveles de retinol en hígado, los signos clínicos descritos y los cambios en las actividades enzimáticas a nivel hepático.

Los signos clínicos detectados en la presente investigación se caracterizan por cambios en la piel, pérdida del apetito, pérdida del peso, caída fácil del pelo, irritabilidad, hemorragias internas y externas, infecciones conjuntivales y muerte de los animales. La hemorragia constituye una de las manifestaciones típicas de la hipervitaminosis A, en los animales experimentales (2); puede ser subcutánea o intramuscular, aunque en la mayor parte de las ratas el proceso se localiza a nivel pulmonar y visceral, determinando la muerte, cuando es muy intensa.

La marcada disminución en la ingesta de alimentos y de agua se debe a la pérdida del apetito, inducido por la hipervitaminosis A. Es interesante señalar que el ácido retinoico, un derivado natural de la vitamina A, suprime la expresión del neuropéptido Y (NPY) (15), una potente señal orexigénica. Por esta razón, es posible que los efectos directos inhibidores del retinol y/o del ácido retinoico sobre el sistema NPY, pudieran disminuir el ingreso alimentario.

Las infecciones son también frecuentes en la hipervitaminosis A, tanto aguda como crónica, debido al depósito de grandes cantidades de vitamina A en las células de Küpffer, con el deterioro de la capacidad fagocitaria de estas células y disminución de los mecanismos de defensa del organismo, lo cual predispone al animal a las infecciones secundarias. Lettinga et al., (16) han señalado, en ratas, que la administración de altas dosis de retinol, durante una semana, disminuye la capacidad de fagocitosis de las células de Küpffer.

En relación a los mecanismos que determinan los efectos tóxicos de la vitamina A sobre los tejidos, es un hecho conocido que el exceso de vitamina A libre labiliza las membranas lisosomales de hígado de rata, por su actividad detergente tensoactiva y membranólítica y determina la

liberación de una gran variedad de hidrolasas ácidas (manosidasas, catepsinas, ribonucleasa, desoxirribonucleasa, fosfatasa,  $\alpha$ -1,4-glucosidasa o maltasa ácida, proteasa,  $\beta$ -glucuronidasa y sulfatasa, entre otras), que se encuentran en los lisosomas (17). Efecto que es potenciado por la anoxia y la acidosis intracelular, determinadas por la hemorragia presente. Dingle (18) comprobó que este complejo enzimático es el responsable de muchos de los cambios observados en los tejidos tratados con dosis excesivas de vitamina A. Los resultados de la presente investigación que demuestran el incremento en la actividad de las hidrolasas ácidas lisosomales (proteasa y maltasa ácida) concuerdan con estas observaciones previas. Estas enzimas lisosomales están comprometidas en procesos inflamatorios y en la destrucción autolítica de los tejidos (19). Por otro lado, las interacciones de los retinoides (vitamina A y derivados naturales) con sus receptores nucleares pueden jugar un papel muy importante en este proceso de toxicidad, modificando la expresión de los genes (20).

Las enzimas alanina aminotransferasa (ALT) y aspartato aminotransferasa (AST) que incrementan significativamente ( $p < 0,05$ ) su actividad en el hígado de ratas tratadas con vitamina A, están relacionadas con el catabolismo proteico y sus actividades tisulares aumentan en situaciones de gluconeogénesis incrementada (21). El marcado incremento en la actividad de la ALT es especialmente significativo porque la alanina es el sustrato cuantitativamente más importante para la gluconeogénesis hepática (22). El incremento en la actividad de la LDH, debido a la hipoxia tisular determinada por la hemorragia presente (23), es un hecho importante ya que el lactato que se libera en exceso de las células que llevan a cabo la glucólisis anaerobia, por efecto de la hipervitaminosis A (24), lo recoge especialmente el hígado, donde se reoxida a piruvato, por la LDH. En este órgano, el piruvato se transamina por acción de la ALT para formar alanina, que se utiliza en los procesos de gluconeogénesis (21,22).

Nuestros resultados claramente muestran un marcado incremento en la actividad de la fosfatasa alcalina en los animales tratados que concuerda con los estudios previos de Alarcón (25) quien con diferentes técnicas histoquímicas, demostró una reacción positiva de la enzima en las estructuras interlobulillares hepáticas, en los canalículos biliares y en la adventicia de los vasos, más intensa que en los testigos, en conejos tratados con 100.000 UI/día de vitamina A. También, Lettinga et al., (16) en ratas tratadas con dosis altas de retinol, durante 7 días, demostraron mediante técnicas histoquímicas que la actividad de la ALP está incrementada en las membranas plasmáticas de los canalículos biliares con una mayor actividad en las áreas periportales. Esto se puede interpretar como un proceso activo de transporte de los ésteres de retinilo desde las células parenquimatosas hepáticas hacia la bilis. El incremento en la actividad de la fosfatasa alcalina se puede relacionar a la unión del retinol a los receptores nucleares de

los hepatocitos, que pueden aumentar la diferenciación celular y la expresión de los genes, y esto coincide con los niveles elevados de ALP (26).

La reducción en la actividad de la glucógeno fosforilasa en los animales tratados con vitamina A pudiera deberse al incremento en la concentración hepática de Zn, un inhibidor de la actividad de esta fosforilasa (27) y a la disminución del ingreso alimentario, que reduce la cantidad de la proteína enzimática (5). Aunque, Rinaudo et al., (6) en ratas blancas jóvenes a las cuales se les administró por vía subcutánea 7.000 a 14.000 UI/día de una solución oleosa de vitamina A, por un periodo de 7 días, observaron un incremento del 25% ( $p < 0,05$ ) en la actividad de la fosforilasa en comparación con el grupo control.

La glucosa-6-fosfatasa una enzima multifuncional (28), de gran importancia en el metabolismo intermediario de los glúcidos, también disminuyó su actividad en los animales tratados con vitamina A, debido al incremento en la concentración hepática de fósforo inorgánico (29) y de Zn (30) dos inhibidores de la enzima (27,31). Por el contrario, Singh et al., (32) en ratas blancas jóvenes, alimentadas con un exceso de retinol por vía oral, demostraron un incremento en la actividad de la glucosa-6-fosfatasa. Quizás estas diferencias pueden deberse al tipo de compuesto empleado, a la dosis administrada, al tiempo de administración, a la vía de administración de la vitamina o a la edad de los animales utilizados.

La  $\alpha$ -amilasa, una enzima que participa en la producción de glucosa por las células hepáticas, disminuyó significativamente ( $p < 0,05$ ) su actividad por el exceso de vitamina A; hallazgo que concuerda con los trabajos previos de Rinaudo et al., (6). La disminución de los iones cloruro y calcio (33), iones activadores de la enzima (34,35) y el incremento en la concentración del Zn, un ión inhibidor, en hígado (30), por efecto de las dosis elevadas de vitamina A, deben favorecer esta disminución.

La colinesterasa (pseudocolinesterasa) se produce en el hígado y se encuentra en todos los tejidos, especialmente en el páncreas. Existe una estrecha correlación entre la síntesis de albúmina y la producción hepática de esta hidrolasa, a tal punto que los niveles enzimáticos disminuyen en enfermedades caracterizadas por una síntesis de albúmina disminuida (23). En la presente investigación se encontró una disminución significativa ( $p < 0,05$ ) en su actividad en los animales tratados con vitamina A. Para explicar estos hallazgos debemos tener presente el trabajo de Çolakoglu y Kükner (36) quienes al estudiar, en ratas, el efecto de administrar dosis altas de ácido retinoico, un metabolito de la vitamina A, por un corto lapso de tiempo, sobre la estructura del hígado, observaron mediante estudios de microscopía óptica y electrónica: dilatación sinusoidal, infiltración celular periportal, incremento de las gotas de lípidos en las células

de Ito, que se correlacionan con el incremento en la cantidad de ácido retinoico suministrada. Estos resultados indican que las dosis altas de este compuesto alteran el tejido hepático, con alteraciones en su función. Este grado de disfunción hepática, a lo cual se suma un deficiente ingreso alimentario, la existencia de infecciones agudas, la infiltración grasa, la disminución en la síntesis de la albúmina (37) son factores que influyen en la disminución de la actividad y/o síntesis de la CHE a nivel hepático. Esta alteración del tejido hepático debe favorecer las alteraciones enzimáticas comentadas en los párrafos anteriores.

La arginasa, una enzima presente en grandes cantidades en el hígado que cataliza la transformación de la arginina en urea y ornitina (38), también disminuyó significativamente ( $p < 0,05$ ) su actividad. Esta disminución que obedece, entre otros factores, a la disminución del ingreso alimentario (39) explica la falla en la ureogénesis hepática descrita en la hipervitaminosis A (37) que altera el proceso de detoxicación del amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), cuyo incremento excesivo en sangre conduce a un síndrome denominado encefalopatía hepática, una manifestación presente en la enfermedad hepática grave o en etapa terminal (40). Por su parte, Lettinga et al., (16) en ratas tratadas con dosis altas de retinol, durante 7 días, encontraron que los mecanismos de regulación de los niveles sanguíneos del amoníaco están muy deteriorados.

En conclusión, en todos los casos, el grado de variación de la actividad enzimática se relaciona con el contenido hepático de la vitamina A. Además nuestros resultados proporcionan evidencias que la administración de altas dosis de vitamina durante cortos periodos determinan manifestaciones clínicas muy diversas y variadas y producen una marcada alteración de la actividad de las enzimas hepáticas, lo cual debe producir, a su vez, un deterioro en los metabolismos glucídico y proteico. Aunque, los resultados obtenidos en animales tratados con dosis altas de vitamina A no pueden ser definitivamente extrapolados al hombre, estos hallazgos deben ser tomados en cuenta como indicadores de la posible ocurrencia de efectos similares en los humanos.

## REFERENCIAS

1. Perrotta S, Nobili B, Rossi F, Criscuolo M, Iolascon A, Di Pinto D, Passaro I, Cennamo L, Oliva A, Della Ragione F. Infant hypervitaminosis A causes severe anemia and thrombocytopenia: evidence of a retinol-dependent bone marrow cell growth inhibition. *Blood*. 2002; 99: 2017-22.
2. Rodahl K. Hypervitaminosis A in the rat. *J Nutr*. 1950; 41: 399-421.
3. Harper AE. Glucose-6-phosphatase. In: *Methods of Enzymatic Analysis*. Bergmeyer HU (Ed.). Academic Press. New York. 1963.
4. Fiske CH, Subbarow Y. Colorimetric determination of phosphorus. *J Biol Chem*. 1925; 66: 375-383.
5. Niemeyer H, Gonzáles C, Rozzi R. The influence of diet on liver phosphorylase. I. Effect of fasting and refeeding. *J Biol Chem*. 1961; 236: 610-3.
6. Rinaudo MT, Antoniotti ML, Montecucchi PC. Uridinediphosphoglucose-glycogen glucosyltransferase, glycogen phosphorylase and alpha-amylase in the liver of A hypervitaminosis rats. *Boll Soc Ital Biol Sper*. 1966; 42: 194-6.
7. Gamklou R, Scherstén T. Activity of  $\alpha$ -amylase and  $\alpha$ -1,4-glucosidase in human liver tissue. *Scand J Clin Lab Invest*. 1972; 30: 201-7.
8. Reitman S, Frankel S. A colorimetric method for the determination of serum glutamic oxalacetic and glutamic pyruvic transaminases. *Am J Clin Pathol*. 1957; 28: 56-63.
9. Bhide SV, Shah S, Desai MP. Arginase and xanthine oxidase activity in liver tissue in pathological conditions. *Biochem Med*. 1974; 9: 386-9.
10. Michel O. Cholinesterase in human red blood cells and plasma. In: *Standard Methods of Clinical Chemistry*. (Seligson D, ed.). Vol 3. Academic Press, New York and London. 1961.
11. Dingle JT, Sharman IM, Moore T. Nutrition and lysosomal activity. The influence of the vitamin A status on the proteolytic activity of extracts from the livers and kidneys of rats. *Biochem J*. 1966; 98: 476-84.
12. Walter K, Schütt C. Acid and alkaline phosphatase in serum (two point methods). In: *Methods of Enzymatic Analysis*. (Bergmeyer HU, ed.). Vol. 2. Verlag Chemie Weinheim. Academic Press. Inc. New York, 1974.
13. King J. The dehydrogenase (or) oxidoreductase-lactate dehydrogenase. In: *Practical Clinical Enzymology*. D Van Nostrand Co. Ltd., London, 1965.
14. Neeld JB Jr, Pearson WN. Macro- and micromethods for the determination of serum vitamin A using trifluoroacetic acid. *J Nutr*. 1963; 79: 454-62.
15. Magni P, Beretta E, Scaccianoce E, Motta M. Retinoic acid negatively regulates neuropeptide Y expression in human neuroblastoma cells. *Neuropharmacology*. 2000; 39: 1628-36.
16. Lettinga KD, Gutter W, Van Noorden CJ, Schellens JP, Frederiks WM. Early effects of high doses of retinol (vitamin A) on the in situ cellular metabolism in rat liver. *Liver*. 1996; 16: 1-11.
17. Wolf G. Multiple functions of vitamin A. *Physiol Rev*. 1984; 64: 873-937.
18. Dingle JT. Action of vitamin A on the stability of lysosomes in vivo and in vitro. *CIBA Foundation Symposium on Lysosomes*, (De Reuck A VS, Cameron MP, eds.). JA Churchill Ud. London. 1963.
19. Brandes D, Anton E, Lam KW. Studies of L1210 leukemia. II. Ultrastructural and cytochemical changes after treatment with cyclophosphamide and vitamin A. *J Natl Cancer Inst*. 1967; 39: 385-421.
20. Glass CK, DiRenzo J, Kurokawa R, Han ZH. 1991. Regulation of gene expression by retinoic acid receptors. *DNA Cell Biol*. 10: 623-38
21. Murray RK, Granner DK, Rodwell VW. Harper. *Bioquímica Ilustrada*. 17ª Edición. Editorial El Manual Moderno. México. 2007.
22. Smith C, Marks AD, Lieberman M. *Bioquímica Básica de Marks*. Un enfoque clínico. 2ª Edición. Editorial Mc Graw Hill-Interamericana. Madrid. España. 2006.

23. Henry JB. *El Laboratorio en el Diagnóstico Clínico*. Marbán Libros, SL. Madrid, España. 2005.
24. Singh M, Singh VN, Venkitasubramanian TA. Early effects of feeding excess vitamin A: hepatic glycogen, blood lactic acid, plasma NEFA and glucose tolerance in rats. *Life Sci*. 1968; 7: 239-47.
25. Alarcón OM. Hipervitaminosis A aguda en conejos: Aspectos bioquímicos e histoquímicos. Facultad de Medicina. Universidad de los Andes. Mérida. Venezuela. 1972.
26. Hui M, Hu M, Tenenbaum HC. Changes in cell adhesion and cell proliferation are associated with expression of tissue non-specific alkaline phosphatase. *Cell Tissue Res*. 1993; 274: 429-37.
27. Alarcón OM. Interrelaciones  $Zn^{2+}$ -vitamina A. I. Efecto de las dosis crecientes de  $Zn^{2+}$  sobre el metabolismo glucídico. Facultad de Medicina. Universidad de Los Andes. Mérida. Venezuela. 1978.
28. Foster JD, Nordlie RC. The biochemistry and molecular biology of the glucose-6-phosphatase system. *Exp Biol Med* 2002; 227: 601-608.
29. Alarcón OM, Silva T, Chacón PA, Pachano YJ, Reinoso J, Alarcón OA. Modificaciones del contenido de fósforo hepático y renal en cobayos tratados con dosis elevadas de vitamina A alcohol (retinol). *Acta Cient Ven*. 1996; 47: 127-131.
30. Alarcón OM, Burguera JL, Burguera M, Silva TM, Ferrer LF, Romero TJ. Effects of acute overdose of vitamin A on the hepatic content of K, Na, Mg, Fe, Cu and Zn, in rats. *Arch Latinoamer Nutr*. 1994; 44: 249-51.
31. Vianna AL, Nordlie RC. The inhibition by physiological orthophosphate concentrations of hydrolytic and synthetic activities of liver glucose 6-phosphatase. *J Biol Chem*. 1969; 244: 4027-32..
32. Singh M, Singh VN, Venkitasubramanian TA. Early effects of excessive retinol intake on hepatic glycogen metabolism. *Arch Biochem Biophys*. 1976; 173: 93-9.
33. Maldonado JR. Estudio del mecanismo de acción de las dosis tóxicas de vitamina A alcohol (retinol) en ratas. Comportamiento de los electrolitos séricos y tisulares. Facultad de Farmacia. Universidad de Los Andes. Mérida. Venezuela. 1974.
34. Olavarria JM, Torres HN. Mechanism of action of liver alpha-amylase. *J Biol Chem*. 1962; 237: 1746-51.
35. Rasmussen H, Tenenhouse A. Cyclic adenosine monophosphate,  $Ca^{++}$ , and membranes. *Proc Natl Acad Sci USA* 1968; 59: 1364-70
36. Çolakoglu N, Kükner A. Effects of high dose of retinoic acid on adult rat liver: electron microscopic and immunohistochemical study. *Nutr Res*. 2003; 23: 509-17
37. Alarcón OM, Jonchkeer ME, Molina DS, Burguera JL, Burguera M, Burguera JA, González LD. Modificaciones del metabolismo proteico en la hipervitaminosis A aguda, en ratas. *Acta Cient Venez* 1986; 37: 162-169.
38. Bishop ML, Fody EP, Schoeff LE. *Química Clínica. Principios, Procedimientos y Correlaciones*. 5ª Edición. Editorial McGraw-Hill. México. 2007.
39. Greenberg DM. Arginase. En: *Enzymes*. (Boyer PD, Hardy H, Myrbäck K (eds.)). 2nd. Ed. Vol. 4. Academic Press. NY. 1960.
40. McPhee SJ, Lingappa VR, Ganong WF. *Fisiopatología Médica. Una Introducción a la Medicina Clínica*. 4ª Edición. Editorial El Manual Moderno. México. 2003.

Recibido:14-06-2007

Aceptado:10-09-2007

## Obesidad, actividad e inactividad física en adolescentes de Morelos, México: un estudio longitudinal

*Claudia Caballero, Bernardo Hernández, Hortensia Moreno, Carlos Hernández-Girón, Lourdes Campero, Aurelio Cruz, Eduardo Lazcano-Ponce*

Instituto de Salud Pública (ISP). Universidad Veracruzana. Centro de Investigación en Salud Poblacional.  
Instituto Nacional de Salud Pública, México (INSP). México

**RESUMEN.** La prevalencia de obesidad durante la niñez y adolescencia se ha incrementado en México, pudiendo explicarse por un decremento en la actividad física. Nuestro objetivo fue determinar la asociación entre la prevalencia de obesidad o sobrepeso con niveles de actividad e inactividad física en adolescentes mexicanos. Se utilizó información de 446 adolescentes de entre 12 y 17 años, que acudían a escuelas públicas secundarias en Cuernavaca, Morelos, México. Se empleó un diseño longitudinal con 2 mediciones, basal y final. Se captó información antropométrica, actividad e inactividad física, edad y sexo. Se calculó la prevalencia de obesidad o sobrepeso de acuerdo al criterio propuesto por el *International Obesity Task Force*, y se estimaron razones de momios o posibilidades mediante regresión logística. La prevalencia basal de obesidad o sobrepeso fue de 37.21% (42.99% para hombres y 30.95% para mujeres) y la final de 35.50% (38.46% para hombres y 32.28% para mujeres). La media final de tiempo total viendo TV fue de 3.90 h/d, de actividad vigorosa 0.73 h/d y de moderada 0.58 h/d. Ajustando el efecto de obesidad o sobrepeso inicial, sexo y escuela, no se encontraron asociaciones significativas entre tiempo viendo televisión o practicando actividad física con la prevalencia de obesidad o sobrepeso. Al incluir un término de interacción por sexo en nuestros modelos se encontró un efecto protector de la actividad vigorosa en los adolescentes varones ( $\hat{\alpha}=0.22$ , IC 95% (0.05, 0.89)). Los resultados sugieren que la actividad física vigorosa disminuye el riesgo de obesidad o sobrepeso en adolescentes varones.

**Palabras clave:** Obesidad, sobrepeso, actividad física, tiempo viendo televisión, adolescentes.

### INTRODUCCION

La obesidad es un importante problema de salud pública, y consiste en una excesiva acumulación de grasa corporal en el organismo (1). La obesidad es producto de la interacción de una serie de factores genéticos, ambientales y de estilo de vida (2).

**SUMMARY. Obesity, physical activity and inactivity among adolescents in Morelos, Mexico: a longitudinal study.** The prevalence of obesity in childhood and adolescence has increased in Mexico. This increase can be explained partly by a decrease in physical activity. The objective of this study was to assess the association between the prevalence of obesity and overweight with physical activity and inactivity among Mexican adolescents. We analyzed data from a longitudinal study with baseline and follow-up measures in 446 adolescents 12 to 17 years old, attending public schools in Cuernavaca, Morelos, Mexico. We collected information on weight, physical activity and demographic characteristics. Obesity and overweight were determined using as indicator the body mass index, and the cutoff points proposed by the International Obesity Task Force. The baseline prevalence of obesity or overweight was 37.22% (42.99% for males and 30.95% for females), and in the final measure 34.30% (38.46% for males and 32.28% for females). The median time of TV viewing was 3.90 h/d, with 0.73 h/d dedicated to vigorous physical activity and 0.58 h/d to moderate physical activity. Using logistic regression, after adjustment for obesity in the baseline measure, sex and clustering by school, we found no significant associations between the prevalence of obesity or overweight with time dedicated to TV viewing, vigorous or moderate physical activity. However, when conducting the analysis with an interaction term by sex, we found significantly lower risk of obesity or overweight associated with an increase in vigorous physical activity among males only ( $\hat{\alpha}=0.22$ , 95% CI (0.05, 0.89)). Results suggest that vigorous physical activity may reduce the risk of obesity or overweight among male adolescents.

**Key words:** Obesity; television viewing; physical activity; adolescents.

La prevalencia de obesidad juvenil e infantil está en aumento tanto en los países desarrollados como en vías de desarrollo (3). En México, de acuerdo con los resultados de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2006 (ENSANUT 2006), la prevalencia nacional combinada de obesidad y sobrepeso en niños de entre 5 y 11 años fue de 26% para ambos sexos (4,158,800 escolares con sobrepeso u obesidad), en comparación con la prevalencia de 1999, que fue de 18.6%. El aumento entre 1999 y 2006 fue de 39.7% para los sexos combinados en tan solo siete años en este grupo de edad (4).

La obesidad ha sido explicada a partir de la ecuación de

Este proyecto se desarrolló gracias a financiamiento del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México y de la Fundación Bristol-Myers-Squibb.

ingestión y gasto de energía, según la cual la obesidad surge cuando la ingestión de energía es mayor al gasto energético, dentro del cual la actividad y la inactividad física juegan un papel importante. El tiempo dedicado a ver televisión es un componente importante de la actividad física, y el que muestra mayor variabilidad, entre adolescentes (5).

Si bien la asociación entre obesidad con la actividad e inactividad física ha sido documentada en estudios longitudinales y transversales en países desarrollados (6), hasta donde tenemos conocimiento, esta asociación sólo se ha documentado en México mediante un estudio transversal (7). No contamos con información de estudios longitudinales que nos permita establecer relaciones causales entre la actividad e inactividad física con la obesidad en México. El objetivo de la presente investigación, es evaluar esta asociación en un diseño longitudinal con adolescentes de la ciudad de Cuernavaca, Morelos, México.

## METODOLOGIA

### Población y muestra

Esta investigación se deriva del Estudio de Salud Integral de Adolescentes del Estado de Morelos, México. Como parte de este proyecto, se desarrolló una intervención para promover la actividad física y dieta saludable, y se recolectó información para evaluar esta intervención en seis escuelas secundarias en la ciudad de Cuernavaca, Morelos, seleccionando aleatoriamente tres escuelas que recibieron la intervención y tres escuelas que no la recibieron y que funcionaron como grupo control. En este análisis, se utilizó únicamente la información proveniente de las escuelas control, contando con una muestra de 446 adolescentes de ambos sexos que habían asistido a los turnos matutino y vespertino de tres escuelas secundarias en Cuernavaca, Morelos, México. La muestra se restringió al grupo control para evitar el sesgo que pudiera introducir el hecho de que algunos adolescentes recibieran la intervención y otros no, ya que esto puede modificar su ambiente, sus condiciones de actividad e inactividad física e incluso su reporte de estas variables.

### Diseño del estudio

Este estudio sigue un diseño longitudinal e incluye una medición basal (realizada en febrero de 1999) y una medición posterior (realizada en octubre de 2000). Se captó información referente a actividad e inactividad física, antropometría y características demográficas.

### Variables del estudio

#### Variable de resultado

La variable de resultado fue la obesidad o sobrepeso. Se tomaron mediciones de peso y talla por personal previamente

estandarizado. Para estimar la obesidad o sobrepeso, se empleó como indicador el índice de masa corporal (IMC), dividiendo el peso medido en kilogramos entre la talla medida en metros al cuadrado. Los participantes fueron considerados con obesidad o sobrepeso si se situaban por encima de los puntos de corte específicos para su edad y sexo propuestos por el *Internacional Obesity Task Force* (8).

### Variables de exposición

**Actividad física.** Para medir el tiempo dedicado a actividad física se empleó el cuestionario de actividad e inactividad física (Cuestionario de actividad e inactividad de los estudiantes mexicanos, CAINM). El cuestionario consta de 14 ítems para estimar las horas al día dedicadas a realizar actividad moderada y vigorosa (puntaje de equivalentes metabólicos (EM)/hora >6.0) durante el mes anterior sin distinguir entre días de entre semana y de fin de semana. Se consideró una actividad moderada si el puntaje era de un valor EM/hora entre 3 y 6 y vigoroso si era mayor a 6, según el compendio de Ainsworth y colaboradores (9). Este cuestionario ha mostrado una aceptable validez y reproducibilidad para estimar actividad física vigorosa (10).

**Inactividad física.** Esta variable incluyó el tiempo dedicado a ver programas de televisión, videojuegos o videos, tiempo de sueño, de transportación, sentado, lectura y tareas. Dado que el tiempo dedicado a ver horas de televisión es el principal componente de la inactividad física en adolescentes (con excepción de las horas de sueño), y el que muestra mayor variabilidad, se analizaron para este estudio las horas de ver televisión (TV) y otras formas de video (videojuegos y tiempo viendo películas o videos en videogradora). Se aplicó un cuestionario que incluye preguntas sobre el tiempo dedicado a ver distintas formas de TV, y permite estimar el tiempo durante el cual se ven programas de TV cada día de la semana, y el tiempo que se dedica a jugar videojuegos, a ver películas en días hábiles y fines de semana durante el mes anterior. Los ítems se ponderaron por día de la semana y fueron sumados para obtener una estimación total de tiempo al día viendo TV. Este cuestionario ha mostrado alta validez y reproducibilidad para medir el tiempo dedicado a ver televisión en niños de la Ciudad de México (10).

### Otras covariables

**Consumo dietético.** La evaluación total del consumo de energía y porcentaje de energía derivado de las grasas se hizo utilizando un cuestionario de frecuencia de consumo para niños basado en un cuestionario de frecuencia de consumo para Mexicanos Adultos (11).

**Percepción del estado nutricional de los padres.** Como por razones logísticas no fue posible medir directamente el estado nutricional de los padres, se evaluó el estado de éstos usando un sistema de nueve figuras en rango de delgado a obeso, que ha demostrado buena confiabilidad y validez comparada con mediciones de peso (12). Los adolescentes indicaron la figura que mejor representaba a su madre y a su padre; los niños cuyos padres hubieran fallecido no contestaron la pregunta.

**Variabes sociodemográficas.** La edad en años se obtuvo mediante el cuestionario. El sexo se clasificó durante la medición de los antropometristas. La educación de los padres se evaluó usando dos preguntas para grado máximo de estudios para el padre y la madre, respectivamente.

#### **Procedimientos para la recolección de información, instrumentos utilizados y métodos para el control y calidad de los datos**

Inicialmente se hizo contacto con los participantes, sus padres o tutores, y las autoridades de las escuelas a las que asistían para describirles los objetivos y métodos del estudio, y obtener una carta de consentimiento informado. Posteriormente, los participantes completaron un cuestionario autoadministrado, que contenía secciones relativas a actividad física e imagen corporal, frecuencia de consumo, uso de servicios de salud, uso de drogas, violencia en el hogar, comportamientos sexuales y de salud reproductiva y de enfermedades crónicas cuyo llenado se realizaba en el hogar. Asimismo, se realizaron mediciones antropométricas (peso y talla) a todos los participantes en las escuelas. Para la medición de talla, los estudiantes se midieron sin zapatos y mediante un estadímetro portátil con aproximación de 0.1 cm. El peso fue medido utilizando básculas *Tanita digital*. Las básculas se calibraron usando pesos estándar y efectuando el procedimiento de calibración al comienzo de cada sesión de medición. La medición fue tomada sin zapatos y con ropa ligera, en aproximación a 0.1 kg. Todos los procedimientos y métodos empleados en este estudio fueron aprobados por los comités de ética, bioseguridad e investigación del Instituto Nacional de Salud Pública de México.

#### **Análisis**

Los análisis estadísticos fueron analizados en el paquete Stata VII (13). Se analizó información de 729 adolescentes, de los cuales 446, contaban con información en la medición basal y final. Se excluyeron valores implausibles para edad de más de 17 años, de peso mayor a 97 kg, y de talla mayor a 1.90 cm. Se excluyó a los participantes que reportaran tiempo dedicado a actividad física o tiempo total viendo TV de más de 10.5 h/d en días entre semana y 13.5 h/d en fin de semana. Debido a que no fue posible contactar a algunos

adolescentes en el seguimiento, se evaluó si los adolescentes que tenían información en ambas mediciones del estudio eran similares a los que sólo tenían información en la basal, comparando características basales de los adolescentes con información completa (con información de todas las variables de interés en todos los cuestionarios en la primera y segunda medición) contra los datos de individuos con información incompleta (sin información en la segunda medición) empleando la prueba de Wilcoxon. Se realizó la prueba de normalidad con Sktest y Shapiro–Wilk en las variables continuas (edad, talla, peso, IMC, actividad e inactividad física y tiempos de TV), resultando no cumplirse una distribución normal. El análisis univariado consistió en los cálculos de medias, medianas y de DE para las variables continuas y de frecuencias simples y porcentajes en las categóricas. Se utilizó la prueba de Wilcoxon para comparar la media de las variables continuas entre sexo masculino vs. femenino, así como para comparar los resultados de la medición basal vs. la medición final. Se estimó la prevalencia de obesidad inicial y final. Se calculó la persistencia, regresión e incidencia de obesidad. Para evaluar la relación entre obesidad o sobrepeso en la medición final con los niveles de actividad e inactividad física presentados en la medición basal, se ajustaron modelos de regresión logística incluyendo como variable dependiente a la obesidad o sobrepeso en la segunda medición y como covariables la edad de los participantes, sexo, tiempo dedicado a ver programas de TV, tiempo dedicado a actividad física vigorosa y moderada y obesidad en la medición basal, ajustando por agrupamiento de observaciones en escuelas y calculando errores estándar robustos. El mismo modelo se ajustó incluyendo las variables de tiempo dedicado a ver programas de TV, tiempo dedicado a actividad física vigorosa y moderada en la segunda medición. El análisis también se realizó incluyendo en el modelo antes descrito un término de interacción entre sexo y actividad e inactividad física, para poder evaluar el efecto diferencial de la actividad e inactividad física sobre la obesidad o sobrepeso en hombres o mujeres.

## **RESULTADOS**

De los 446 casos estudiados (61.18%), 231 observaciones fueron de sexo masculino (51.79%) y 215 de sexo femenino (48.20%). La media de edad fue de 13.46 años  $\pm$ 0.60. La media de peso fue 54.23  $\pm$ 11.85 Kg. y la de talla 156.64  $\pm$  7.53 cm. El IMC no varió significativamente en el transcurso de un año (Tabla 1). En la segunda medición, la prevalencia de obesidad o sobrepeso disminuyó (35.50%) con respecto a la inicial (37.21%), siendo en la medición basal mayor en los hombres (42.99%) que en las en las mujeres (30.95%) (Tabla 2). Debido a que no existieron diferencias estadísticamente significativas en la comparación de las medias de las variables de interés en individuos con datos completos e incompletos, se decidió utilizar los datos completos.

TABLA 1

Características antropométricas basales y finales por sexo de un estudio longitudinal en estudiantes adolescentes mexicanos

Característica	Media	D.E	Rango	Masculino Basal (n 231)		Femenino Basal (n 215)		Media (valor p**)	D.E	Rango	Masculino Final (n 221) 18 meses después		Femenino Final (n 210) 18 meses después	
				Media	D.E	Media	DE				Media	D.E	Media	D.E
				(valor p*)							(valor p***)			
Edad(años)	13.46	0.60	12-17	13.44 (0.4277)	0.64	13.47	0.57	14.12 (0.0000)	0.48	13-17	14.11 (0.6366)	0.48	14.13	0.48
Talla(cm.)	156.64	7.53	151.2-161.2	159.74 (0.0000)	7.71	153.31	5.72	158.91 (0.0000)	7.93	152.8-164.0	163.32 (0.0000)	7.23	154.27	5.66
Peso (kg.)	54.23	11.85	45.8-60.8	56.25 (0.0010)	13.07	52.05	9.96	56.45 (0.0000)	12.30	48.2-62.4	59.45 (0.0000)	13.54	53.28	9.94
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	22.01	4.02	19.06-24.15	21.93 (0.3284)	4.24	22.09	3.77	22.27 (0.0000)	4.11	19.46-24.38	22.21 (0.2492)	4.44	23.33	3.73

\*Valor p de la prueba Wilcoxon comparando sexo masculino vs. femenino en la medición basal.

\*\*Valor p de la prueba Wilcoxon comparando la medición basal vs. la medición final.

\*\*\*Valor p de la prueba Wilcoxon comparando sexo masculino vs. femenino en la medición final

TABLA 2

Comparación de prevalencia de obesidad basal y final en estudiantes adolescentes y por sexo (n=431) (1)

Obesidad	Total	Medición basal		Total	Medición final	
		Masculino	Femenino		Masculino	Femenino
Prevalencia (%)	37.21 (160/431)	42.99* (95/221)	30.95 (65/210)	35.50 (153/431)	38.46 (85/221)	32.38 (68/210)
Persistencia(%)				85.63 (137/160)	83.16 (79/95)	89.23 (58/65)
Regresión(%)				14.37 (23/160)	16.84 (16/95)	10.77 (7/65)
Incidencia(%)				5.90 (16/271)	4.76 (6/126)	6.90 (10/145)

(1) Los individuos fueron clasificados como con sobrepeso u obesidad si su IMC estaba por encima de los puntos de corte propuestos por el International Obesity Task Force (8).

\* p&lt;0.05 al comparar sexo masculino vs. femenino utilizando la prueba de Chi-cuadrada.

Se construyó un índice para evaluar el tiempo total viendo TV, integrando el tiempo total de programas de TV, tiempo de video y de juegos de video. Para las variables de actividad física y de tiempos de TV, la media del tiempo dedicado a ver TV en la medición final fue de 3.90 h/d, así como 0.73 h/d para actividad vigorosa y 0.58 h/d para actividad moderada. Se encontró una reducción significativa ( $p<0.05$ ) entre la medición basal y final para el tiempo total dedicado a ver televisión y el tiempo dedicado a ver programas de televisión. (Tabla 3). Estratificando por sexo, la comparación entre medición basal y final mostró que las únicas variables con una reducción significativa ( $p<0.05$ ) entre la medición basal y la final fueron el tiempo dedicado a ver TV y a ver programas de TV en las mujeres. Los varones realizaron mayor actividad vigorosa en ambas mediciones (Tabla 4). Los varones presentaron mayores tiempos viendo TV en la medición inicial (4.72 h/d) que las mujeres (3.86 h/d). En cuanto al tiempo dedicado a ver programas de TV, en la medición inicial las

mujeres dedicaban menos tiempo a ver programas de TV (2.26 h/d) que los hombres (2.98 h/d) (Tabla 4).

TABLA 3

Características sobre actividad e inactividad física de los adolescentes mexicanos

Característica	Basal (n=446)		Final (n=446)		valor p*
	Media	DE	Media	DE	
Actividad total (h/d)	1.39	0.90	1.31	0.86	0.1177
Actividad vigorosa (h/d)	0.78	0.63	0.73	0.59	0.0706
Actividad moderada (h/d)	0.61	0.43	0.58	0.42	0.4147
Tiempo total TV (h/d)	4.21	2.04	3.90	1.98	0.0000
Tiempo de video (h/d)	1.28	1.28	1.20	1.18	0.2389
Tiempo de programas de TV (h/d)	2.12	1.86	1.83	1.78	0.0056
Tiempo de juegos de video (h/d)	0.81	1.44	0.87	1.26	0.5671

\*valor p de la prueba de Wilcoxon comparando la medición basal vs. la medición final.

**TABLA 4**  
Medias y Desviaciones estándar de actividad física y tiempos de televisión de los adolescentes mexicanos estratificados por sexo

Característica	Basal (n =215)		Final (n =215)		valor p*
	Media	DE	Media	DE	
<b>Femenino</b>					
Actividad vigorosa (h/d)	0.53	0.46	0.48	0.46	0.0550
Actividad moderada (h/d)	0.62	0.43	0.63	0.45	0.7375
Total de actividad (h/d)	1.15	0.76	1.11	0.76	0.3757
Tiempo total de TV (h/d)	3.86	2.05	3.96	2.05	0.0206
Tiempo de programas de TV (h/d)	2.26	1.98	2.50	1.68	0.0003
Tiempo de video (h/d)	1.16	1.22	1.0	1.07	0.0835
Tiempo jugando video juegos (h/d)	0.44	0.95	0.46	0.90	0.6160
<b>Masculino</b>					
Actividad vigorosa (h/d)	1.02	0.67	0.95	0.61	0.3326
Actividad moderada (h/d)	0.61	0.44	0.54	0.37	0.1430
Total de actividad (h/d)	1.63	0.96	1.49	0.96	0.1531
Tiempo total de TV(h/d)	4.72	2.03	4.51	1.87	0.9274
Tiempo de programas de TV(h/d)	2.98	1.74	2.85	2.03	0.6114
Tiempo de video(h/d)	1.40	1.27	1.40	1.25	0.9300
Tiempo jugando video juegos (h/d)	0.34	1.66	0.26	1.41	0.9759

\*valor p de la prueba de Wilcoxon comparando la medición basal vs. la medición final.

Para evaluar la asociación entre la prevalencia de obesidad o sobrepeso con la actividad e inactividad física se ajustaron modelos de regresión logística, en donde inicialmente se analizó el tiempo dedicado a la actividad física vigorosa, moderada y tiempo dedicado a ver TV como variables continuas (Tabla 5). En los análisis crudos, la única variable que se

asoció con la prevalencia de obesidad u sobrepeso fue el tiempo dedicado a ver videos, la cual se asoció negativamente con la prevalencia de obesidad (RM=0.68, IC 95% 0.51, 0.91). Ajustando modelos para cada forma de actividad o inactividad por la presencia de obesidad o sobrepeso en la medición basal, tiempo dedicado a actividad vigorosa, tiempo dedicado a ver programas de TV, edad, sexo y agrupamiento de observaciones a nivel de escuela, no se encontró ninguna asociación significativa entre el tiempo de ver TV, las formas de actividad e inactividad con la prevalencia de obesidad o sobrepeso. Se obtuvieron resultados similares al analizar esta asociación categorizando el tiempo dedicado a distintas formas de actividad e inactividad física en cuartiles, o incluyendo en el modelo los tiempos de actividad e inactividad física en la medición final en lugar de la final (datos disponibles a solicitud). Finalmente, se evaluó la asociación entre el tiempo dedicado a actividad vigorosa, tiempo viendo programas de TV y edad sobre la prevalencia de obesidad, incluyendo un término de interacción entre los tipos de actividad y el sexo. Se encontró un efecto protector de la actividad física entre los adolescentes varones, donde de acuerdo al modelo de regresión logística, por cada hora adicional dedicada a actividad vigorosa en la medición basal, las posibilidades de presentar sobrepeso u obesidad en la medición final fueron 4.5 veces menores (RM = 0.22, IC 95% 0.05, 0.89). El inverso de la razón de momios estimada por el modelo (1/0.22) corresponde a 4.5, que indica la reducción en las posibilidades de presentar obesidad por cada hora adicional dedicada a actividad vigorosa (Tabla 6). No se encontró asociación significativa entre el tiempo viendo programas de TV con la prevalencia de sobrepeso u obesidad entre los varones, y ninguna asociación significativa en el caso de las mujeres.

**TABLA 5**  
Características basales asociadas a obesidad en la medición final en estudiantes adolescentes mexicanos (variables continuas)

Característica Medición basal (n=262)	RM* cruda	(IC 95%)**	RM * ajustada***	(IC 95%)**
Actividad vigorosa	0.78	(0.51,1.18)	0.53	(0.15,1.86)
Actividad moderada	0.92	(0.55,1.18)	—	—
Actividad total	0.87	(0.68,1.11)	—	—
Tiempo total de TV	0.92	(0.80,1.07)	—	—
Tiempo de programas	0.99	(0.86,1.15)	1.06	(0.76,1.49)
Tiempo de video	0.68	(0.51,0.91)	—	—
Tiempo jugando videojuegos	0.90	(0.74,1.10)	—	—
Edad	1.34	(0.90,1.99)	1.31	(0.58,2.96)
Sexo				
Niños	1.03	(0.57,1.84)	0.80	(0.31,2.08)
Niñas	1	—	1	—

\* RM= Razón de momios \*\* IC 95% = Intervalo de confianza al 95%

\*\*\*Razón de momios ajustada por obesidad, actividad vigorosa, tiempo dedicado a ver programas de televisión (en la medición basal), edad, sexo y escuela.

**TABLA 6**  
Características basales asociadas a obesidad en la medición final en estudiantes adolescentes mexicanos (continuas) según sexo

Característica (n = 262)	Masculino		Femenino	
	RM * ajustada***	(IC 95%)**	RM* ajustada***	(IC 95%)**
Actividad vigorosa	0.22	(0.05,0.89)	0.97	(0.10,9.27)
Tiempo viendo programas de TV	0.88	(0.22,3.44)	0.94	(0.62,1.42)
Edad	1.35	(0.61,2.95)	1.35	(1.61,2.95)

\* RM= Razón de momios \*\* IC 95% = Intervalo de confianza al 95%

\*\*\*Razón de momios ajustada por obesidad, actividad vigorosa, tiempo dedicado a ver programas de televisión (en la medición basal), edad, sexo y escuela.

### DISCUSION

El principal hallazgo de esta investigación fue que existió un efecto protector de la actividad física vigorosa sobre la obesidad y el sobrepeso en los adolescentes varones. Los resultados de este estudio coinciden con el realizado en Morelos, el cual reveló que en promedio, los participantes realizaban media hora/día de actividad vigorosa y reportaban 3.7 horas/día viendo televisión (14), en una población que involucró a estudiantes de todo el estado. Comparando estos resultados con los de ENSANUT 2006, se muestra que la población estudiada dedica una alta cantidad de su tiempo a ver televisión. La media de tiempo dedicado a ver televisión encontrada en este estudio (3.90 h/d), quedaría incluida dentro del rango como de alto tiempo dedicado a ver televisión, donde quedaron ubicados un 27.65% de los adolescentes de 10 a 19 años a nivel nacional. No obstante, la media de tiempo dedicado a actividad física vigorosa o moderada encontrada en este estudio (1.31 h/d) quedaría apenas incluida dentro de la categoría de "individuos activos" (con más de 1 hora diaria de actividad) (4). Nuestra población de estudio tiene niveles altos de tiempo dedicado a ver televisión, pero también niveles de actividad altos. No encontramos una asociación entre el tiempo dedicado a ver televisión con la prevalencia de sobrepeso y obesidad. Si bien los adolescentes mostraron altos niveles de tiempo viendo televisión, la variabilidad de esta variable es menor en términos relativos que la encontrada para la actividad física vigorosa (donde la desviación estándar es mayor a la mediana).

El estudio tiene limitaciones que se deben considerar al interpretar los resultados. La muestra de estudio se restringió al grupo control de un estudio de intervención desarrollado con adolescentes en Morelos. El grupo de intervención se excluyó para evitar el posible sesgo que pudiera introducir el hecho de que la intervención puede afectar los niveles de actividad e inactividad física en sí. La evaluación de impacto de

esta intervención es sujeto de otras investigaciones, mientras que este artículo se limita a examinar el efecto de la actividad e inactividad física sobre la prevalencia de sobrepeso y obesidad.

No fue posible incluir la información de todos los niños inscritos en el estudio, debido a valores perdidos en el seguimiento o a valores implausibles en las variables de interés, lo que pudiera estar relacionado en un momento dado, con obesidad o con la práctica de actividad física. Es posible que adolescentes obesos se negaran a participar en la medición de seguimiento como reacción negativa sobre el tema. Sin embargo, el no encontrar diferencias en las características basales de los individuos con y sin información en la medición de seguimiento nos hace pensar que es difícil que este sesgo de selección afecte los resultados de manera importante. En este estudio se realizó una medición de dieta mediante la aplicación de un cuestionario de consumo de alimentos. Esta medición fue poco confiable debido a las dificultades observadas por los adolescentes para responder este tipo de instrumento, siendo los resultados obtenidos inconsistentes, por lo que no fue posible controlar por esta posible variable confusora. El uso del IMC para evaluar obesidad tiene como principal limitación la incapacidad para distinguir entre la masa grasa y masa libre de grasa. A este respecto, el hecho de realizar el estudio con una población de adolescentes con bajo nivel de actividad física nos hace pensar que la prevalencia de adolescentes con altos niveles de masa magra en el cuerpo puede ser relativamente baja, y por lo mismo es difícil que se sesguen los resultados.

La actividad física vigorosa en la medición basal fue el único factor protector para obesidad o sobrepeso en la medición final, únicamente entre adolescentes varones, lo cual puede deberse a una mayor dispersión en el tiempo dedicado a actividad vigorosa para los varones. A diferencia de estudios anteriores que han documentado la asociación entre actividad física y obesidad en diseños transversales, el identifi-

car esta asociación en un estudio longitudinal permite inferir causalidad entre la práctica de actividad física y la prevalencia de obesidad. Debido al rápido incremento en la prevalencia de obesidad o sobrepeso en jóvenes y patologías relacionadas, además de los costos económicos y sociales, es importante realizar esfuerzos para prevenirla en la niñez y adolescencia a nivel poblacional, principalmente con acciones encaminadas principalmente al aumento de la actividad física vigorosa.

### AGRADECIMIENTOS

Agradecemos el apoyo de Fernanda Nava y Edith Yáñez en la capacitación de personal encargado de la recolección de información, y de Noemí Figueroa y Esperanza Piña en la integración de la base de datos de este estudio.

### REFERENCIAS

1. Pi-Sunyer FX. Obesity: criteria and classification. *Proc Nutr Soc* 2000;59:505-509.
2. Sociedad Mexicana de Nutrición y Endocrinología. La Obesidad en México. Posición de la Sociedad Mexicana de Nutrición y Endocrinología. Grupo para el estudio y tratamiento de la Obesidad. Obesidad, Diagnóstico y Tratamiento. *Rev Endocrinol Nutr* 2004;12(S3):S80-S87.
3. Proimos J, Sawyer S. Obesity in childhood and adolescence. *Aust Fam Physician*, 2000; 29:321-327.
4. Olaiz-Fernandez G, Rivera-Dommarco J, Shamah-Levy T, Rojas R, Villalpando-Hernandez S, Hernandez-Avila M, Sepulveda-Amor J. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2006. Cuernavaca, Mexico: Instituto Nacional de Salud Pública, 2006.
5. Crespo CJ, Smit E, Troiano RP, Bartlett SJ, Macera CA, Andersen RE. Television watching, energy intake and obesity in US children: results from the third National Health and Nutrition Examination Survey, 1988-1994. *Arch Pediatr Adolesc Med* 2001;155:360-365.
6. Davison KK, Marshall SJ, Birch LL. Cross-sectional and longitudinal associations between TV viewing and girls' body mass index, overweight status, and percentage of body fat. *Pediatr* 2006;149:32-37.
7. Hernández B, Gortmaker SL, Colditz GA, Peterson KE, Laird NM, Parra-Cabrera S. Association of obesity with physical activity, television programs and other forms of video viewing among children in México City. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1999;23:845-854.
8. Cole TJ, Bellizzi M, Flegal KM, Dietz W. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *BMJ* 2000; 320:1240-1243.
9. Ainsworth BE, Haskell WL, Leon AS, Jacobs DR, Montoye HJ, Sallis JF et. al. Compendium of physical activities. *Med Sci Sports Exerc* 1993;25:71-80.
10. Hernandez B, Gortmaker SL, Laird NM, Colditz GA, Parra-Cabrera S, Peterson KE. Validez y reproducibilidad de un cuestionario de actividad e inactividad física para escolares de la Ciudad de México. *Salud Publica Mex* 2000;42:315-323.
11. Hernández-Avila M, Romieu I, Parra S, Hernández-Avila J, Madrigal H, Willett W. Validación y reproducibilidad de un cuestionario de frecuencia de consumo para estimar la ingesta alimentaria en mujeres de la Ciudad de México. *Salud Publica Mex* 1998;40:133-140.
12. Sorensen T, Stunkard AJ, Teasdale TW, Higgins MW. The accuracy of reports of weight children's recall of their parents' weight 15 years earlier. *Int. J. Obes* 1983; 7:115-122.
13. StataCorp. *Intercooled Stata 7.0* College Station, TX: Stata Corporation 2001.
14. Lazcano-Ponce E, Hernandez B, Cruz-Valdez A, Allen B, Diaz R, Hernández C, et al. Chronic disease risk factors among healthy adolescents attending public schools in the state of Morelos, Mexico. *Arch Med Res* 2003;34: 222-236.

Recibido: 08-06-2007

Aceptado: 08-09-2007

## Efecto de dietas con restricción moderada de energía sobre el estado nutricional de algunos minerales en mujeres obesas

María Eugenia Aguirre O., Manuel Ruz., Fernando Carrasco N., Annabella Rebolledo A., Karla Araya, Juana Codoceo A., Jorge Inostroza E.

Departamento de Nutrición, Facultad de Medicina, Universidad de Chile. Escuela de Nutrición, Facultad de Medicina, Universidad de Chile. Santiago, Chile.

**RESUMEN.** El objetivo del estudio fue comparar los cambios en la ingesta y estado nutricional de algunos minerales, durante tres meses de tratamiento para reducción de peso, utilizando dietas con distinto aporte energético. 62 mujeres obesas (edad  $33,2 \pm 8,3$  años; IMC  $34,6 \pm 3,4$  kg/m<sup>2</sup>) fueron asignadas a dos tratamientos dietéticos: uno con 1000 kcal/día (Dieta 1) y otro con 1300 kcal/día (Dieta 2). Al inicio y después de tres meses se evaluó ingesta de hierro (Fe), cinc (Zn), cobre (Cu) y calcio (Ca) con encuestas alimentarias de registro de tres días. Se analizaron parámetros de laboratorio respecto al estado nutricional de Fe, Zn y Cu: hemoglobina, ferritina sérica, cinc-protoporfirina, saturación de transferrina, cinc plasmático, cinc en pelo y cobre plasmático. La reducción de peso fue 10,8% en la Dieta 1 y 8,5% en la Dieta 2 ( $p=0,29$ ). La ingesta de Fe, Zn, Cu y Ca se redujo en promedio en 50, 30, 40 y 9%, respectivamente. El cambio de ferritina sérica fue significativo en el grupo con la dieta 1 ( $p=0,040$ ), en pacientes con pérdida de peso  $\geq 10\%$  ( $p=0,006$ ), y aquellas con menor ingesta proteica ( $p=0,033$ ). En los otros parámetros de laboratorio, aunque se observaron tendencias a mayores alteraciones en el grupo con 1000 kcal/día, estas no alcanzaron significación estadística. La indicación de dietas con 1000 y 1300 kcal/día, no produjo alteraciones significativas en el estado nutricional de minerales durante los tres primeros meses de tratamiento, a excepción de un mayor deterioro de los depósitos de hierro.

**Palabras clave:** Obesidad, dieta hipocalórica, hierro, cinc, cobre, calcio.

### INTRODUCCION

La obesidad representa un problema de salud pública en todo el mundo, independiente del nivel de desarrollo de los países. En Chile, según los datos de la primera encuesta nacional de salud, la prevalencia de obesidad en adultos, definida como un IMC  $\geq 30$  kg/m<sup>2</sup>, es de 27.3% en mujeres y 19,2% en hombres (1).

La obesidad es una enfermedad crónica caracterizada por el aumento de grasa corporal que se asocia a riesgo para la salud (2), que aumenta en forma significativa la posibilidad de desarrollar diabetes mellitus, hipertensión arterial, enfermedades cardiovasculares, problemas osteoarticulares,

**SUMMARY.** Effect of moderate energy-restricted diets on the nutritional status of selected minerals in obese women. The aim of this study was to compare changes of nutrient intakes and nutritional status of selected minerals, during a three-month weight-loss program using diets with distinct energy contents. 62 obese women (age  $33.2 \pm 8.3$  years; BMI  $34.6 \pm 3.4$  kg/m<sup>2</sup>) were allocated to two diets, one supplying 1000 kcal/d (Diet 1), and the other 1300 kcal/d (Diet 2). Before and after 3 months, intakes of iron (Fe), zinc (Zn), copper (Cu), and calcium (Ca) were evaluated through self-reported three-day dietary records. Selected laboratory parameters related to the nutritional status of iron, zinc and copper were analyzed: hemoglobin, serum ferritin, zinc-protoporphyrin, transferrin saturation, plasma zinc, hair zinc, and plasma copper. Mean weight loss was 10.8% on Diet 1 and 8.5% on Diet 2 ( $p=0.29$ ). Intakes of Fe, Zn, Cu and Ca decreased by 50%, 30%, 40%, and 9%, respectively. The change of serum ferritin was significantly greater in the group on Diet 1 ( $p=0.04$ ), in  $\geq 10\%$  of weight loss subjects ( $p=0.006$ ) and in patients with lower protein intake ( $p=0.033$ ). Others parameters studied, although tended consistently to present greater disturbances in subjects receiving the 1000 kcal/d diet, they did not reach statistical significance. The prescription of weight-reducing diets with 1000 y 1300 kcal/d did not produce major effects on the nutritional status of minerals during the first three months of treatment, except by the significant detriment of body iron stores in subjects receiving the 1000 kcal diet, as indicated by the changes of serum ferritin.

**Key words:** Obesity, low calorie diet, iron, zinc, copper, calcium.

infertilidad y algunos tipos de cáncer (3, 4). Más del 80% de las muertes ocasionadas por comorbilidades asociadas a la obesidad ocurren con un IMC  $\geq 30$  kg/m<sup>2</sup> (5). El tratamiento de la obesidad debe ser multidisciplinario, contemplando cambios en la dieta y actividad física, modificación conductual y cognitiva, apoyo farmacológico, y en casos especiales, tratamiento quirúrgico (6).

La dieta es uno de los componentes esenciales de las intervenciones para reducir el peso corporal. Para la elaboración de la prescripción dietética es fundamental considerar la ingesta nutricional, los requerimientos calóricos y las enfermedades asociadas. Lo más recomendado es aportar 500 kcal o más, bajo el gasto calórico total estimado para

mantener el peso actual (7), de esta manera se puede inducir una reducción de peso de aproximadamente de 0,5 a 1,0 kg por semana. La utilización de dietas de muy baja energía ( $\leq 800$  kcal /día) deben ser supervisadas estrictamente (8), y aunque generan mayores bajas de peso iniciales, no muestran diferencias a largo plazo en comparación con aquellas de mayor aporte calórico (8,9).

Las recomendaciones actuales sugieren una distribución calórica de 20%-25% de calorías como grasa, 61-67% de carbohidratos, 15-20% de proteínas y un aporte de fibra de 20-40 g/d (7). En cuanto a los minerales, las recomendaciones de ingesta diaria (RDA) en mg/día para mujeres de 18 a 50 años son: hierro 18, cinc 8, cobre 0,9, calcio 1000 (10). La elección apropiada de los alimentos es clave para determinar la calidad de una dieta. Cuando los individuos consumen alimentos de todos los grupos, es más probable que su dieta sea nutricionalmente adecuada, y una pobre elección de los alimentos puede resultar en niveles inadecuados de nutrientes (Ej. hierro, cinc, calcio) a pesar de una adecuada distribución de macronutrientes (11). Durante la pérdida de peso es necesario mantener una adecuada ingesta de vitaminas y minerales. Por ejemplo, se recomienda mantener una ingesta de calcio entre 1000 y 1500 mg/día, especialmente en mujeres con riesgo de osteoporosis, lo cual es aparentemente difícil de lograr con dietas normocalóricas, mas aún con dietas restrictivas (12)

La información de la literatura presenta evidencias claras del desarrollo de deficiencias de minerales con dietas de muy bajas calorías ( $< 800$  kcal/día) (13,14). Sin embargo la gran mayoría de las terapias proporcionan alrededor de 1200 kcal/día donde no existe suficiente información respecto al grado de déficit de micronutrientes. Dado que en la práctica habitual, en las terapias de reducción de peso que utilizan dietas con restricción moderada de energía, no es frecuente la indicación de suplementos vitamínicos y minerales, resulta de interés estudiar la potencial aparición de alteraciones relacionadas con deficiencias de minerales.

## MATERIALES Y METODOS

Participaron en el estudio 62 mujeres, entre 18 y 50 años (promedio  $33,2 \pm 8,3$  años), con un índice de masa corporal (IMC) entre 30 y 40 kg/m<sup>2</sup> (promedio  $34,6 \pm 3,4$ ), consultantes espontáneas del Centro para la Atención de Enfermedades Metabólicas del Departamento de Nutrición de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile (CEPAEM) y voluntarias de consultorios del área norte de Santiago de Chile, quienes dieron su aprobación mediante consentimiento informado antes de ingresar al estudio. El estudio fue aprobado por el Comité de Ética de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile.

El estudio constó de 2 grupos de intervención, con 31 pacientes cada uno. Las participantes del estudio fueron

sometidas a un plan de tratamiento para la reducción de peso durante tres meses, constituido por dos dietas estandarizadas: la primera con 1000 kcal por día denominada **Dieta 1**, la segunda con 1300 kcal diarias denominada **Dieta 2**, con el objetivo de lograr un amplio rango de déficit energético que pudiera representar una diferencia importante en el riesgo de deficiencias de minerales entre las pacientes con menor y mayor ingesta alimentaria. Ambas se diseñaron con una distribución de las calorías totales de 25% como grasas, 55% como carbohidratos y 20% como proteínas (7) y fueron indicadas en forma aleatoria según el orden de ingreso al proyecto, empezando con la dieta de 1000 kcal/día. La intervención nutricional se realizó en el CEPAEM en forma individualizada y en talleres grupales (10 personas por grupo) con charlas de educación alimentaria, enfatizando el valor nutricional de los alimentos y la elección adecuada de cada uno de los grupos de la pirámide nutricional chilena durante la dieta. Se les indicó también que durante el tiempo de intervención no podían consumir suplementos de vitaminas y minerales. Ambos grupos recibieron tratamiento farmacológico con Sibutramina (Ipogras®, Laboratorio Chile, Santiago, Chile) en dosis de 10 mg por día, vía oral para favorecer la mantención en el programa de tratamiento durante los 3 meses.

## Determinaciones

### Evaluación antropométrica y composición corporal

La evaluación antropométrica incluyó medición de peso (kg) utilizando una balanza digital SECA® (Vogel & Halke GMBH & Co, Alemania) con una variación de 100g, talla (m) con un estadiómetro adosado a la balanza con una variación de 0,1 cm, cálculo del índice de masa corporal (IMC: kg/m<sup>2</sup>), y medición de circunferencia de cintura (cm). Las mediciones se efectuaron en el CEPAEM, siempre por el mismo experimentado examinador, en cuatro oportunidades: al ingreso y al primer, segundo y tercer mes de tratamiento, usando técnicas estandarizadas.

Se determinó el porcentaje de masa grasa y masa libre de grasa con un bioimpedanciómetro tetrapolar de monofrecuencia (50 kHz), Biodynamics modelo 310 (Biodynamics Corp. Seattle, Washington, USA), en condiciones estandarizadas, al ingreso y al final del estudio (15). Se calculó el porcentaje de masa grasa (MG%), masa libre de grasa (MLG) y masa grasa en kilos, aplicando las fórmulas de Segal et al para mujeres obesas (16).

### Evaluación de la ingesta de energía y nutrientes

Para estimar la ingesta promedio de energía y nutrientes durante la etapa preintervención, y al cumplir el primer, segundo y tercer mes de intervención; se realizaron encuestas alimentarias de registro de 3 días, las que incluyeron 2 días

hábiles y un día de fin de semana (17). Estas fueron completadas por las pacientes luego de ser instruidas previamente por el investigador. Se consideraron todas las posibles fuentes de ingesta de nutrientes, tanto a través de alimentos como de suplementos. La información recolectada fue procesada mediante el programa de computación Food Processor (FP2) (ESHA Research, Salem, Or, USA). Se calculó la ingesta energética, de macronutrientes y de algunos minerales (Fe, Zn, Cu y Ca). Para evaluar el déficit calórico logrado por las pacientes durante el periodo de intervención se calculó el balance energético (BE) al 1º, 2º y 3º mes de intervención, determinando posteriormente el valor promedio.

El BE se calculó con la siguiente fórmula:

$$\text{BE (kcal/día)} = \text{gasto energético total (GET)} - \text{ingesta energética encuestada}$$

$$\text{GET (kcal/día)} = \text{gasto energético de reposo (GER)} \times 1,3^*$$

GER: valor calculado de acuerdo a lo publicado por Carrasco et al (18)

\* Factor actividad propuesto para personas sedentarias (19).

#### **Evaluación del estado nutricional de minerales**

La evaluación del estado nutricional del hierro, cinc y cobre, se realizó tomando una muestra de sangre total por punción venosa, después de un periodo de ayuno de doce horas, antes y después de tres meses de intervención. Se determinó hemoglobina, hematocrito, volumen corpuscular medio (VCM), ferritina sérica, hierro sérico, saturación de transferrina y cinc-protoporfirina (ZnPP), pre y post-tratamiento, según la metodología sugerida por INACG (20).

Para la evaluación nutricional de cinc se utilizó plasma, donde se determinó la concentración de cinc y la actividad de la fosfatasa alcalina (E.C.3.2.1.24) (21). Adicionalmente se tomó una muestra de pelo de la región occipital, reteniendo solo el centímetro más proximal para el análisis; las muestras fueron lavadas con detergente no iónico y luego sometidas a digestión húmeda de acuerdo al procedimiento de Clegg et al (22). Esto se realizó antes y después de tres meses de intervención. Se determinó el contenido de cinc por espectrofotometría de absorción atómica (23). El estado nutricional del cobre se evaluó determinando la concentración de cobre en plasma por espectrofotometría de absorción atómica (23,24).

Respecto al calcio no fue posible realizar determinaciones bioquímicas relacionadas con el estado nutricional, solo estuvo disponible la información de la ingesta dietética de este mineral mediante el uso de encuestas alimentarias al ingreso, 30, 60 y 90 días de tratamiento.

#### **Adherencia al tratamiento**

La adherencia, definida como la permanencia durante todo el periodo de estudio, alcanzó a un 88,7% de las participantes. Las 7 pacientes que abandonaron el protocolo tuvieron una baja adherencia a la dieta, tenían antecedentes de obesidad de larga data y de varios tratamientos previos.

#### **Análisis estadístico**

Para el análisis de los resultados del estudio, se realizaron análisis descriptivos, comparación de medias, ANOVA de 1 vía, ANOVA de muestras repetidas (ANOVA-MR), y análisis de regresión y correlación, según correspondía. Se utilizó el programa estadístico SPSS 10.0 (SPSS Inc., Chicago, Illinois, USA). Se consideró como significativo un valor de probabilidad < 0,05.

## **RESULTADOS**

#### **Antropometría y composición corporal**

Las características antropométricas y de composición corporal al ingreso, separadas según dieta indicada, se muestran en la Tabla 1. Las pacientes estudiadas se encuentran mayoritariamente en las categorías de obesidad clase I y clase II según la clasificación de la OMS (2), y no se observan diferencias significativas en los parámetros antropométricos evaluados entre ambos grupos de intervención. En cuanto a la composición corporal se observa que en promedio ambos grupos presentaron un porcentaje de masa grasa mayor al 40% al ingreso.

El análisis de varianza de muestras repetidas (ANOVA-MR) mostró que el peso, IMC y circunferencia de cintura se reducen significativamente durante el periodo de estudio en ambos grupos. Al comparar estas variables por grupo experimental, se observó una tendencia a mayores reducciones en el grupo con la Dieta 1, sin embargo, estas no alcanzaron significación estadística (Tabla 2).

La reducción de peso en el total de las mujeres estudiadas fue en promedio ( $\pm$  DE) de 9,6% del peso inicial ( $\pm$  4,3%). El 34% de las participantes tuvo una reducción de peso entre 5% y 9,9 %, y el 51% perdió un 10% o más del peso inicial al final de los tres meses de tratamiento. El cambio en la composición corporal después de este período ocurrió principalmente a expensas de masa grasa (MG), correspondiendo esta a un 70%  $\pm$  13,6% (36,1-97,6) y 68,6%  $\pm$  9,5% (51,8 -92,6) de la pérdida de peso, con la dieta 1 y 2, respectivamente.

TABLA 1  
Características antropométricas y de composición corporal de las pacientes al ingreso, según grupo de intervención

Parámetros	Dieta 1 (N=31)			Dieta 2 (N=31)			p
	Promedio	DE	Rango	Promedio	DE	Rango	
Talla (cm)	157,2	5,4	(143-169,5)	164,8	5,0	(148-172)	0,761
Peso (kg)	86,9	9,1	(71-104,8)	83,9	9,1	(65,7-106)	0,195
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	35,2	3,3	(29,5-41,2)	34,1	3,3	(29,6-41,7)	0,186
CC (cm)	103,8	7,6	(99-120)	100,5	8,7	(85-115)	0,121
MLG (kg)	49,6	4,3	(43,4-56,3)	48,5	3,9	(41,0-56,5)	0,161
MG (kg)	36,6	6,1	(27,3-49,2)	36,0	6,1	(26,7-49,5)	0,261
MG (%)	42,4	2,5	(37,7-46,9)	42,3	2,4	(38,5-46,7)	0,496

DE: desviación estándar; IMC: índice de masa corporal; CC: circunferencia de cintura; MLG kg: masa libre de grasa en kilos; MG kg: masa grasa en kilos; MG %: porcentaje de masa grasa.

TABLA 2  
Cambios en el peso y la composición corporal de las pacientes después de 3 meses, según grupo de intervención

Parámetros	Dieta 1 (N=28)			Dieta 2 (N=27)		
	Inicial	Final	Cambio*	Inicial	Final	Cambio*
Peso (kg)	86,4 ± 9,3	77,6 ± 8,3	-8,8 ± 4,0	84,4 ± 9,6	76,8 ± 9,3	-7,7 ± 3,9
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	34,9 ± 3,4	31,4 ± 3,3	-3,5 ± 1,5	34,3 ± 3,5	31,2 ± 3,4	-3,1 ± 1,5
CC (cm)	103,3 ± 7,8	94,3 ± 8,0	-9,0 ± 5,2	100,6 ± 9,3	92,7 ± 8,3	-7,9 ± 4,0
MLG (kg)	49,7 ± 4,2	46,7 ± 3,7	-3,0 ± 2,2	48,3 ± 3,9	45,9 ± 3,7	-2,4 ± 1,5
MG (kg)	37,3 ± 5,7	30,9 ± 5,2	-6,4 ± 2,5	36,1 ± 6,0	30,8 ± 6,0	-5,2 ± 2,5
MG (%)	42,7 ± 2,3	39,6 ± 2,8	-3,1 ± 1,5	42,5 ± 2,5	39,9 ± 3,2	-2,7 ± 1,5

Promedio ± desviaciones estándar.

N= tamaño de la muestra incluye solamente a las pacientes que completaron el estudio.

IMC: índice de masa corporal; CC: circunferencia de cintura; MLG kg: masa libre de grasa en kilos; MG kg: masa grasa en kilos; MG %: porcentaje de masa grasa. \* Todos los cambios con p<0,001.

### Ingesta energética y macronutrientes

Los cambios en la ingesta de energía y macronutrientes se presentan en la Tabla 3. A pesar de la indicación de 1000 kcal/día para el grupo de la Dieta 1 y 1300 kcal/día para el grupo de la Dieta 2, la ingesta energética, tanto en valores absolutos como relativos (kcal/kg y balance energético), no muestra diferencia estadísticamente significativa entre ambos grupos durante la intervención. La ingesta de energía encuestada al 3° mes de intervención fluctuó entre 5,0 y 33,2 kcal/kg/día en el grupo de la Dieta 1 (balance energético o BE: -1502 a +684 kcal/día) y entre 8,5 y 25,9 kcal/kg/día en el grupo de la Dieta 2 (BE: -1412 a +145 kcal/día). El balance energético promedio (BE 1°, 2° y 3° mes) del total de las pacientes (Dieta 1 más Dieta 2) fue de -729 ± 354 kcal/día (-25 a -1384 kcal/día). No se encontró diferencia significativa, entre los grupos de intervención, en la proporción de macronutrientes en ningún momento del seguimiento.

TABLA 3  
Ingesta diaria de energía y macronutrientes al ingreso y durante el tratamiento en ambos grupos de intervención

	Ingreso	Mes 3	Diferencia final-inicial	P <
<b>Dieta 1 N= 28</b>				
G (%)	26,1 ± 4,5	29,4 ± 6,1	3,2 ± 6,5	0,05
HC (%)	58,7 ± 7,0	51,9 ± 5,7	-6,8 ± 7,5	0,001
P (%)	13,9 ± 2,1	18,0 ± 4,9	4,1 ± 5,2	0,001
Energía kcal/día	2375 ± 631	1176 ± 411	-1200 ± 634	0,001
kcal/kg/día	27,8 ± 8,2	15,5 ± 6,4	-12,3 ± 7,6	0,001
BE (kcal/día)	321 ± 654	-670 ± 500	-991 ± 638	0,001
<b>Dieta 2 N= 27</b>				
G (%)	29,0 ± 6,7	29,6 ± 5,4	0,6 ± 8,3	NS
HC (%)	56,0 ± 8,6	51,3 ± 5,6	-4,2 ± 8,5	0,005
P (%)	15,2 ± 4,6	19,0 ± 4,1	3,8 ± 5,3	0,05
Energía kcal/día	2445 ± 1024	1300 ± 349	-1144 ± 102	0,001
kcal/kg/día	29,3 ± 12,9	17,2 ± 4,9	-12,1 ± 12,2	0,001
BE (kcal/día)	437 ± 1059	-525 ± 418	-962 ± 1005	0,001

Todos los resultados como promedio ± desviación estándar

N= tamaño de la muestra incluye solamente a las pacientes que completaron el estudio. G = grasa; HC = hidratos de carbono; P = proteínas

### Ingesta de minerales

En la Tabla 4 se presenta la ingesta diaria de micronutrientes (Fe, Zn, Cu y Ca). Estos valores contemplan todas las formas de ingesta de minerales, es decir alimentos y suplementos. El consumo de hierro, cinc y cobre disminuyeron significativamente en ambos grupos durante el periodo de intervención. El consumo de hierro preintervención estuvo cercano al 100% de las recomendaciones de ingesta diaria (RDA) (10) para ambos grupos; a los tres meses de iniciado el tratamiento dietético, la

ingesta de este mineral se redujo alrededor de un 50%, siendo significativamente menor en el grupo 1. Si bien la ingesta de cinc y cobre también disminuyó luego de la intervención, su reducción fue menor comparada con la de hierro y se mantuvo cercana a las RDA, sin observarse diferencias significativas entre grupos. El consumo de calcio en ambos grupos preintervención fue cercano al 50% de las RDA y se mantuvo con mínimas variaciones después de la intervención.

TABLA 4  
Ingesta diaria de minerales al ingreso y durante el tratamiento en ambos grupos de intervención

	Ingreso*	Ingreso**	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Diferencia final-inicial
<b>Dieta 1</b>						
n	31	28	31	29	28	28
Fe (mg)	17,1 ± 5,4	16,6 ± 5,0	8,3 ± 3,3	8,2 ± 2,5	8,3 ± 3,2	-8,3 ± 6,5
Zn (mg)	10,8 ± 4,0	10,6 ± 3,7	6,6 ± 3,6	5,9 ± 1,8	6,9 ± 2,0	-3,5 ± 4,2
Cu (mg)	1,49 ± 0,50	1,46 ± 0,46	0,77 ± 0,26	0,78 ± 0,22	0,76 ± 0,29	-0,69 ± 0,53
Ca (mg)	608 ± 279	540 ± 287	476 ± 263	464 ± 274	480 ± 209	-60 ± 375
<b>Dieta 2</b>						
n	31	27	29	28	27	27
Fe (mg)	16,2 ± 6,0	16,5 ± 6,3	9,0 ± 3,4	9,9 ± 3,8	10,4 ± 3,7	-6,1 ± 6,7
Zn (mg)	10,3 ± 3,8	10,3 ± 4,1	7,5 ± 3,0	7,3 ± 3,7	7,8 ± 2,3	-3,3 ± 5,8
Cu (mg)	1,40 ± 0,46	1,42 ± 0,49	0,78 ± 0,27	0,90 ± 0,49	0,88 ± 0,28	-0,53 ± 0,60
Ca (mg)	595 ± 280	602 ± 287	533 ± 272	463 ± 238	643 ± 294	39 ± 324

Todos los resultados como promedio ± desviación estándar.  
n= tamaño de la muestra

\* Todas las pacientes que ingresaron

\*\*Incluye solamente a las pacientes que se mantuvieron hasta el final del estudio

ANOVA muestras repetidas

Fe = hierro; Factor: tiempo  $p < 0.001$ ; tiempo x dieta  $p = N.S.$

Zn = cinc; Factor: tiempo  $p < 0.001$ ; tiempo x dieta  $p = N.S.$

Cu = cobre; Factor: tiempo  $p < 0.001$ ; tiempo x dieta  $p = N.S.$

Ca = calcio; Factor: tiempo  $p = NS$ ; tiempo x dieta  $p = N.S.$

### Parámetros de evaluación del estado nutricional de hierro

El ANOVA de muestras repetidas de los resultados de hemoglobina, hematocrito y volumen corpuscular medio, no mostró efectos del tiempo de tratamiento ni del tipo de dieta. La saturación de transferrina, al igual que cinc-protoporfirina se incrementó en el tiempo pero sin mostrar diferencia por grupo experimental. La ferritina sérica presentó una disminución importante en la Dieta 1, manteniéndose prácticamente sin modificación en la Dieta 2, de tal manera que al analizar los cambios totales en el periodo experimental, se aprecia una diferencia significativa entre grupos. La comparación del efecto del tratamiento (diferencia mes 3- mes 0) por grupo de los indicadores de nutrición de hierro se presenta en la Figura 1.

En el grupo total de pacientes el déficit de energía, expresado como promedio de balance energético, y la ingesta energética al 3° mes (kcal/kg/día), no se correlacionó con la variación porcentual en los niveles de ferritina sérica ni con el cambio en la ingesta de hierro en la dieta.

### Parámetros de evaluación del estado nutricional de cinc y cobre

El ANOVA de muestras repetidas mostró que la concentración de cinc plasmático, cinc en pelo, actividad de la fosfatasa alcalina y cobre plasmático no presentan cambios significativos durante el tiempo de tratamiento ni tampoco efectos por grupo. La comparación del efecto del tratamiento (diferencia mes 3- mes 0) por grupo se presenta en la Figura 2.

FIGURA 1

Cambio (final – inicial) de los parámetros de evaluación de hierro en ambos grupos de intervención

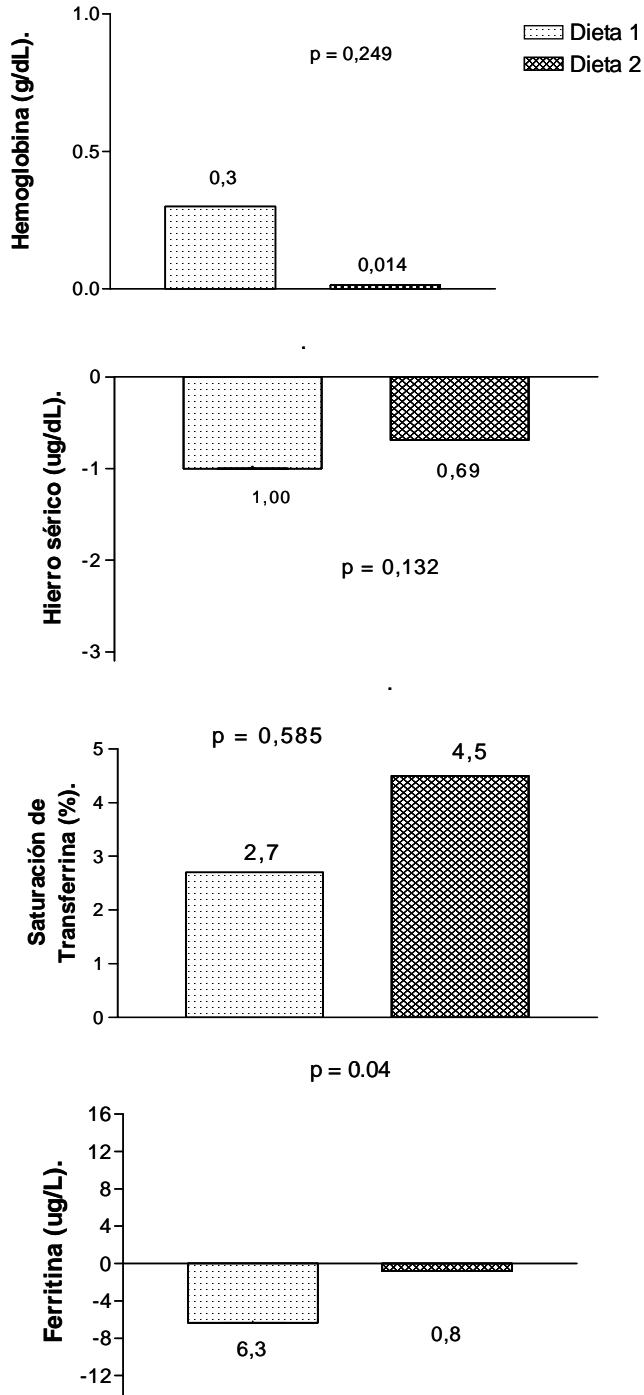
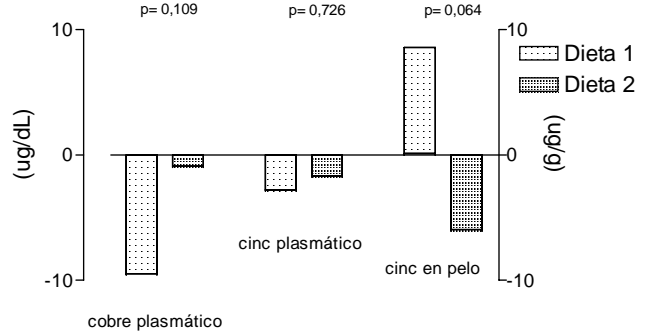


FIGURA 2

Cambio (final - inicial) de los parámetros de evaluación de cinc y cobre en ambos grupos de intervención



Al considerar a las pacientes como un solo grupo, el promedio de balance energético no se correlacionó con la variación en los niveles plasmáticos de cinc o cobre, ni con los cambios en la ingesta de estos minerales en la dieta.

**Pérdida de peso y parámetros de evaluación nutricional de minerales**

El porcentaje de pérdida de peso se asoció en forma significativa con la disminución de ferritina sérica (p=0,006), sin embargo, esto no ocurrió en relación a hemoglobina (p=0,542), cinc plasmático (p=0,699), cinc en pelo (p=0,433) y cobre plasmático (p=0,070).

También se observó una asociación significativa entre una mayor reducción en los niveles de ferritina sérica y una menor ingesta proteica, medida como porcentaje de la ingesta de energía (p=0,020), gramos de proteínas por kilo de peso (p=0,049) y gramos de proteína por día (p= 0,033). Sin embargo, no se encontró asociación significativa respecto de la ingesta de hierro (p=0,230).

Al considerar a las pacientes como un solo grupo y comparar a aquellas que perdieron mas del 10% con las que perdieron menos del 10% del peso corporal inicial, se encontró que las pacientes que redujeron mas del 10% de su peso tuvieron mayores cambios en la concentración de ferritina sérica (p=0,006), menor ingesta de hierro (p=0,020), cinc (p=0,049) y cobre (p=0,033), sin encontrarse diferencias significativas en la ingesta de calcio ni en otros parámetros de laboratorio, al comparar con las mujeres que perdieron menos del 10% del peso inicial.

Al término del periodo de seguimiento sólo 2 pacientes presentaron anemia, un caso en la Dieta 1 y el otro caso en la Dieta 2, con valores de hemoglobina de 11,1 y 11,7 g/dL, respectivamente. En el primer caso la ferritina sérica se redujo de 20,6 a 6,6 ug/L, y la segunda paciente presentó un descenso de 46,5 a 35,9 ug/L en este parámetro. La reducción de peso en relación al peso inicial fue de 9,3% y 11,4%, respectivamente.

## DISCUSION

Se ha demostrado que dietas con una gran restricción de energía ( $\leq 800$  kcal/día), producen déficit de micronutrientes y deben ser supervisadas estrictamente (13,14), ya que pueden provocar una rápido deterioro del estado nutricional del hierro en las primeras 12 semanas de tratamiento (13) y disminución en los niveles de cinc plasmático, entre otros (25). Sin embargo, los potenciales efectos deletéreos de la dieta con restricción moderada, en el rango de 1000 a 1500 kcal/día, son menos conocidos.

### Cambios en el peso y composición corporal

Durante los tratamientos de reducción de peso, una de las metas es lograr una reducción del 10% en un lapso de 6 meses (26), lo cual mejoraría la glicemia, reduciría la presión arterial y los niveles de colesterol sanguíneo (27, 28). En este estudio el 34,5% de las pacientes tuvo una reducción entre el 5 y 9,9% y un 51% una reducción igual ó mayor al 10% en tres meses, lo cual se considera un resultado exitoso dentro del manejo de obesidad, al menos en el corto plazo. El perímetro de cintura, el cual se asocia a riesgo de enfermedad cardiovascular (29), también tuvo una reducción significativa, al igual que el resto de parámetros antropométricos.

Para el diagnóstico de obesidad según adiposidad, se usan como puntos de corte un porcentaje de masa grasa  $\geq 25\%$  en hombres, o  $\geq 30\%$  en mujeres (30,31). Todas las pacientes del estudio se encontraban sobre este valor con un porcentaje promedio mayor al 40% de masa grasa en ambos grupos. Luego de la intervención aproximadamente un 70% de la reducción de peso fue a expensas de masa grasa, con una baja pérdida de masa libre de grasa en ambos grupos. Estos cambios coinciden con los observados comúnmente en pacientes que se someten a dietas con restricción moderada de energía, al contrario de los cambios de composición corporal con mayor pérdida de masa libre de grasa que se observan durante el uso de dietas de muy baja energía (7,14).

### Variaciones en la ingesta de macronutrientes

El balance energético positivo, mostrado en las encuestas preintervención en ambos grupos, explicaría el desarrollo y mantenimiento de su obesidad. Durante la intervención la ingesta energética se redujo significativamente, alcanzando un déficit de  $\sim 1000$  kcal/día en ambos grupos.

Aunque el consumo de proteínas disminuyó alrededor de 30g/día en ambos grupos debido a la restricción alimentaria, el porcentaje de contribución de calorías proteicas a la ingesta energética total aumentó después de la intervención de 13% a 17% y de 14% a 19%, para la Dieta 1 y 2, respectivamente.

Las dietas muy bajas en grasas pueden ser deficitarias en vitaminas E, B<sub>12</sub> y cinc, por otro lado, las dietas altas en grasas y bajas carbohidratos tienden a aportar menos tiamina,

vitamina B6, ácido fólico, calcio, hierro, y generalmente requieren suplementación (11). En nuestro estudio la ingesta de grasas estuvo en el rango de 20% a 35% de las calorías totales en ambos grupos.

Con respecto a los hidratos de carbono, al evaluar tres dietas con diferente aporte de carbohidratos Alford et al, concluyeron que la pérdida de peso se debe a la restricción calórica total, mas que a la distribución de los macronutrientes (32). Durante nuestro estudio, el aporte de carbohidratos cambió significativamente post-intervención en ambos grupos, pero no entre dietas, con un consumo en promedio mayor al 50% de las calorías totales durante todo el tratamiento.

### Cambios en la ingesta de minerales

En nuestro estudio, se encontró que la ingesta preintervención promedio de los minerales estudiados en relación a las RDA para ambos grupos fue 92,2% para hierro, 132% para cinc, 161% para cobre y 57% para calcio. Esto indica que el grupo de estudio no estaba en riesgo de deficiencia por bajo consumo de minerales, excepto para el calcio, concordando con datos encontrados en diferentes estudios en el resto del país (33, 34).

Luego de la intervención, la ingesta de los minerales estudiados se redujo en forma importante. La ingesta de hierro disminuyó drásticamente al  $\approx 52\%$  de la RDA. La ingesta de cinc se redujo a un  $\approx 92\%$  de las RDA, y el cobre a un 91% de las RDA, mostrando que a pesar de la importante restricción calórica, el consumo de alimentos en ambos grupos proveía una cantidad relativamente adecuada de estos dos minerales. La ingesta de calcio bajó del 57% al 52% de las RDA. En este caso el consumo no varió en forma significativa respecto del ingreso a pesar de la restricción energética, reforzando que el bajo consumo de calcio fue debido a malos hábitos alimentarios más que a la restricción calórica.

### Cambios del estado nutricional de hierro

En un estudio realizado comparando parámetros de evaluación de hierro entre mujeres obesas y no obesas en edad fértil, se encontró que la hemoglobina, hematocrito, ferritina sérica y capacidad total de fijación de hierro, fueron significativamente mas altos en las obesas que en mujeres con peso normal, con un menor riesgo de anemia en obesas por una mayor ingesta de hierro (35).

En nuestro estudio el promedio de hemoglobina preintervención para el grupo de la Dieta 1 fue 13,3 g/dL y 13,5 g/dL para la Dieta 2, lo que caracterizó al grupo de estudio como en bajo riesgo de anemia. Al final del tratamiento, aunque los valores de la concentración de hemoglobina aumentaron levemente, estos cambios no mostraron significación estadística entre grupos, ni tampoco se relacionaron con la magnitud del peso perdido. El hematocrito

también presenta un mínimo cambio (no significativo) en ambos grupos al final del tratamiento. El volumen corpuscular medio tampoco mostró cambios significativos.

En las anemias por deficiencia nutricional de hierro, el hierro sérico y la saturación de transferrina bajan, mientras que la TIBC aumenta (36). En esta investigación se encuentran disminuidos los valores de hierro sérico en ambos grupos, lo que no alcanzan a presentar una significación estadística, lo mismo ocurre con la TIBC. La saturación de transferrina baja en anemias por déficit de hierro y la ZnPP aumenta. En relación a estos factores, los resultados de nuestra investigación mostraron tendencia, con aumento de saturación de transferrina y disminución de ZnPP, pero sin significación estadística entre grupos tampoco se asocia con estos cambios a la magnitud de la pérdida de peso.

Un indicador de depósitos corporales de hierro de amplio uso es la concentración de ferritina sérica, esta mostró estar afectada significativamente en el grupo de la Dieta 1, no así en el grupo con menor restricción calórica (Dieta 2). Se observó también una asociación significativa entre menor concentración de ferritina sérica con pérdida de peso =10% y las que presentaron menor ingesta proteica. Esto sugiere que las pacientes que mantengan dietas con 1000 kcal/día a largo plazo y que pierden más peso en este período, debieran ser vigiladas de cerca por la posibilidad de desarrollo de otras deficiencias.

En resumen a pesar de la baja ingesta dietética de hierro inducida por los tratamientos, los parámetros de evaluación de este mineral prácticamente no se modificaron. Una de las explicaciones para este comportamiento podría ser el mayor consumo de frutas y verduras durante la intervención, las que contienen mayor cantidad de vitamina C que favorece la absorción de hierro y puede revertir el efecto inhibitorio del te, calcio y fosfato. Por otro lado el mayor pool de hierro de una dieta habitual proviene del hierro no hem, siendo la vitamina C un factor que incrementa fuertemente su absorción (37,38). Al inicio del estudio el consumo de vitamina C fue del orden de 5 mg por cada mg de hierro ingerido, al tercer mes esta proporción se elevó a 7 mg (datos no mostrados en tablas).

### **Cambios del estado nutricional de cinc y cobre**

La concentración de cinc plasmático es el indicador bioquímico más usado para evaluar el estado del cinc. Las concentraciones de este mineral están sujetas a un elevado número de factores endógenos y exógenos que pueden modificar su valor (39). En efecto, una disminución marginal del estado del cinc puede mostrar valores bajos o normales de cinc plasmático, de esta manera cifras normales de cinc circulante no necesariamente excluyen deficiencia (36), por lo que la interpretación de sus resultados debe ser cautelosa.

En un estudio realizado en niños obesos tratados con 2

dietas hipocalóricas por 13 semanas, con aportes del 60% y 25% de las RDA de energía para edad y sexo, respectivamente, no se observaron modificaciones con respecto a ferritina sérica, hierro sérico, saturación de transferrina y cobre plasmático, pero se produjo un aumento en el cinc plasmático (40). En otro estudio realizado con dietas de muy baja energía (700 kcal/día) en adultos, se observó una disminución significativa en el cinc plasmático (25). Contrariamente, en una investigación realizada en mujeres obesas, sometidas a un programa de reducción de peso basada en dos dietas hipocalóricas balanceadas por 6 meses, se encontró que las concentraciones plasmáticas de cinc fueron significativamente más altas al final del programa (41). En nuestro estudio la concentración de cinc plasmático prácticamente no se modificó en ambos grupos luego de la intervención.

La evidencia disponible sugiere que la baja concentración de cinc en pelo, tal vez refleje un mal estado nutricional crónico. El cinc en pelo puede disminuir en primavera y verano y ser mayor en invierno, es mayor en hombres por efecto de la testosterona y la hormona del crecimiento (36). Este estudio fue realizado prácticamente en su totalidad durante el período de verano, por lo cual los cambios estacionales no deberían haber afectado los resultados. En la presente investigación, los valores de cinc en pelo aumentaron levemente en la Dieta 1 y disminuyeron levemente en la Dieta 2, estas variaciones no son significativas entre los grupos, ni tampoco se relacionan con la magnitud de la pérdida de peso.

La actividad de la fosfatasa alcalina (metaloenzima dependiente de cinc), es la más estudiada para determinar el estado nutricional del cinc, se afecta principalmente durante el uso de dietas con muy poco aporte de este mineral (36). Los resultados encontrados en nuestro trabajo, mostraron una leve disminución de la actividad de la fosfatasa alcalina en ambos grupos los cuales no son significativos entre grupos.

La concentración de cobre plasmático es un marcador confiable en los casos de deficiencia severa de cobre, sin embargo, en los estados marginales es menos sensible. Así mismo, la suplementación con cobre no incrementa el cobre sérico por que las concentraciones están bajo un estricto control homeostático. Su concentración suele estar alterada sobre todo en el embarazo, en donde aumenta al doble, constituyendo así una de las modificaciones plasmáticas más llamativas (36,42). En un estudio realizado en mujeres obesas, estas presentaron mayores niveles de ceruloplasmina, cobre plasmático, cinc plasmático y actividad de la superóxido dismutasa que las mujeres con peso normal (43).

Si bien en el presente estudio la concentración de cobre disminuyó en ambos grupos, la diferencia tendió a ser mayor en el grupo de la Dieta 1, pero sin alcanzar significación estadística. El hecho de que los parámetros para evaluación nutricional de cinc y cobre no tengan variación significativa puede deberse principalmente a que si bien efectivamente hubo

una disminución importante en la ingesta de cinc y cobre luego de la prescripción de las dietas, el valor final de la ingesta de estos minerales se mantuvo muy cercano a las RDA.

### Parámetros de evaluación del estado nutricional del calcio

En nuestro grupo de estudio en la etapa preintervención y posterior a ella, el consumo de calcio fue menor a las recomendaciones en un 40% aproximadamente para ambos grupos; y aunque una de las limitaciones en este estudio fue el hecho de no disponer de exámenes de laboratorio para evaluación de calcio (biomarcadores de reabsorción ósea) (44) o al período de estudio (densitometría ósea) (36), claramente las participantes de esta investigación se pueden identificar como grupo en riesgo para desarrollar enfermedades osteodegenerativas por un bajo consumo de calcio, a pesar de su ingesta energética total.

Es relevante considerar el papel del calcio en obesidad ya que en varios estudios se ha demostrado el efecto antiobesidad del calcio dietético, una mayor ingesta de calcio 1000 mg/día independiente de la ingesta energética total, favorecen a la pérdida de peso por una inhibición en la acción de la 1,25 dihidroxivitamina D, la cual estimula el almacenaje de triglicéridos en los adipositos y promueve la obesidad (45). En otra investigación se observó que las mujeres obesas presentan una mejor mineralización ósea que mujeres con peso normal y por lo tanto tendrían menor riesgo de desarrollar osteoporosis (46).

### CONCLUSIONES

En conclusión, la indicación de dietas con 1000 y 1300 kcal/día para reducción de peso en mujeres obesas, no produjo en general déficit en el estado nutricional de minerales durante los 3 meses de tratamiento, periodo que habitualmente representa la mayor adherencia a los tratamientos de reducción de peso, excepto la reducción de ferritina sérica en el grupo con indicación de 1000 kcal/día. La reducción en los niveles de ferritina sérica, se asoció además a un mayor porcentaje de pérdida de peso y a menor ingesta proteica.

Son necesarios estudios durante un período de tiempo mas prolongado, para poder identificar la potencial necesidad de suplementación de minerales, cuando se indiquen dietas con restricción energética moderada.

### AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue parcialmente financiado por el Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología de Chile Proyecto FONDECYT 1040765.

Se agradece la colaboración del Laboratorio Chile, quien proporcionó la Sibutramina utilizada en este estudio.

### REFERENCIAS

1. Ministerio de Salud de Chile, Primera encuesta nacional de salud 2003. <http://epi.minsal.cl> (consultado el 17 de agosto de 2005).
2. World Health Organization, obesity preventing and managing the global epidemic. Report of the WHO consultation on Obesity. Geneva June 3-5;1997. Geneva WHO, 1998.
3. Manson JE, Willet WC, Stampfer MJ, et al. Body weight and mortality among women. *N Engl J Med* 1995; 333: 657-85.
4. Shaper G, Wanamethee G, Walker M. Body weight: implications for the prevention of coronary heart disease, stroke, and diabetes mellitus in a cohort study of middle aged men. *Br Med J* 1997; 314: 1311-1317.
5. Arone L J. Epidemiology, morbidity and treatment of overweight and obesity. *J Clin Psychiatry* 2001; 67 (Suppl. 23): 13 -22.
6. Cuevas A, Reyes S. Lo último en diagnóstico y tratamiento de la obesidad. ¿Hay lugar aún para la terapia conservadora?. *Rev Med Chile* 2005; 133: 713-722.
7. Expert panel on identification, evaluation, and treatment of overweight and obesity in adults. The practical guide, identification, evaluation and treatment of overweight and obesity in adults. Bethesda, MD. National Heart Lung, and Blood Institute. Obesity Education Initiative, 2002.
8. National Task Force on the prevention and treatment of obesity, National Institutes of Health. Very low calorie diets. *JAMA* 1993; 270: 965-974.
9. Powell JJ, Tucker L, Fisher AG, Wilcox K. The effects of diferent percentages of dietary fat intake, exercise and calorie restriction on body composition and body weight in obese females. *Am J Health Promot* 1994; 8: 442-448.
10. Food and Nutrition Board, Institute of Medicine, National Academy of Sciences. Dietary intakes, recommended intakes for individuals, elements. Washington DC: National Academy Press, 2001.
11. Freedman Mr, King J, Kennedy E. Popular Diets: a scientific review. *Obes Res* 2001; 9 (Suppl. 1): 1-40.
12. NIH Consensus conference. Optimal calcium intake. NIH consensus development panel on optimal calcium intake. *JAMA* 1994; 272: 1942-1948.
13. Beard J, Borel M, Peterson J . Changes in iron status during weight loss with very-low-energy diets. *Am J Clin Nutr* 1997; 63:104-110.
14. Foster G, Wadden T, Petersen F, et al. A controlled comparison of three very low calorie diets: effects on weight, body composition, and symptoms. *Am J Clin Nutr* 1992; 55: 811-817.
15. Deurenberg P. Multi-frequency impedancy as a measure of body water. In body composition techniques in health and disease. Davies PSW & Cole TJ (Eds). Cambridge University Press 1995.
16. Segal K, VanLoan M, Fitzgerald P, et al. Lean body mass estimation by electrical impedance analysis a four-site cross-validation study. *Am J Clin Nutr* 1989; 50 (suppl. 2): 255-260.
17. Rebolledo A. Encuestas Alimentarias. *Rev Chil.Nutr* 1998; 25: 28-34.

18. Carrasco F, Reyes E, Nuñez C, et al. Gasto energético de reposo medido en obesos y no obesos: comparación con la estimación por fórmulas y ecuaciones propuestas para población chilena. *Rev Med Chile* 2002; 130: 51-60.
19. Bray GA. Nutrition, diet, and overweight. En: Bray GA. (Ed). *Contemporary diagnosis and management of obesity*. Pennsylvania, USA. Editorial Handbooks in Health Care Co.; 1998. pp. 192-224.
20. International Anemia Consultative Group (INACG). *Measurements of iron status*. Washington: Nutrition Foundation 1985: 35-60.
21. Sigma diagnostics. Procedure 104 for the determination of plasma alkaline phosphatase (E.C.3.2.1.24). Sigma Chemical Co. St Louis, MO. USA.
22. Clegg M, Keen C, Lonnerdal B, Hurley L. Influence of ashing techniques on the analysis of trace elements in animal tissue. I. Wet ashing. *Biol Trace Elem Res* 1981; 3: 107-115.
23. Smith Jr JC, Butrimovitz GP, Purdy WC. Direct measurement of zinc in plasma by atomic absorption spectroscopy. *Clin Chem* 1979; 25: 1487-1491.
24. Turnlund JR. Copper. In: Shils ME, Shike M, Ross AC, Caballero B, Cousins RJ (Eds). *Nutrition in Health and Disease*. 10<sup>th</sup> ed. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins; 2005. p 287-299.
25. Di Martino G, Matera M, De Martino B, et al. Relationship between zinc and obesity. *J Med* 1993; 24: 177-183.
26. Executive summary of the clinical guidelines. Evaluation and treatment on overweight and obesity. *J Am Diet Assoc* 1998; 1178-1191.
27. Goldstein DJ. Beneficial Health effects of modest weight loss. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1992; 16: 397-415.
28. Reinsin E, Abel R, Modam M. Effect of weight loss without salt restriction on the reduction of blood pressure in overweight hypertensive patients. *N Engl J Med* 1978; 298: 1-6.
29. Lapidus L, Bengtsson C, Larsson B, et al. Distribution of adipose tissue and risk of cardiovascular disease and death: 12 years of follow up of participants in the population study on women in Gothenburg, Sweden. *Br Med J* 1984; 289: 1617-1641
30. Baumgartner RN, Heymsfield SB, Roche AF. Human body composition and the epidemiology of chronic disease. *Obes Res* 1995; 3: 73-95.
31. Frankenfield DC, Rowe WA, Cooney RN, et al. Limits of body composition to detect obesity and predict body composition. *Nutrition* 2001; 17: 26-30.
32. Alford BB, Blankenship AC, Hagen RD. The effects of variations in carbohydrate, protein, and fat content of the diet upon weight loss, blood values, and nutrient intake of adult obese woman. *J Am Diet Assoc* 1990; 90: 534-40.
33. Pizarro F, Olivares M, Kain J, et al. Hierro y zinc en la dieta de la población de Santiago. *Rev Chil Nutr* 2005; 32; (supl 1): 19-27.
34. Castillo O, Rozowski J, Jadue L, et al. Hábitos alimentarios de la población de Valparaíso: encuesta de base Carmen. *Rev Med Chile* 1999; 127: 996-1003.
35. Fricker J, Le Moel J, Apfelbaum M. Obesity and iron status in menstruating woman. *Am J Clin Nutr* 1990; 52: 863-866.
36. Gibson RS. Assessment of iron, zinc and copper status. In: *principles of nutritional assessment 2<sup>nd</sup> edition*, New York; Oxford University Press 2005; pp. 443-723.
37. Vera G. Calcio, fósforo, magnesio y hierro. En Ruz M, Araya H, Atalah E, Soto D. (Eds): *Nutrición y Salud*, Santiago: Editorial Caupolicán 1996; pp. 83-102.
38. Lynch SR, Cook JD. Interaction vitamin C and Iron. *Ann N Y Acad Sci* 1980; 361: 32-44.
39. Ruz M. Zinc, cobre, selenio y yodo. En: Ruz M, Araya H, Atalah E, Soto D. (Eds), *Nutrición y Salud*, Santiago: Editorial Caupolicán 1996, pp. 103-118.
40. Di Toro A, Marotta A, Todisco N, et al. Unchanged iron and copper and increased zinc in the blood of obese children after two hypocaloric diets. *Biol Trace Element Res* 1997; 57 (suppl. 2): 97-104.
41. Ishikawa Y, Kudo H, Kagoua Y, et al. Increased plasma levels of zinc in obese adult females on a weight-loss program based on a hypocaloric balanced diet. *In Vivo* 2005; 19: 1035-1037.
42. Balcells A. Exámenes de sangre, Hematología clínica. En Balcells A. (Ed). *La Clínica y el Laboratorio*, México: Editorial Masson S.A 1997; pp. 149-163.
43. Tungtrongchitr R, Pongpaew P, Phonrat B, et al. Serum copper, zinc, ceruloplasmin and superoxide dismutase in Thai overweight and obese. *J Med Assoc Thai* 2003; 86: 543-551.
44. Shapses S, Von thun N, Heymsfield S, et al. Bone turnover and density in obese premenopausal women during moderate weight loss and calcium supplementation. *J Bone Miner Res* 2001; 16: 1329-1336.
45. Zemel MB. Calcium modulation of hypertension and obesity: mechanisms and implications. *J Am Coll Nutr*; 2001; 20 (suppl. 5): 428-435
46. Van Loan MD, Johnson HL, Barbieri TF. Effect of weight loss on bone mineral content and bone mineral density in obese woman. *Am J Clin Nutr*. 1998; 67: 734-738.

Recibido: 14-11-2006

Aceptado: 18-08-2007

## Estado nutricional en niños preescolares que asisten a un jardín de infancia público en Valencia, Venezuela

*Sara Irene del Real, Armando Sánchez Jaeger, María Adela Barón, Nayka Díaz, Liseti Solano, Emma Velásquez, Jesús López*

Centro de Investigaciones en Nutrición "Dr. Eleazar Lara Pantin", Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad de Carabobo

**RESUMEN.** A fin de evaluar el estado nutricional en un grupo de preescolares que asisten a un jardín de infancia público en Valencia, Venezuela (2002), se indagó el estrato social, las variables antropométricas; peso, talla y circunferencia del brazo, la hemoglobina, el retinol sérico, la presencia de parasitosis y el consumo de alimentos, así como el nivel educativo materno. Se utilizó el programa SPSS versión 11.0 y las pruebas t de Student, ANOVA de una vía, Post Hoc de Bonferroni y Fisher ( $p < 0,05$ ). Se presentó un predominio del sexo femenino (52%). Según el estrato social 23,3% se ubicó en clase media y 76,8% en algún nivel de pobreza. El 60% de las madres de clase media habían terminado su educación secundaria y sólo el 9,8% de las madres en pobreza alcanzaron este nivel. Se observó según valores Z (T/E, P/T y CMB/T) altos porcentajes por debajo de -1,00 (27,3%, 25,6% y 24,5% respectivamente). El P/T y la CMB/T de los hijos de madres universitarias presentaron diferencias al compararlos con los hijos de madres con nivel de educación primaria. Se presentó un 25,9% de anemia y hubo diferencias entre los grupos anémicos y no anémicos para T/E y CMB/T. Se observaron protozoarios en 61,0%, helmintos en 16,9% y la presencia de ambos en 22,1%. Se encontró 2,6 veces mayor riesgo de presentar déficit nutricional para CMB/T en el grupo parasitado. Se encontró un consumo adecuado de energía y hierro, con consumo excesivo de proteínas y vitamina A. Se concluye que existe riesgo nutricional evaluado a través de los parámetros hematológicos, la presencia de parasitosis y el estrato social.

**Palabras clave:** Antropometría, anemia y preescolares venezolanos.

### INTRODUCCION

El riesgo de déficit nutricional se presenta con mayor frecuencia en las edades pediátricas, siendo el bajo peso, la falta de crecimiento y la anemia algunas de sus principales manifestaciones. Entre los factores que se han relacionado a este riesgo se mencionan la presencia de infecciones tipo parasitosis, un consumo deficiente de alimentos e inadecuadas condiciones socioeconómicas (1).

**SUMMARY.** Nutritional status in preschoolers attending a public day-care center in Valencia, Venezuela. With the purpose of evaluating nutritional status in a group of preschoolers attending a public day care center in Valencia, Venezuela (2002), a research was made for social stratus, anthropometric variables; weight, height and arm circumference, hemoglobin, seric retinol, presence of parasitosis and food consumption, as well as the mother's educational level. The program SPSS 11.0 and the t Student, ANOVA Post Hoc from Bonferroni and Fisher ( $p < 0,05$ ) were used. A predominance of the female sex was presented (52%). According to the social stratus, 23.3% was located in the middleclass, and 76.8% on some level of poverty. 60% of the middleclass mothers had finished their high school education, while only 9.8% of the mothers in poverty had reached that level. According to the Z values (H/A, W/H and AC/H), high percentages under -1.00 were observed (27.3%, 25.6% and 24.5%, respectively). The W/H and AC/H of children of mothers studying in a university presented discrepancies when compared with children of mothers with a primary educational level. A 25.9% of anemia was presented, and there were differences between anemic and non-anemic groups for H/A and AC/H. Protozoaries were observed in 61.0%, helmintos in 16.9% and both in 22.1%. There was a 2.6 times higher risk of presenting nutritional deficiency for AC/H in the group found with parasites. An adequate consumption of energy and iron was found, with an excessive consumption of proteins and vitamin A. It is concluded that there exists a nutritional risk evaluated through hematologic parameters, the presence of parasitosis and social stratus.

**Key words:** Anthropometry, anemia and Venezuelan preschoolers.

En Venezuela, específicamente en el período de 1990 al 2002, hubo un crecimiento significativo del índice de pobreza (8,8%), mientras que en el resto de Latinoamérica se observó un descenso en dichos valores del 4,3% (2,3). Esto ocasionó dificultad para suministrar una alimentación balanceada a todos los miembros de la familia, especialmente en los estratos más bajos de la población, repercutiendo en los indicadores de calidad de vida, salud y nutrición.

Entre los principales centros urbanos de Venezuela está Valencia, ciudad industrial por excelencia, la cual no ha escapado al éxodo poblacional de otras regiones en busca de trabajo y mejores condiciones de vida. Esto ha traído como

consecuencia el aumento de su población y la creación de barriadas para dar alojamiento a sus habitantes; aglomerándose en su mayoría en la zona sur de la ciudad, donde se ubican los estratos sociales más bajos de la población. Esta situación, aunada a la disminución del poder adquisitivo, hace a los niños de esta zona un grupo susceptible a un estado nutricional deteriorado, razón por la cual el presente estudio tuvo como objetivo evaluar el estado nutricional en un grupo de preescolares que asisten a un jardín de infancia público de esta zona suburbana de la ciudad de Valencia, Venezuela.

## METODOLOGIA

Se evaluaron transversalmente a todos los niños que asistieron durante el mes de marzo del año 2002, a un jardín de infancia suburbano público ubicado en el barrio El Consejo, Parroquia Miguel Peña al sur del Municipio Valencia, Estado Carabobo, Venezuela. De un total de 190 preescolares inscritos, la muestra final quedó constituida por todos los niños que acudieron el día de la cita con sus representantes; 151 preescolares entre 4 y 7 años de edad, en quienes se realizaron las siguientes evaluaciones:

### Condición socio-demográfica del niño y del grupo familiar

Se indagaron datos sobre composición del grupo familiar (número de familias, de personas menores de 15 y mayores de 60 años por vivienda), nivel de educación de la madre o cuidadora, ingreso monetario y características sanitarias de las viviendas. Se evaluó la estratificación social según el método de Graffar-Méndez Castellano (4).

### Evaluación antropométrica

Los datos fueron tomados por personal capacitado y estandarizado. El peso, la talla y la circunferencia media del brazo se tomaron según las normas establecidas en Venezuela (5). Se construyeron los indicadores: talla para la edad (T/E), peso para la talla (P/T), y circunferencia media del brazo para la talla (CMB/T). Se utilizó el programa Epi-Info 2004, versión 3.2.2 para estimar el valor Z (Z score) de cada indicador comparándolo con las poblaciones de referencia sugeridas por la Organización Mundial de la Salud (6).

### Química sanguínea

Se determinaron hemoglobina y hematocrito en un contador hematológico automatizado, modelo A<sup>c</sup>.T 5diff de Beckman Coulter. Para definir anemia en la población estudiada se usó como punto de corte un valor de hemoglobina inferior a 11,0 g/dL para los niños menores de 5 años y 11,5 g/dL para los mayores. El punto de corte para el hematocrito fue de 33% y 34% para menores y mayores de 5 años respectivamente (7). Los niveles séricos de retinol se establecieron por cromatografía líquida de alta presión (HPLC);

en cromatógrafo marca Hewlett-Packard modelo 1050. Para evaluar el estado de vitamina A, se utilizaron los siguientes puntos de corte de retinol sérico: >30 µg/dL (normal); entre 20 y 30 µg/dL (marginal) y <20 µg/dL (deficiente) (8). Para estas determinaciones se extrajeron en condiciones de ayuno 6 ml de sangre periférica mediante punción venosa y en ambiente de penumbra; 2 ml de sangre se colocaron en tubos de vidrio conteniendo 25 µl de EDTA como anticoagulante destinándose para las determinaciones de hemoglobina y hematocrito. Los 4 ml restantes se colocaron en tubos de polipropileno cubiertos previamente con papel de aluminio, para evitar la acción de la luz sobre la vitamina A. El suero, libre de hemólisis, se obtuvo mediante centrifugación y se almacenó en tubos de polietileno color ámbar a -70° C, usándose para la determinación de retinol sérico.

### Diagnóstico parasitológico

Se recolectaron muestras de heces y se analizaron con el método directo (solución de cloruro de sodio al 0,85% y solución de Lugol) y el método de concentración de Kato, los cuales permiten la observación directa de las formas parasitarias (9).

### Consumo de alimentos

Su evaluación se realizó mediante el método de Recordatorio de 24 Horas (R24H), obteniendo información sobre el tipo y cantidad de alimentos consumidos en las 24 horas previas a la entrevista. Ya que se trató de niños menores de 8 años, la información se obtuvo directamente de la madre/responsable de su alimentación (10). La información obtenida fue llevada a gramos de alimentos y se calculó la composición calórica, de macronutrientes, de vitamina A y de hierro, a partir de la Tabla de Composición de Alimentos Venezolana (11). Para estimar la prevalencia de consumo inadecuado de energía y nutrientes se calculó el porcentaje de niños con consumos inferiores a los dos tercios de las recomendaciones, utilizándose los valores de referencia nacionales establecidos, ajustando por género y edad (12).

### Análisis de los datos

Para el análisis estadístico se utilizó el programa SPSS versión 11.0 para Windows. Se realizaron estadísticas descriptivas de las variables (frecuencias, porcentajes, promedios, medianas, desviación estándar). Estas fueron evaluadas a objeto de conocer si cumplían con los requerimientos de normalidad y homogeneidad.

De acuerdo al comportamiento de las variables, se utilizaron las pruebas t de Student, análisis de varianza de un factor (ANOVA) y Post Hoc de Bonferroni, o sus equivalentes no paramétricas; así como la prueba exacta de Fisher, para explorar asociaciones entre las variables. Se utilizó un criterio de significación estadística de  $p < 0,05$ .

## RESULTADOS

### Condición socio-demográfica

Las características socio-demográficas del grupo familiar se describen en la Tabla 1. El Consejo es una comunidad suburbana bien establecida, donde casi la totalidad de las viviendas contaban con los servicios básicos; electricidad (100%), agua potable, aguas negras y aseo urbano (98%). La mayoría de las viviendas eran de construcción sólida con paredes de bloques y techos de buena calidad (94%). Un 30% de las viviendas alojaban a más de una familia. El 94,8% de las familias tenía al menos una persona con empleo permanente. Según el estrato social, 23,3% de la muestra se ubicó como clase media (estrato social III) y 76,8% se ubicó en algún nivel de pobreza (IV y V), lo cual corresponde con la ubicación geográfica de la muestra seleccionada. El 60% de las madres o cuidadoras de clase media habían terminado su educación secundaria, mientras que sólo el 9,8% de las madres en pobreza alcanzaron este nivel de educación y 1,5% eran analfabetas.

Con relación a los preescolares, el valor promedio de edad en la muestra evaluada fue de  $5,1 \pm 1,3$  años y la mediana de 6,0 años. La distribución según el género presentó un ligero predominio del sexo femenino (52%).

TABLA 1  
Características socio-demográficas del grupo familiar.  
Comunidad suburbana "El Consejo",  
Parroquia Miguel Peña, Valencia

Características	Porcentaje	
Número de familias por vivienda	1 familia	69,2
	2 familias	24,4
	3 o más familias	6,4
Personas por vivienda	2-3 personas	9,9
	4-5 personas	40,7
	6 o más personas	49,4
Personas < 15 años por vivienda	1 persona	18,0
	2 personas	54,1
	3 o más personas	27,9
Personas = 60 años por vivienda	Ausencia	86,3
	1 persona	10,6
	2 personas	3,1
Personas con algún ingreso monetario	Ausencia	0,6
	1 persona	43,0
	2 personas	33,1
	3 o más personas	23,3
Estratificación social de la familia	Clase media (III)	23,3
	Pobreza relativa (IV)	73,2
	Pobreza crítica (V)	3,5

### Evaluación antropométrica

En la Tabla 2 se presenta la media, desviación estándar, mediana y la distribución porcentual según los valores Z para los indicadores T/E, P/T y CMB/T, observándose un alto porcentaje de preescolares con Z scores por debajo de -1,00 (27,3%, 25,6% y 24,5%, respectivamente).

En la Tabla 3 se observan las diferencias según estrato social de los indicadores antropométricos, las cuales fueron estadísticamente significativas para P/T ( $p=0,000$ ) y CMB/T ( $p=0,001$ ).

Al evaluar si el nivel de educación alcanzado por las madres/cuidadoras condicionaba diferencias entre los indicadores antropométricos, se encontró que el P/T y la CMB/T de los hijos de madres/cuidadoras que habían alcanzado el nivel universitario eran significativamente diferentes al de aquellos cuyas madres/cuidadoras tenían un nivel de educación primaria o inferior. Así para P/T, el valor de la mediana de los hijos de madres/cuidadoras con educación universitaria fue de 1,12 y el de los niños con madres/cuidadoras con educación primaria o inferior fue de -0,56 ( $p=0,012$ ). Con relación a la CMB/T, el valor de la mediana de hijos de madres/cuidadoras con educación universitaria fue de 1,08 y el de los niños con madres/cuidadoras con educación primaria o inferior fue de -0,71 ( $p=0,015$ ).

TABLA 2  
Estadísticos descriptivos y distribución porcentual para  
Talla/Edad, Peso/Talla y CMB/T. Comunidad suburbana  
"El Consejo", Parroquia Miguel Peña, Valencia

Valores Z	Media±DE	Mediana	Distribución porcentual según rangos de Z Score						
			<-2	-2 a -1	-1 a +1	+1 a +2	+2		
ZS T/E	1,02	-0,49	7,0	20,3	64,0	7,0	1,7		
ZS P/T	30±1,04	-0,31	2,3	23,3	68,0	4,1	2,3		
ZS CMB/T	-0,34±0,98	-0,30	4,7	19,8	69,2	3,5	2,9		

### Química sanguínea

Los valores promedios de los parámetros hematológicos; Hb ( $11,8 \pm 0,7$  g/dL) y Hcto ( $36,7 \pm 2,1\%$ ) se encontraron dentro de la norma, sin embargo un 25,9% (n=44) de la muestra presentó anemia. Hubo diferencias ( $p<0,05$ ) entre los grupos anémicos y no anémicos para los indicadores T/E y CMB/T (Tabla 4). En cuanto al retinol sérico, se encontró que todos los preescolares evaluados, presentaron valores por encima de lo considerado normal, con un valor promedio de  $54,3 \pm 12,2$  µg/dL y una mediana de 53,5 µg/dL; sin evidenciarse niños en déficit o en situación de deficiencia marginal.

**TABLA 3**  
Indicadores antropométricos según el estrato socioeconómico. Comunidad suburbana “El Consejo”, Parroquia Miguel Peña, Valencia

Indicador antropométrico	Valores Z	
	Media ± D.E.	Mediana
Talla/Edad		
Clase media	-0,28 ± 1,14	-0,12
En pobreza	-0,45 ± 0,98	-0,54
Peso/Talla*		
Clase media	-0,35 ± 1,37	-0,16
En pobreza	-0,50 ± 0,87	-0,58
Circunferencia Media del Brazo/Talla**		
Clase media	0,15 ± 1,11	0,10
En pobreza	-0,49 ± 0,88	-0,49

\*  $p=0,000$ ; \*\* $p=0,001$

**TABLA 4**  
Indicadores antropométricos según parámetros hematológicos. Comunidad suburbana “El Consejo”, Parroquia Miguel Peña, Valencia

Indicador antropométrico	Valores Z	
	Media ± D.E.	Mediana
Talla/Edad*		
Con anemia	-0,85 ± 1,12	-0,86
Sin anemia	-0,27 ± 0,984	-0,36
Peso/Talla		
Con anemia	-0,54 ± 0,75	-0,54
Sin anemia	-0,24 ± 1,14	-0,21
Circunferencia Media del Brazo/Talla**		
Con anemia	-0,67 ± 0,82	-0,60
Sin anemia	-0,25 ± 0,99	-0,24

\*  $p=0,003$ ; \*\* $p=0,026$

#### Diagnóstico parasitológico

Se encontró un 51,0% de al menos una forma parasitaria y en un 41,0% más de una. Se observaron protozoarios en 61,0% de la muestra, helmintos en 16,9% y la presencia de ambos en 22,1% de los niños. Para evaluar la asociación entre el estado nutricional antropométrico y la parasitosis intestinal se reagruparon los niños en dos categorías: niños en déficit nutricional (valor  $Z < -1,00$ ) y niños con un estado nutricional normal o sobre la norma (valor  $Z > -1,00$ ). Se encontró una asociación estadísticamente significativa para la CMB/T ( $p=0,014$ ) teniendo el grupo parasitado un riesgo cerca de 2,6 veces mayor de presentar déficit nutricional según este

indicador. Los demás indicadores antropométricos no presentaron asociación con la parasitosis intestinal. Al comparar la presencia de anemia en niños parasitados y no parasitados, se observó que en el grupo de niños anémicos, hubo casi el doble de niños con parasitosis (64,1% vs. 35,9%) y el riesgo de presentar anemia fue el doble en el grupo parasitado con diferencias significativas (Tabla 5).

**TABLA 5**  
Asociación entre CMB/Talla, parámetros hematológicos y parasitosis intestinal. Comunidad suburbana “El Consejo”, Parroquia Miguel Peña, Valencia

Indicador	Parasitados	No parasitados	Total
CMB/Talla			
Déficit	26 (68,4%)	12 (31,6%)	38 (100%)
Normal/Sobre la norma	50 (44,2%)	63 (55,8%)	113 (100%)
Prueba exacta de Fisher $p=0,014$ ; Odds Ratio = 2,60; (IC 95% =1,20-5,70)			
Parámetros hematológicos			
Con anemia	25 (64,1%)	14 (35,9%)	39 (100%)
Sin anemia	51 (45,5%)	61 (54,5%)	112 (100%)
Prueba Exacta de Fisher $p=0,034$ ; Odds Ratio = 2,13; (IC 95% =1,05-4,52)			

#### Consumo de alimentos

La distribución calórica promedio de macronutrientes de la muestra estudiada fue de 14,4% de proteínas, 26,7% de lípidos y 58,9% de carbohidratos. Esta distribución se encuentra dentro de los rangos considerados como aceptables para niños venezolanos, estando los lípidos cerca del límite inferior establecidos para este grupo de edad (para menores de 16 años: 25-30% del total de calorías). La Tabla 6, presenta el consumo promedio y el valor de la mediana de energía y nutrientes, así como la adecuación del consumo alimentario y el porcentaje de niños con un consumo por debajo de los dos tercios de las recomendaciones nacionales. Como se observa, se encontró un consumo adecuado de energía y hierro, y un consumo excesivo de proteínas y vitamina A. Sin embargo cabe destacar que respectivamente para la energía y el hierro, 9% y un 10% de la muestra no alcanzaron a cubrir los dos tercios de sus requerimientos. En relación al tipo de hierro consumido, 84% correspondió a fuentes de hierro no hemínico y solo el 16% a hierro hemínico. No se encontraron asociaciones significativas entre el consumo de nutrientes y el resto de las variables.

**TABLA 6**  
Consumo de energía y nutrientes, adecuación nutricional y riesgo de consumo inadecuado. Comunidad suburbana “El Consejo”, Parroquia Miguel Peña, Valencia

Nutrientes	Consumo diario		% Adecuación		% Consumo < 66,6% RN
	Media ± DE	Mediana	Mediana	Mediana	
Energía (kcal)	1476,8 ± 346,5	1472,0	96	9	
Proteínas (g)	56,1 ± 15,5	56,3	121	5	
Grasas (g)	46,3 ± 15,1	45,7	—	—	
Carbohidratos (g)	227,6 ± 54,9	225,0	—	—	
Vitamina A (ER)	970,2 ± 403,8	917,6	231	4	
Hierro (mg)	14,3 ± 4,1	13,9	99	10	

DE = desviación estándar

RN = valores de referencia nacionales

ER = equivalentes de retinol

## DISCUSION

Aún cuando todos los niños viven en una zona de pobreza, los niños pertenecientes a un estrato socioeconómico más bajo y con nivel menor en la educación de sus madres, mostraron valores antropométricos y hematológicos significativamente menores al resto de los niños estudiados, señalando a esta característica como factor de riesgo nutricional. A nivel poblacional, se ha descrito que los retardos de crecimiento ocasionados por deficiencias nutricionales están condicionados por el ciclo pobreza-infección-desnutrición. Estas alteraciones reflejan el resultado de un proceso de subalimentación, asociado a pobres condiciones socioeconómicas y culturales, producto del deterioro general de la calidad de vida (13).

La prevalencia de -2 Z score en el indicador T/E al ser comparada con trabajos nacionales, resultó ligeramente inferior tanto a la reportada en un grupo de niños en pobreza entre 4 y 6 años del municipio Naguanagua, de la ciudad de Valencia (8,0%) (13), como a la reportada (10,7%) en un grupo de preescolares en pobreza evaluados durante el año 2001 en una comunidad de la isla de Coche, Estado Nueva Esparta, región situada en el mar caribe (14). Igualmente resultó inferior a la reportada en un grupo de niños entre 2 y 6 años de edad provenientes de barrios marginales urbanos y rurales de la ciudad de Maracaibo (segunda ciudad en importancia de Venezuela), en quienes se ubicó en 13,4% (15). Con relación a datos latinoamericanos nuestro valor es similar a lo reportado en un grupo de niños ubicados en la costa del pacífico colombiano en condiciones sociales precarias, evaluados entre marzo y octubre del 2002, en quienes su déficit se ubicó en un 6,9% (16) y similar a lo reportado por Bolzán (17), en 4300 niños evaluados en el año 2003 en el Municipio de Olavaria, Buenos Aires, en quienes la prevalencia de -2 Z score para varones y niñas se ubicó entre 7,8 y 7,9% respectivamente.

Con relación al indicador P/T, la prevalencia -2 Z score al

ser comparada con trabajos nacionales, resultó superior a la reportada en el grupo de niños en pobreza entre 4 y 6 años evaluados en el municipio Naguanagua, de la ciudad de Valencia (1,1%) (13) y con relación al porcentaje de niños en *bajo la norma* (25,6%), éste es superior a lo reportado en un grupo de preescolares y escolares evaluados durante el año 2001 en la isla de Coche, Estado Nueva Esparta (8,6%) (14). De igual forma se ubicó por encima de lo reportado por el Sistema de Vigilancia Alimentaria y Nutricional, tanto para Venezuela (14,08%), como para el estado Carabobo (12,33%) para el año en que fue tomada la muestra (18). Con relación a datos latinoamericanos el valor obtenido en esta investigación superó a lo reportado en Argentina, en un grupo de niños evaluados durante el año 2003, en nueve provincias del norte de dicho país (1,1%) y a su vez fue mayor al reportado en un municipio localizado en el centro de la provincia de Buenos Aires (1,0%); en ambos estudios los niños se encontraron en hogares bajo la línea de pobreza (17, 19).

Con relación a la prevalencia de anemia observada (25,9%), está considerada como problema moderado desde el punto de vista de salud pública por la OMS. Esta prevalencia fue superior a la reportada por Solano (10,8%) y del Real para 1998 (13,0%) en preescolares de similares estratos socioeconómicos del Estado Carabobo, igualmente fue superior a lo reportado por Fundacredesa en preescolares y escolares del interior de Venezuela y en el área metropolitana de Caracas (13,3%) (20-22). Con relación a datos latinoamericanos la prevalencia de anemia fue similar a la encontrada en preescolares de Costa Rica (26,3%) (23). Los niños evaluados no presentaron deficiencia de vitamina A, ni déficit marginal, según los niveles de retinol sérico. Estos resultados difieren de otros estudios realizados en el país en niños de los mismos estratos socioeconómicos, donde encontraron déficit de vitamina: Angarita en el Estado Mérida (25%), Montilva en el Estado Lara (14,0%) y por Solano y del Real en el Estado Carabobo (11,0% y 0,5% respectivamente). Sin embargo, los resultados del presente estudio coinciden con lo reportado por Fundacredesa y más recientemente por el grupo de la “*Alianza por una nutrición saludable*”, quienes afirman que los preescolares y escolares evaluados en Venezuela presentan un estado adecuado con relación a la vitamina A (20- 22, 24-26).

En el presente estudio se encontró un alto porcentaje de niños con parasitosis, característica que se observa en ambientes de bajo nivel socioeconómico e inadecuados hábitos higiénicos. Esto es coincidente con los datos encontrados por Devera y Vásquez en niños venezolanos (46,1%) y mexicanos respectivamente (47,2%) (27-28); quienes evaluaron sus muestras en bajos estratos socioeconómicos. Se observó en el presente estudio que el riesgo de presentar anemia fue el doble en el grupo parasitado con diferencias significativas.

Con relación a la distribución de la energía aportada por los macronutrientes, los porcentajes encontrados se ajustan a las recomendaciones para la población venezolana de esta edad (13). El consumo promedio de kilocalorías ( $1476,8 \pm 346,5$  kcal) fue similar a las recomendaciones del Instituto Nacional de Nutrición (1450 kcal) para este grupo de edad, aun cuando 9% de los niños no cubrió los dos tercios de sus recomendaciones energéticas. Se observó un consumo excesivo de proteínas (121% de adecuación), al igual que en estudios anteriores realizados en niños con edades y características similares de otras zonas suburbanas de Valencia, reportándose 121% de adecuación proteica en el estudio de Portillo y colaboradores en la zona sur (29). Sin embargo, el consumo de proteínas es considerablemente menor al reportado en un grupo de niños de estrato socioeconómico alto de la ciudad de Caracas (182% de adecuación en niñas y 209% en niños) (30). El hecho de que en este estudio se llevó a cabo un solo recordatorio del consumo alimentario del día anterior, constituye una limitación debido a la variabilidad que ocurre a nivel intra-individual, la cual se minimiza al recoger recordatorios múltiples. La dispersión de los datos del consumo de la vitamina A indica que la ingesta fue muy variable entre los sujetos evaluados, lo cual es un reflejo del comportamiento de esta vitamina en la naturaleza. Además, la estimación de la dieta por el método de R24H refleja un consumo actual y no el usual, por lo que los valores de ésta vitamina pueden variar según la estacionalidad de los alimentos fuentes de las vitaminas. Es probable que los niños que presentaron ingestas inadecuadas no consumieran dichos alimentos en los días evaluados por el recordatorio, mientras que otros tuvieron un consumo elevado de ellos. Esto sugiere que su ingesta debe evaluarse mediante el método de frecuencia de consumo de alimentos fuentes en vitamina A, el cual permite medir el riesgo de deficiencia de esta vitamina a nivel comunitario (8).

### CONCLUSIONES

Los resultados de la evaluación hematológica sugieren que en este grupo de niños existe un problema de salud pública en cuanto a la presencia de anemia. Al comparar la presencia de anemia en niños parasitados y no parasitados, se observó que en el grupo de niños anémicos, hubo casi el doble de niños con parasitosis.

Aún cuando todos los niños viven en una zona de pobreza, los niños pertenecientes a un estrato socioeconómico mas bajo y con nivel menor en la educación de sus madres, mostraron valores antropométricos y hematológicos significativamente menores al resto de los niños estudiados, señalando a estas características como factores importantes de riesgo nutricional.

### REFERENCIAS

1. Latham MC. Nutrición humana en el mundo en desarrollo. *Alimentación y nutrición* 29. 2002.
2. Aranguren W. La pobreza en la agenda de la seguridad social en Venezuela. *Gaceta Laboral*. 2004; 10(3):377-398.
3. Aznárez F. Reporte mensual venezcopio. N°3, 2004 [consulta: 25 nov2006]. Disponible en: [http://www.venescopio.org.ve/docs/reporte\\_octubre.pdf](http://www.venescopio.org.ve/docs/reporte_octubre.pdf)
4. Méndez H, Méndez MC. Sociedad y estratificación. Método Graffar-Méndez Castellano. Fundacredesa. Caracas, Venezuela, 1994.
5. López M, Landaeta M, editores. Manual de crecimiento y desarrollo. Sociedad Venezolana de Puericultura y Pediatría. Caracas: Fundacredesa-Serona, 1991.
6. World Health Organization (WHO). Physical Status: The Use and Interpretation of Anthropometry. WHO Technical Report Series 854. Geneva: WHO; 1995.
7. World Health Organization. Iron deficiency anaemia. Assessment prevention and control. A guide for programme managers. Report of WHO/UNICEF/UNU, 2001. Document WHO/NHD/01.3. [Consulta: 1 nov 2006] Disponible en: [http://whqlibdoc.who.int/hq/2001/WHO\\_NHD\\_01.3.pdf](http://whqlibdoc.who.int/hq/2001/WHO_NHD_01.3.pdf)
8. Páez M., Solano L, del Real S. Indicadores de riesgo para la deficiencia de vitamina A en menores de 15 años de una comunidad marginal de Valencia, Venezuela. *Arch Latinoam Nutr*. 2002, 52 (1):12-9.
9. Incani, RN, editor. Parasitología. 2ª Edic. Valencia, Venezuela: Universidad de Carabobo; 1996. p.23-44.
10. Sobo E, Rock C, Neurhouser M, Maciel T, Neumark-Sztainer D. Caretaker-child interaction during children's 24-hour dietary recalls: who contributes what to the recall record? *J Am Diet Assoc*. 2000; 100(4):428-433.
11. Instituto Nacional de Nutrición. Tabla de composición de alimentos para uso práctico. Caracas: Ministerio de Sanidad y Asistencia Social, Instituto Nacional de Nutrición; 1999. Publicación N° 52.
12. Ministerio de Salud y Desarrollo Social, Instituto Nacional de Nutrición. Valores de referencia de energía y nutrientes para la población venezolana., Serie Cuadernos Azules. No 53. Caracas: Editorial Texto C.A.; 2000.
13. Díaz N, Páez M, Solano L. Situación nutricional por estrato social en niños escolarizados venezolanos. *Acta Científica Venezolana*. 2002;53(4):284-289.
14. Hurtado M, Hagel I, Araujo M, Rodríguez O, Palenque M. Creencias y prácticas alimentarias e higiénicas en madres, según el estado nutricional de su hijo. *An Ven Nutr*. 2004;17(2):81-87.
15. Castejón H, Ortega P, Díaz M, Amaya D, Gómez G, Ramos M, Alvarado M, Urrieta J. Prevalencia de deficiencia subclínica de vitamina A y desnutrición en niños marginales de Maracaibo - Venezuela. *Arch Latinoam Nutr*. 2001;51 (1): 25-32.
16. Alvarado B, Vásquez L. Determinantes sociales, prácticas de alimentación y consecuencias nutricionales del parasitismo intestinal en niños de 7 a 18 meses de edad en Guapi, Cauca. *Biomédica*. 2005;26 (1): 33-37.

17. Bolzán A, Gatella M, Cotti M. Aplicación de dos métodos diagnósticos para evaluar el estado nutricional de una población infantil: Enfoque epidemiológico y enfoque de punto de corte. *Rev Chil Pediatr.* 2005;76(5):485-493.
18. Instituto Nacional de Nutrición. Sistema de vigilancia alimentaria y nutricional. Anuario del Sistema vigilancia alimentaria y nutricional (SISVAN) Año 2002. Caracas: Instituto Nacional de Nutrición; Dirección del Sistema vigilancia alimentaria y nutricional; 2006 [consulta:5dic2006]. Disponible:<http://www.inn.gob.ve/contenidos/sisvan/pdf/ANUARIO%20DEL%20SISVAN%202002.pdf>.
19. Bolzán A, Mercer R, Ruiz V, Brawerman J, Marx J, Adrogue G, et al. Evaluación nutricional antropométrica de la niñez pobre del norte argentino: Proyecto encuNa. *Arch. Argent. Pediatr.* 2005;103(6):545-555.
20. Solano L, Meertens L, Peña E, Arguello F. Deficiencia de micronutrientes. Situación actual. *An Venez Nutr.* 1998; 11(1):48-54.
21. Del Real S, Páez M, Solano L, Fajardo Z. Consumo de harina de maíz precocida y su aporte de hierro y vitamina A en preescolares de bajos recursos económicos. *Arch Latinoam Nutr.* 2002; 52(3): 274-281.
22. FUNDACREDESA. Impacto poblacional en Venezuela por el enriquecimiento con hierro y vitaminas de las harinas precocidas de consumo humano. Una visión integral de Venezuela XXV años. Primera Edición. Caracas: Ministerio de Salud y Desarrollo Social/UNICEF. FUNDACREDESA; 2002.
23. Cunningham L, Blanco A, Rodríguez, Ascencio M. Prevalencia de anemia, deficiencia de hierro y folato en niños menores de siete años. Costa Rica, 1996. *Arch Latinoam Nutr.* 2001;51(1):37-43.
24. Angarita C, Terán E, Ramírez M, Bastardo G, Suárez F, Alarcón O. Prevalencia de malnutrición en preescolares de comunidades rurales. Estado Mérida. Venezuela. *An Venez Nutr.* 1996; 9(1):18-26.
25. Montilva M, Nieto R, Ferrer M, Pérez M, Durán L, Mendoza M. Vitamina A en niños menores de 7 años de comunidades suburbanas. Barquisimeto-Venezuela. *An Venez Nutr.* 2001;14(1):15-19.
26. Alianza para una nutrición saludable. Prevalencia del déficit de vitamina A en niños y niñas entre 6 a 59 meses de edad. Caracas: UNICEF, Procter & Gamble, Ministerio de Salud y Desarrollo Social, Instituto Nacional de Nutrición, Centro de Investigaciones en Nutrición-Universidad de Carabobo/ Imprenta Artico; Abril 2003. Primera edición, Caracas.
27. Devera R, Velásquez V, Vásquez M. Blastocitosis en preescolares de Ciudad Bolívar, Venezuela. *Cad Saude Pública.* 1998;14(2):401-07.
28. Vásquez E, Romero E, Rodríguez F, Nuño N, Contreras F, Sánchez O. Prevalencia de deficiencia de Hierro, yodo y parasitosis en niños de Arandas, Jalisco, México. *Salud Pública Mex.* 2002;44(3):195-200.
29. Portillo Z, Solano L, Fajardo Z. Riesgo de deficiencia de macro y micronutrientes en preescolares de una zona marginal; Valencia, Venezuela. *Invest Clín.* 2004;45(1):17-28.
30. Moya de Sifontes Z, Baucé G, Mata E, Córdova M. Consumo energético y de macronutrientes en niños y adolescentes de Caracas de 4 a 17 años. *An Venez Nutr.* 2000;13(2):101-107.

Recibido: 29-03-2007

Aceptado: 17-09-2007

## La Mini Encuesta Nutricional del Anciano en la práctica de un Servicio hospitalario de Geriátría: Introducción, validación y características operacionales

*Magdalena Cuyac Lantigua, Sergio Santana Porbén*

Escuela de Medicina de La Habana, Hospital Clínico-Quirúrgico "Hermanos Ameijeiras". Ciudad Habana, Cuba

**RESUMEN.** Se presentan los resultados de la administración de la Mini Encuesta Nutricional del Anciano (MNA) a 197 pacientes (Mujeres: 62.5%; Edades entre 60 – 75 años: 55.4%; Mayores de 85 años: 9.7%; Blancos: 73.7%) que ingresaron consecutivamente en el Servicio de Geriátría del Hospital Clínico-Quirúrgico "Hermanos Ameijeiras" (La Habana, Cuba). El 69.6% de los pacientes tenía entre 2 – 7 problemas de salud concurrentes. Predominaron las neoplasias y los procesos linfoproliferativos (22.8%), las afecciones del corazón y los vasos sanguíneos (15.7%), y las infecciones (12.2%). El estado de los indicadores nutricionales antropométricos y bioquímicos fue como sigue: Índice de Masa Corporal < 21 kg.m<sup>2</sup>: 30.9%; Circunferencia del Brazo < 22 cm: 19.3%; Circunferencia de la Pantorrilla < 31 cm: 42.6%; Albúmina < 35 g.L<sup>-1</sup>: 20.3%. El 68.5% de los pacientes recibió puntajes < 24 después de administrar la MNA. Es de notar que el 19.3% de los encuestados estaba desnutrido al recibir puntajes < 17. Los puntajes < 24 se concentraron en: Afecciones neurológicas (80.0%), Neoplasias y procesos linfoproliferativos (77.8%), Corazón y vasos sanguíneos (74.2%), Enfermedades gastrointestinales (70.6%), Infecciones (69.7%), Diabetes mellitus (66.7%). Los pacientes con los puntajes nutricionales más bajos presentaron los valores más bajos de los indicadores antropométricos y bioquímicos. El puntaje nutricional fue independiente del sexo del enfermo, color de la piel o el número de problemas de salud concurrentes. La edad no influyó en el puntaje nutricional, pero se observaron puntajes más bajos entre los pacientes más ancianos. El puntaje asignado mediante la MNA coincidió en un 80.0% con el diagnóstico nutricional hecho independientemente mediante indicadores bioquímicos y antropométricos, utilizados por separado o combinados. El envejecimiento de la población cubana, unido a una geriatización de las áreas hospitalarias, obligan a considerar el estado nutricional del paciente mayor de 60 años de edad como un predictor importante del éxito de la intervención médico-quirúrgica y de la calidad de la asistencia médica.

**Palabras clave:** Mini Encuesta Nutricional, MNA, desnutrición, geriatría, composición corporal, envejecimiento, anciano.

**SUMMARY.** The Mini Nutritional Assessment of the elderly in the practice of a hospital geriatrics service: inception, validation and operational characteristics. The results of the administration of the Mini Nutritional Assessment (MNA) of the Elderly to 197 patients (Women: 62.5%; Ages between 60 – 75 years: 55.4%; Older than 85 years: 9.7%; Whites: 73.7%) consecutively admitted to the Geriatrics Service of the "Hermanos Ameijeiras" Hospital (La Habana, Cuba) are presented. Sixty-nine percent of the patients had between 2 – 7 concurrent health problems. Neoplasms and lymphoproliferative processes (22.8%), heart and blood vessels diseases (15.7%), and infections (12.2%) were prevalent. The state of nutritional anthropometric and biochemical markers was as follows: Body Mass Index < 21 kg.m<sup>2</sup>: 30.9%; Mid-arm Circumference < 22 cm: 19.3%; Leg Circumference < 31 cm: 42.6%; Serum Albumin < 35 g.L<sup>-1</sup>: 20.3%. Sixty-eight percent of the patients received scores < 24 after administering the MNA. It is to be noticed that 19.3% of the patients was malnourished after receiving scores < 17. MNA scores < 24 were concentrated in: Neurological disorders (80.0%), Neoplasms and lymphoproliferative processes (77.8%), heart and blood vessels diseases (74.2%), gastrointestinal disorders (70.6%), infections (69.7%), Diabetes mellitus (66.7%). Patients with the lowest scores also exhibited the lowest values of anthropometric and biochemical markers. MNA score was independent from the patient's sex, skin colour, or number of concurrent health problems. Age had not any influence upon MNA score, although lower scores were observed among the oldest patients. MNA scoring was 80.0% coincident with nutritional diagnosis independently done with anthropometric and biochemical markers used either separately or combined. Aging of the Cuban population, along with increased proportions of elder patients in hospital areas should lead to consider the nutritional status of patients older than 60 years as an important predictor of the success of medical interventions and the quality of medical assistance.

**Key words:** Mini Nutritional Assessment, MNA, malnutrition, geriatrics, body composition, aging, elder.

## INTRODUCCION

Las relaciones entre el envejecimiento, la enfermedad y el estado nutricional pueden ser complejas e incluso redundantes. En la Figura 1 se muestra un modelo para interpretar estas relaciones. El envejecimiento incrementa el riesgo de padecer enfermedades como el cáncer, la diabetes mellitus, la cardioesclerosis, e incluso la falla crónica de órganos (1-3). El envejecimiento también trae consigo la senescencia del sistema inmune, y con ello, una susceptibilidad aumentada a la infección (4-6). Una fragilidad aumentada resultante de la concurrencia de varios problemas de salud puede afectar, a su vez, la autonomía y la actividad física del enfermo (7). La polimedición propia del tratamiento farmacológico de varios problemas de salud concurrentes en el anciano puede conducir a alteraciones profundas del sabor y el paladar, y con ello, inapetencia, anorexia y rechazo a los alimentos (1-3). Todos estos factores, actuando coaligadamente o por separado, pueden afectar el tamaño y la integridad de los compartimientos corporales, y desencadenar la desnutrición. Una vez instalada, la desnutrición se convierte en causa importante de descompensación de las enfermedades crónicas del paciente, y de fracasos terapéuticos (8). Se cierra así un círculo vicioso que puede ser muy difícil de quebrar.

La desnutrición energético-nutricional (DEN) puede afectar entre el 21.5 – 75.0% de los ancianos hospitalizados. Estos estimados se han obtenido después del empleo de diferentes indicadores y reglas de clasificación <sup>(1)</sup> (9-13). La profusión de estimados de frecuencias de trastornos nutricionales, indicadores, herramientas diagnósticas y reglas de clasificación puede convertirse en un obstáculo para la comprensión del alcance y magnitud del fenómeno epidemiológico que representa la desnutrición en la ancianidad.

**La Mini Encuesta Nutricional del Anciano (MNA):** una herramienta de evaluación clínica del estado nutricional del sujeto mayor de 60 años, ha sido propuesta como de elección para la realización de estudios epidemiológicos en diferentes escenarios clínico-quirúrgicos, en base a sus excelentes características operacionales (14). La MNA asigna al paciente a una categoría nutricional según el puntaje recibido en sus 4 componentes: Mediciones antropométricas, Evaluación Global del estilo de vida del paciente (incluida la medicación y la autonomía), Encuesta sobre hábitos dietéticos y alimentarios, y Evaluación de la autopercepción de la salud y el estado nutricional (14). Se espera que pacientes con mejor (peor) estado nutricional reciban puntajes altos (bajos). Aquellos que reciban puntajes intermedios se asumirán como en “Riesgo de Desnutrición”. En cualquier caso, el objetivo final de la MNA sería evaluar el riesgo del anciano de desnutrirse, a fin de iniciar una intervención nutricional temprana (14).

En virtud de todo lo anterior, el Servicio de Geriátrica del Hospital Clínico-Quirúrgico «Hermanos Ameijeiras», actuando de conjunto con el Grupo hospitalario de Apoyo Nutricional (GAN), decidió incluir la MNA como parte de la evaluación integral del anciano. En este artículo se describe la introducción de la MNA en la práctica del Servicio, y la evaluación de las características operacionales de esta herramienta. En un trabajo acompañante se muestran las frecuencias de desnutrición estimadas después de aplicar la MNA en 3 escenarios diferentes [15].

## MATERIALES Y METODOS

**Redacción de un procedimiento normalizado de operación.** Se redactó un Procedimiento Normalizado de Operación (PNO) con las instrucciones para el correcto relleno de la MNA (15), según las provisiones del Sistema de Documentación y Registros del Programa de Intervención Alimentaria, Nutricional y Metabólica (PRINUMA) del Grupo hospitalario de Apoyo Nutricional (16). Adicionalmente, se redactaron otros sendos procedimientos para los diagnósticos de demencia (17) y depresión (18,19), respectivamente. Durante la redacción de los documentos mencionados anteriormente se incluyeron los comentarios y sugerencias de los especialistas del Servicio de Geriátrica del hospital de pertenencia de los autores. En todo momento se respetó el formato propuesto por los desarrolladores de la MNA (14).

**Serie de estudio.** La MNA se aplicó a 197 pacientes que ingresaron consecutivamente en el Servicio de Geriátrica entre junio de 1999 y junio del 2000 y cumplieron los criterios siguientes: tener 60 años o más de edad; presentar, en el momento del examen clínico realizado en la Consulta Externa del Servicio, un problema de salud que recomendara su ingreso para estudio ulterior y/o tratamiento; consentir en participar en el estudio luego de haber sido adecuadamente informado; estar apto físicamente para ser tallado, pesado y medido; y estar apto intelectualmente para colaborar con el equipo investigador en el relleno de la MNA. En caso de demencia grado I ó II, la información necesaria fue acopiada a través de un familiar cercano o proveedor de cuidados y afectos. Se excluyeron del estudio aquellos enfermos menores de 60 años de edad, en los que no fue posible la obtención de la Talla y el Peso, o que se negaron a participar, o que se presentaron con una demencia Grado III, o alguna otra afectación que le impidiera cooperar con el interrogatorio y el examen físico.

<sup>1</sup> Regla de clasificación: Función lógica de la forma  $y = \text{EstadoNutricional} = f(\theta_1, \dots, \theta_n)$ , que relaciona el estado nutricional del paciente con  $(\theta_1, \dots, \theta_n)$  indicadores. La función devuelve un valor lógico después de ser evaluada para una conjunción especificada de valores de los indicadores: 1 = Desnutrido, 2 = Bien Nutrido.

**Consentimiento informado.** Durante la evaluación integral realizada en la Consulta Externa del Servicio de Geriatría de la institución, el paciente fue informado de la existencia de la MNA, de la función que cumplía, y de la posibilidad de recibir una evaluación de su estado nutricional como valor agregado de los correspondientes exámenes paraclínicos indispensables en estos casos, si accedía a participar en el estudio. En todo momento se le aclaró de lo inofensivo del examen previsto, y de la confidencialidad de los datos que quedarán anotados en el formulario de la MNA.

**Procedimientos.** Una vez ingresado el paciente, se ejecutaron las acciones siguientes: Interrogatorio y Examen físico exhaustivos; Evaluación clínico-geriátrica general según la Carpeta Metodológica del Servicio de Geriatría; Rellenado de la Historia Clínica del Paciente con los datos obtenidos; y Establecimiento de la lista de los problemas de salud del anciano.

La Estatura (cm), el Peso (kg) y la Circunferencia del Brazo (CB, cm) se obtuvieron de cada paciente siguiendo las normas recomendadas por el Grupo de Apoyo Nutricional (GAN) de la institución (20). El procedimiento redactado a este fin reúne las normas prescritas por el Departamento de Antropometría del Instituto de Nutrición e Higiene de los Alimentos (La Habana, Cuba), a partir de las recomendaciones del Programa Biológico Internacional (21, 22).

El Índice de Masa Corporal (IMC,  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ) se calculó según la fórmula avanzada previamente (20). La Circunferencia de la Pantorrilla (CP, cm) se midió según las prescripciones de los autores de la MNA (14). La Albúmina sérica (Alb,  $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ) se determinó en muestras de sangre venosa obtenidas por punción antecubital mediante la reacción del verdebromocresol, tal y como se conduce en el Servicio de Laboratorio Clínico de la institución de pertenencia de los autores. Los resultados obtenidos se dicotomizaron según los siguientes puntos de corte: Alb: 35  $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$  (22); IMC: 21  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$  (14) CB: 22 cm (14); CP: 31 cm (14).

El estado nutricional se estableció mediante las siguientes reglas de clasificación:

Regla de clasificación	Interpretación
Regla 1: $y = f(\text{Alb})$	$y = 2 =$ Bien Nutrido si Albúmina sérica $\geq 35$
Regla 2: $y = f(\text{IMC})$	$y = 2 =$ Bien Nutrido si $\text{IMC} \geq 21$
Regla 3: $y = f(\text{IMC}; \text{CB}; \text{CP})$	$y = 2 =$ Bien Nutrido si $(\text{IMC} \geq 21) \text{ Y } (\text{CB} \geq 22) \text{ Y } (\text{CP} \geq 31)$
Regla 4: $y = f(\text{IMC}; \text{CB}; \text{CP}; \text{Alb})$	$y = 2 =$ Bien Nutrido si $(\text{IMC} \geq 21) \text{ Y } (\text{CB} \geq 22) \text{ Y } (\text{CP} \geq 31) \text{ Y } (\text{Alb} \geq 35)$

El paciente fue denotado como Desnutrido si el valor oriente del indicador era menor que el punto de corte prescrito. Las reglas de clasificación 1 – 4 se utilizaron como “re-

glas de oro” para la estimación de las características operacionales de la MNA.

**Rellenado de la MNA.** A los pacientes se les relleno la MNA en su totalidad, siguiendo el PNO redactado a tal propósito (15). La presencia de desnutrición en el paciente se estableció ante el puntaje calculado después de completada la MNA:  $> 24.0$ : Bien nutrido; Entre 17.0 – 23.5: Riesgo de Desnutrición; y  $< 17.0$ : Desnutrido.

**Análisis estadístico-matemático y presentación de los resultados.** Se creó una base de datos en Access ‘2000 (Microsoft, Redmont, Virginia, EEUU) con los datos personales, demográficos y clínicos del paciente, los valores de las variables antropométricas y bioquímicas, los puntajes obtenidos en cada ítem de la MNA, y el puntaje MNA acumulado.

Los resultados de las variables cuantitativas se describieron mediante medidas de tendencia central y de dispersión. Los resultados de las variables cualitativas se agruparon por categorías de clasificación. La edad del paciente fue categorizada como sigue: Entre 60 – 75 años de edad; entre 76 – 85 años; y mayores de 85 años. Las categorías individualizadas se expresaron como porcentajes del tamaño de la muestra.

Se construyeron intervalos de confianza al  $100(1 - \alpha)$  de los estimados de las proporciones muestrales mediante los algoritmos descritos previamente (24). Se evaluó la asociación entre el puntaje acumulado de la MNA y las variables demográficas y clínicas mediante pruebas estadísticas basadas en la distribución ji-cuadrado (25). Se evaluó la existencia de diferencias significativas entre subgrupos de pacientes mediante pruebas estadísticas apropiadas para 2 o más medias poblacionales, según fuera el caso (25). Se utilizó un nivel de significación del 5% (25).

La capacidad de la MNA para discriminar a los pacientes categorizados independientemente mediante las reglas de clasificación 1-4 se evaluó mediante curvas ROC (del inglés “Receiver-Operating Characteristics”: Características Operacionales del Receptor) (26). Los estimados de Sensibilidad y Especificidad de la MNA se obtuvieron para el punto de corte de la herramienta mediante las fórmulas generales:

$$\text{Sensibilidad} = \frac{[\text{Pacientes con puntajes} < 24] \text{ Y } [\text{Valor(Regla - De - Oro)} = 1]}{\text{Pacientes con Valor(Regla - De - Oro)} = 1}$$

$$\text{Especificidad} = \frac{[\text{Pacientes con puntajes} \geq 24] \text{ Y } [\text{Valor(Regla - De - Oro)} = 2]}{\text{Pacientes con Valor(Regla - De - Oro)} = 2}$$

Las reglas de clasificación 1-4 se emplearon indistintamente como “Regla-De-Oro”. Un valor de la “Regla-De-Oro” de 1 designa a un paciente categorizado independientemente como desnutrido.

El área AUC bajo la curva ROC (AUC del inglés “Area Under the Curve”) se calculó mediante algoritmos redactados en Visual Basic para Excel 7.0 (Microsoft, Redmont, Virginia, EEUU), de acuerdo con las recomendaciones expuestas previamente (27,28). Valores del AUC entre 0.700 – 0.900 se corresponden con una buena exactitud diagnóstica (29).

## RESULTADOS

El 55.4% de los pacientes participantes en el estudio tenía entre 60 – 75 años de edad (Tabla 2). El 62.5% eran mujeres. Predominaron los sujetos de piel blanca. El 59.5% de los sujetos tenía entre 2 y 4 problemas de salud concurrentes. El 50.7% de los diagnósticos se repartió como sigue: Neoplasias y procesos linfoproliferativos (22.8%); Corazón y vasos sanguíneos (15.7%); y Enfermedades infecciosas (12.2%).

TABLA 1  
Prevalencia de la Desnutrición Energético-Nutricional entre enfermos hospitalizados mayores de 60 años.  
No se espera de esta lista que sea exhaustiva

Referencia	Serie de estudio	Indicadores empleados	Regla de clasificación	Prevalencia
Biena y cols., 1982 [9]	Hospital de la Administración de Veteranos: Sujetos mayores de 65 años: 59 ingresos consecutivos Hombres: 100%	Peso < 90% Optimo CB < 90% Optimo Albúmina < 35 g/L Transferrina < 2 g/L	La conjunción de 2 de cualquiera de los 4 criterios	61.0%
Reilly y cols., 1988 [10]	Centro de nivel terciario Hospital urbano privado Revisión de 771 historias clínicas según el diagnóstico al egreso Hombres: 48%	Albúmina < 35 g/L CTL < 1.5 células/mm <sup>3</sup> Peso < 80% Optimo Pérdida mayor de 5 Kg de peso en los últimos 3 meses Anotaciones en la Historia Clínica que indiquen deterioro nutricional	Presencia de cualquiera de los criterios mencionados	55.0%
Sullivan, Sun y Walls; 1999 [11]	Hospital comunitario: Pacientes mayores de 70 años: Ingresos consecutivos acumulados durante 3 semanas Hombres: 41%	Peso < 90% Optimo	Presencia del criterio	54.5%
Mowe y Bohmer; 1991 [12]	Hospital Docente: Sujetos mayores de 65 años: 325 ingresos consecutivos Hombres: 40%	CB < p10 Albúmina < 35 g/L	<u>DEN moderada:</u> Presencia de un solo criterio <u>DEN grave:</u> La conjunción de los 2 criterios.	Hombres: 45.0% Mujeres: 62.4%
Constans y cols., 1992 [13]	Hospital de la Administración de Veteranos: Ingresos consecutivos acumulados durante 2 meses: Pacientes escogidos al azar Hombres: 100%	Albúmina < 30 g/L CTL < 1.5 células/mm <sup>3</sup> IMC < p5 Pérdida mayor del 5% del peso en los últimos 6 meses	Presencia de cualquiera de los criterios mencionados	39.0%

Leyendas: CB: Circunferencia del Brazo; CTL: Conteo Total de Linfocitos; IMC: Índice de Masa Corporal; p#: percentil de la población de referencia.

TABLA 2

Características demográficas y clínicas de los pacientes de la serie de estudio. Se muestran el número de pacientes y (entre corchetes) el porcentaje que representa respecto del tamaño de la serie

Característica	Hallazgo principal	Otros hallazgos
Edad	Entre 60 – 75 años: 109 [55.4%]	Entre 76 - 85 años: 69 [35.0%] Mayores de 85 años: 19 [9.6%]
Sexo	Femenino: 123 [62.5%]	Masculino: 74 [37.5%]
Color de la piel	Blanca: 145 [73.7%]	Mestiza: 20 [10.1%] Negra: 32 [16.2%]
Problemas de salud concurrentes	Entre 2 – 4 problemas: 117 [59.5%]	Ninguno: 3 [1.5%] 1 problema: 57 [28.9%] 5 - 7 problemas: 20 [10.1%]
Diagnósticos principales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Neoplasias y procesos linfoproliferativos: 45 [22.8%]</li> <li>• Corazón y vasos sanguíneos: 31 [15.7%]</li> <li>• Enfermedades infecciosas: 24 [12.2%]</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enfermedad gastrointestinal: 17 [8.6%]</li> <li>• Misceláneas: 16 [8.1%]</li> <li>• Hígado y vías biliares: 11 [5.6%]</li> <li>• Enfermedad neurológica: 10 [5.1%]</li> <li>• Enfermedad psiquiátrica: 9 [4.6%]</li> <li>• Hipertensión arterial: 9 [4.6%]</li> <li>• Diabetes mellitus: 9 [4.6%]</li> <li>• EPOC: 7 [3.5%]</li> <li>• Ortopédica: 6 [3.0%]</li> <li>• No declarada: 3 [1.5%]</li> </ul>

La categoría Misceláneas de diagnóstico principal se creó con un grupo heterogéneo de pacientes con diagnósticos tan disímiles como Hernia inguinal, Cataratas y Anemia ferripriva.

Tamaño de la serie: 197.

Fuente: Serie de estudio. Servicio de Geriatria. Hospital Clínico-Quirúrgico «Hermanos Ameijeiras».

El 68.5% (IC 95%: 62.0 – 75.0%) de los pacientes recibieron puntajes de la MNA < 24. Los pacientes con los puntajes nutricionales más bajos se caracterizaron por trastornos del apetito (81.6%), importante pérdida reciente de peso (89.4%), pérdida de la autonomía (71.1%), presencia de una enfermedad o estrés psicológico agudo reciente (57.9%), Índice de Masa Corporal disminuído (63.1%), Polimedición (63.1%), presencia de escaras de decúbito, úlceras varicosas, u otras lesiones cutáneas (28.9%), ingresos insuficientes de líquidos (21.1%), dificultades para alimentarse por sí mismo (42.1%), incapacidad de reconocerse como Bien Nutridos (63.2%), incapacidad para reconocerse como de un estado de salud conservado (55.3%), valores disminuídos de la Circunferencia del Brazo (47.4%), y cifras reducidas de la Circunferencia de la Pantorrilla (89.5%). No se observaron diferencias estadísticas entre los pacientes asignados a cualquiera de las 3 categorías nutricionales posibles respecto de los ítems Frecuencias de las comidas, Marcadores selectos de consumo de proteínas, y Consumo de Frutas y Vegetales (datos no mostrados).

La frecuencia de desnutrición estimada mediante la MNA fue mayor que la observada con las reglas de clasificación

empleadas en este estudio: Regla 1: (Alb < 35): 20.3% (IC 95%: 14.7 – 25.9%); Regla 2: (IMC < 21): 30.9% (IC 95%: 18.2 – 43.6%); Regla 3: (IMC < 21 y/o CB < 22 y/o CP < 31): 46.7% (IC 95%: 39.7 – 53.7%); y Regla 4: (IMC < 21 y/o CB < 22 y/o CP < 31 y/o Alb < 35): 51.2% (IC 95%: 44.2 – 58.2%).

El puntaje de la MNA fue independiente de las variables demográficas del estudio (Tabla 3). Sin embargo, debe destacarse la débil asociación observada entre el puntaje nutricional y la edad del paciente: el 89.5% de los pacientes mayores de 85 años recibió puntajes < 24, en contraste con el 50.6% de aquellos con edades entre 60 – 75 años ( $p = 0.0540$ ).

Los puntajes de la MNA < 24 se concentraron en 6 enfermedades, a saber: Afecciones neurológicas (80.0%), Neoplasias y procesos linfo-proliferativos (77.8%), Corazón y vasos sanguíneos (74.2%), Enfermedades gastrointestinales (70.6%), Infecciones (69.7%), Diabetes mellitus (66.7%) (Tabla 3). No se pudo demostrar una asociación entre el puntaje nutricional y el número de problemas de salud concurrentes en el enfermo.

TABLA 3

Relación entre el puntaje nutricional y las variables demográficas y clínicas del estudio. Para cada casilla se muestran el número de pacientes y (entre corchetes) el porcentaje que representa respecto del estrato correspondiente de la variable

Variable	Estado Nutricional			Interpretación
	Bien Nutridos [MNA > 24.0]	Riesgo de Desnutrición [17.0 ≤ MNA ≤ 23.5]	Desnutrición [MNA < 17.0]	
Edad:				$\chi^2 = 9.3$ (p = 0.0540)
• De 60 – 75 Años	43 [39.4]	49 [45.0]	17 [15.6]	
• De 76 – 85 Años	17 [24.6]	37 [53.6]	15 [21.7]	
• Mayores de 85 Años	2 [10.5]	11 [57.9]	6 [31.6]	
Sexo:				$\chi^2 = 0.2$ (p = 0.9048)
• Femenino	38 [30.9]	59 [47.9]	26 [21.1]	
• Masculino	24 [32.5]	38 [51.3]	12 [16.2]	
Color de la piel:				$\chi^2 = 3.2$ (p = 0.2019)
• Blanca	50 [34.5]	69 [47.6]	26 [17.9]	
• Negra	6 [18.7]	18 [56.3]	8 [25.0]	
• Mestiza	6 [30.0]	10 [50.0]	4 [20.0]	
Problemas de salud concurrentes:				$\chi^2 = 10.2$ (p = 0.1165)
• Ninguno declarado	0 [0.0]	2 [66.7]	1 [33.3]	
• 1 problema de salud	21 [36.8]	22 [38.6]	14 [24.6]	
• Entre 2 – 4	37 [31.6]	64 [54.7]	16 [13.7]	
• Entre 5 – 7	4 [20.0]	9 [45.0]	7 [35.0]	
Problema actual de salud:				$\chi^2 = 40.1$ (p = 0.0382)
• Neoplasias/Procesos linfoproliferativos	10 [22.2]	18 [40.0]	17 [37.8]	
• Corazón/Vasos sanguíneos	8 [25.8]	18 [58.1]	5 [16.1]	
• Infecciones	2 [8.3]	16 [66.7]	6 [3.0]	
• Afecciones gastrointestinales	5 [29.4]	10 [58.8]	2 [11.8]	
• Misceláneas	10 [62.5]	5 [31.2]	1 [6.3]	
• Hígado/Vías biliares	5 [45.5]	5 [45.5]	1 [9.0]	
• Afecciones neurológicas	2 [20.0]	6 [60.0]	2 [20.0]	
• Desórdenes psiquiátricos	4 [44.4]	4 [44.4]	1 [11.2]	
• Hipertensión arterial	5 [55.5]	3 [33.3]	1 [11.2]	
• Diabetes mellitus	3 [33.3]	6 [66.7]	0 [0.0]	
• EPOC	4 [57.1]	2 [28.6]	1 [14.4]	
• Ortopédica	4 [66.7]	2 [33.3]	0 [0.0]	
• No Declarada	0 [0.0]	2 [66.7]	1 [33.3]	

Tamaño de la serie: 197.

Fuente: Serie de estudio. Servicio de Geriátria. Hospital Clínico-Quirúrgico "Hermanos Ameijeiras".

TABLA 4

Características antropométricas y bioquímicas de los pacientes de la serie de estudio, segregadas según el puntaje de la MNA y el sexo del paciente. Resultados observados en los hombres. Se presentan la media y el error estándar de la media, junto con la mediana y el rango de valores observados (entre corchetes)

Variable	Todos	No Desnutrido	Riesgo de Desnutrición	Desnutrición
		[MNA > 24.0]	[17.0 ≤ MNA ≤ 23.5]	[MNA < 17.0]
<b>HOMBRES</b>				
Número	74	24	38	12
Estatura (cm)	165.7 ± 0.95 167.0 [142.0 – 185.0]	167.4 ± 1.34 168.0 [152.0 – 185.0]	164.8 ± 1.36 166.0 [142.0 – 182.0]	164.7 ± 3.0 166.5 [144.0 – 180.0]
Peso Actual (Kg)	60.1 ± 1.32 59.5 [38.0 – 83.0]	68.7 ± 1.68 70.0 [53.0 – 83.0]	58.6 ± 1.64 58.5 [41.0 – 79.0]	47.5 ± 1.51 <sup>a</sup> 47.0 [38.0 – 58.0]
IMC (Kg.m <sup>-2</sup> )	21.9 ± 0.42 22.4 [14.8 – 29.3]	24.5 ± 0.57 24.9 [19.0 – 29.3]	21.5 ± 0.47 21.8 [16.0 – 27.5]	17.6 ± 0.64 <sup>a</sup> 17.6 [14.8 – 22.7]
CB (cm)	24.9 ± 0.41 24.0 [18.0 – 34.0]	27.3 ± 0.68 27.0 [22.0 – 34.0]	24.7 ± 0.45 24.0 [20.0 – 30.5]	20.9 ± 0.50 <sup>a</sup> 21.5 [18.0 – 23.6]
CP (cm)	30.9 ± 0.36 30.7 [24.0 – 41.0]	33.1 ± 0.60 33.0 [27.0 – 41.0]	30.4 ± 0.38 30.3 [25.5 – 37.0]	27.7 ± 0.59 <sup>a</sup> 28.0 [24.0 – 32.0]
Albúmina (g.L <sup>-1</sup> )	39.4 ± 0.85 38.0 [23.0 – 67.0]	41.0 ± 1.09 39.0 [32.0 – 52.0]	40.1 ± 1.30 38.5 [23.0 – 67.0]	33.7 ± 1.81 <sup>a</sup> 33.0 [26.0 – 49.0]
<b>MUJERES</b>				
Número	123	38	59	26
Estatura (cm)	153.4 ± 0.62 153.0 [133.0 – 175.0]	154.8 ± 1.10 154.5 [144.0 – 175.0]	152.4 ± 0.84 152.0 [133.0 – 164.0]	153.7 ± 1.51 154.0 [138.0 – 168.0]
Peso Actual (Kg)	57.2 ± 1.27 57.0 [20.0 – 103.0]	67.4 ± 2.04 65.5 [50.0 – 103.0]	56.4 ± 1.47 57.0 [31.0 – 86.0]	44.3 ± 1.97 <sup>a</sup> 44.0 [30.0 – 69.0]
IMC (Kg.m <sup>-2</sup> )	24.3 ± 0.51 23.9 [12.7 – 40.2]	28.1 ± 0.80 27.0 [20.4 – 40.2]	24.3 ± 0.60 23.8 [15.6 – 37.6]	18.74 ± 0.77 <sup>a</sup> 18.3 [12.7 – 27.2]
CB (cm)	25.8 ± 0.44 26.0 [14.6 – 38.0]	29.05 ± 0.68 28.0 [23.0 – 38.0]	25.9 ± 0.55 26.0 [15.3 – 36.0]	20.8 ± 0.63 <sup>a</sup> 20.5 [14.6 – 27.5]
CP (cm)	31.8 ± 0.42 32.0 [21.0 – 45.0]	35.2 ± 0.60 34.5 [28.8 – 45.0]	31.5 ± 0.52 32.0 [21.0 – 40.5]	27.2 ± 0.63 <sup>a</sup> 28.0 [21.0 – 34.0]
Albúmina (g.L <sup>-1</sup> )	40.0 ± 0.65 39.0 [16.0 – 62.0]	43.2 ± 1.03 42.5 [26.0 – 56.0]	40.3 ± 0.78 39.0 [26.0 – 62.0]	34.5 ± 1.53 <sup>a</sup> 34.0 [16.0 – 56.0]

<sup>a</sup>p < 0.05

Tamaño de la serie: 197.

Fuente: Serie de estudio. Servicio de Geriatria. Hospital Clínico-Quirúrgico “Hermandos Ameijeiras”.

La Tabla 4 presenta la relación entre los valores de las variables antropométricas y bioquímicas recogidas en el encuestado y el estado nutricional categorizado mediante el puntaje de la MNA. Para cada sexo, se demostró una dependencia entre el estado nutricional y el resultado de la variable en cuestión: los pacientes con puntajes < 24.0 presentaron valores significativamente disminuidos del Peso actual, IMC, CB, CP, y la Albúmina sérica, en comparación con los pacientes con puntajes ≥ 24.0.

La sensibilidad diagnóstica de la MNA fue mayor del 85.0% frente a cualquiera de las reglas de clasificación del estado nutricional del anciano: 0.900 (vs. Regla 1); 0.951 (vs. Regla 2); 0.891 (vs. Regla 3); y 0.871 (vs. Regla 4), respectivamente. La especificidad diagnóstica de la herramienta se incrementó a medida que se incluían en la regla de clasifica-

ción indicadores nutricionales tradicionales: 0.363 (vs. Regla 1); 0.433 (vs. Regla 2); 0.486 (vs. Regla 3); y 0.500 (vs. Regla 4), respectivamente.

Finalmente, la Figura 2 muestra las curvas ROC generadas después de comparar la capacidad discriminatoria de la MNA frente a las 4 reglas construidas para la categorización independiente del estado nutricional del anciano. La capacidad discriminatoria de la MNA fue mayor del 80.0%, independientemente de la “Regla-De-Oro” empleada. Debe destacarse la exactitud superior alcanzada por la MNA frente al IMC (AUC = 0.857; p < 0.05), la regla antropométrica de clasificación (AUC = 0.833; p < 0.05) y la regla mixta de clasificación (AUC = 0.825; p < 0.05), respectivamente. Sin embargo, no se comprobaron diferencias estadísticamente significativas entre los estimados de las áreas de las 4 curvas.

FIGURA 1

Modelo para la interpretación de la instalación de la desnutrición energético-nutricional en la población anciana hospitalizada

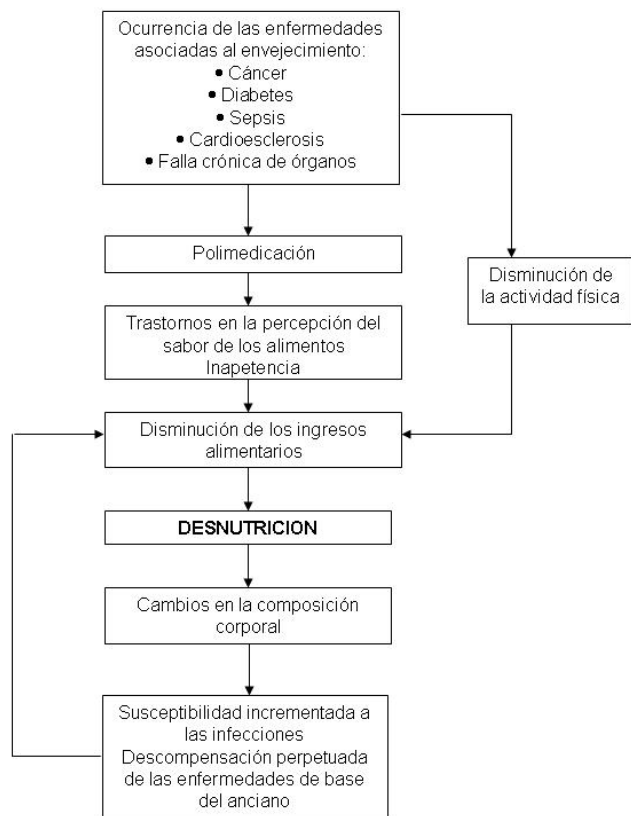
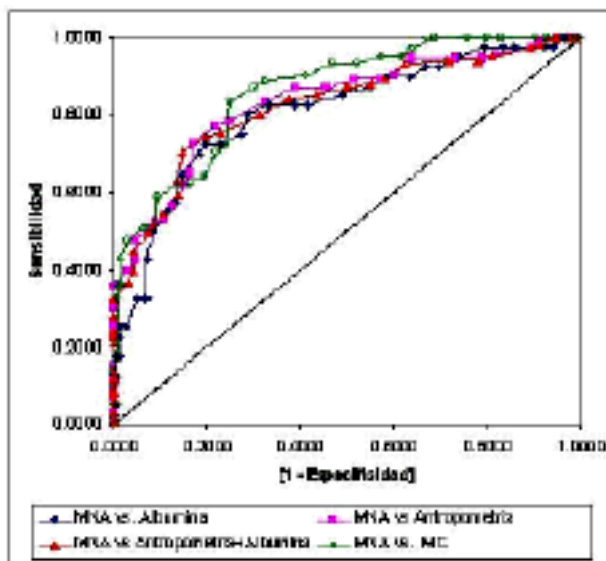


FIGURA 2

Curvas ROC generadas de la comparación de la MNA con las reglas de clasificación 1- 4 construidas para la categorización independiente del estado nutricional del anciano



Condición	Área bajo la curva
MNA vs. Albúmina	0.807 ± 0.048 [0.713 - 0.903]
MNA vs. Índice de Masa Corporal	0.857 ± 0.026 [0.670 - 1.040]
MNA vs. Antropometría	0.833 ± 0.034 [0.766 - 0.900]
MNA vs. Antropometría + Albúmina	0.825 ± 0.034 [0.737 - 0.893]

## DISCUSION

El presente artículo presenta los resultados de un ejercicio de evaluación de la validez convergente de la MNA conducido en el Servicio de Geriátría del hospital de pertenencia de los autores para responder a la pregunta siguiente: ¿La MNA puede sustituir a las herramientas tradicionales de evaluación del estado nutricional del anciano hospitalizado?, o lo que es lo mismo, pero dicho de otra manera: ¿La información que devuelve la MNA es tan útil como la obtenida después de reunir e interpretar diferentes indicadores nutricionales supuestamente objetivos?

La introducción de una herramienta diagnóstica en el dominio asistencial de la actividad médica plantea retos metodológicos. Aun cuando las características operacionales de la herramienta que se quiere introducir hayan sido documentadas por los diseñadores/propulsores, deben existir las naturales reservas acerca de la utilidad diagnóstica en un nuevo entorno de aplicación, y en poblaciones que difieren entre sí, sino genéticamente, al menos fenotípicamente (39).

La validación estadístico-matemática de la MNA, tal y como se aplicó en el Servicio de Geriátría de la institución de pertenencia de los autores, se realizó según lineamientos avanzados previamente (31-33). Sin embargo, este trabajo se distingue de los consultados por cuanto las características operacionales de la herramienta se estimaron mediante curvas ROC (26,27,29), solución que no es muy frecuente en estos ejercicios.

La MNA se aplicó a una muestra homogénea demográficamente, compuesta mayoritariamente de mujeres de piel blanca, y con edades entre 60 – 75 años de edad. Las características de la muestra empleada en este ejercicio de validación, podrían explicar la independencia del puntaje de la MNA respecto de las variables demográficas del estudio. Hay que hacer notar que se observaron puntajes nutricionales menores entre los enfermos con edades avanzadas, aunque la asociación entre estas 2 variables fue débil, si se juzga el grado de significación estadística ( $p = 0.0540$ ).

Por otro lado, los valores promedio de los indicadores nutricionales recolectados en los pacientes de la serie de estudio se encontraban dentro de los intervalos biológicos de referencia, lo que pudiera implicar *a priori* que la muestra presente se distinguió por un estado nutricional preservado (o por lo menos, no deteriorado). Fue reconfortante entonces comprobar que los resultados de la MNA convergieron (esto es, coincidieron) con los obtenidos mediante indicadores nutricionales tradicionales: los puntajes nutricionales más bajos se observaron entre los enfermos de cualquier sexo con valores disminuidos del Peso Actual, el IMC, las circunferencias de los segmentos corporales, y la Albúmina sérica.

Sin embargo, los integrantes de la muestra difirieron entre sí respecto del problema principal de salud que determinó el ingreso hospitalario: 194 pacientes se distribuyeron en 11 pro-

blemas principales de salud diferentes. (Casi) el 60.0% de los encuestados se presentaron en el momento del ingreso con 2 – 4 problemas de salud concurrentes. Contrario a lo que podría suponerse de las implicaciones de esta “heterogeneidad” diagnóstica de la serie de estudio, el puntaje de la MNA se asoció con la categoría del problema principal de salud: más de la mitad de los enfermos en 8 problemas principales de salud (que reunían cerca del 80.0% de la serie de estudio) recibió puntajes nutricionales  $< 24$ .

¿Cómo reconciliar este hallazgo con los anteriores? Es plausible que el curso de la enfermedad de base de los pacientes incluidos en cualquiera de estas 8 categorías diagnósticas sea tal que, si no ha ocasionado ya un deterioro de los indicadores nutricionales objetivos, al menos ha colocado al anciano en riesgo incrementado de desnutrirse. También pudiera ocurrir que estas categorías diagnósticas concentren aquellos ancianos con los puntajes nutricionales más bajos, los que, coincidentemente, muestran signos de depleción de los compartimientos corporales, al exhibir valores disminuidos del Peso actual y las circunferencias de los segmentos corporales, en lo que sería una muestra más de la validez convergente de la MNA.

Otros investigadores han reportado resultados similares a los apuntados en este artículo. Los ancianos octogenarios recibieron los puntajes nutricionales más bajos entre todos los encuestados en el Servicio de Medicina Interna de un hospital público de la provincia española de Murcia (34). De la misma manera, los pacientes aquejados de enfermedades crónicas, o con deterioro mental avanzado, también fueron denotados como Desnutridos/En riesgo de estarlo (35). Los bajos puntajes nutricionales se asociaron fuertemente con cifras disminuidas de las variables antropométricas y bioquímicas empleadas en el diagnóstico independiente de los trastornos nutricionales (34,35).

La validez convergente de la MNA se evaluó también de la capacidad de la herramienta de discriminar sujetos categorizados nutricionalmente mediante otras reglas de clasificación aplicadas independientemente. La MNA identificó correctamente como “Desnutrido/En riesgo de estarlo” a más del 85.0% de los enfermos categorizados independientemente como tales. Las tasas mayores de sensibilidad diagnóstica se observaron con el uso de reglas univariadas de clasificación que empleaban la Albúmina sérica (90.0%) o el IMC (95.0%). Estos estimados de sensibilidad son comparables con los apuntados en la literatura internacional (36,37).

Aunque la MNA se distinguió por su baja especificidad (apenas del 50.0% frente a una regla mixta de clasificación), este resultado podría anticiparse de la heterogeneidad clínica de la serie de estudio y la repercusión del diagnóstico primario de salud sobre el puntaje nutricional, la aplicación de la MNA en un ámbito hospitalario en el que son atendidos y tratados enfermos por descompensación/actividad de los pro-

blemas de salud que difieren en su etiopatogenia y fisiopatología, la afectación de las reglas de clasificación empleadas en este estudio por factores no-nutricionales como la sarcopenia (38), y el diseño de una herramienta orientada primariamente a la identificación de sujetos en riesgo de desnutrirse (14,39). Se debe hacer notar que la MNA incluye en su cuerpo ítems orientados a identificar situaciones de riesgo de desarrollo de trastornos nutricionales. Este elemento particular de diseño de la herramienta pudiera explicar las diferencias observadas entre la tasa de desnutrición estimada mediante la MNA, y las obtenidas del uso de las reglas de clasificación presentadas en este trabajo. Resultó interesante observar que 3 ítems de la MNA, v.g., Frecuencias de las comidas, Marcadores selectos de consumo de proteínas, y Consumo de Frutas y Vegetales, fallaron en identificar subgrupos de encuestados que diferían entre sí por el puntaje nutricional total.

La inespecificidad de la MNA y la ambigüedad de algunos de los ítems de la herramienta han justificado el diseño de formas abreviadas de la encuesta que retienen los elementos que redundan en una mayor capacidad discriminante (40,41). Se ha comprobado que la calificación nutricional del anciano es esencialmente independiente de la versión (abreviada/original) de la MNA que se utilice (37,39,42).

No obstante las deficiencias del desempeño de la MNA apuntadas anteriormente, es probable que el comportamiento de esta encuesta, tal y como se ha observado después de la aplicación de la misma en el Servicio de Geriátría, sea el verdadero: los estimados optimistas de las características operacionales de la herramienta anotados en la literatura consultada pueden corresponderse más con los resultados propios de la curva de aprendizaje de la herramienta, la fase de validación o de la aplicación en entornos no hospitalarios. Esto no quiere decir que el comportamiento actual de la MNA no pueda ser mejorado. La creación de un PNO y el entrenamiento de los equipos básicos de trabajo locales en la administración de la herramienta pudieran ser las vías para el mejoramiento de las características operacionales de la MNA, en particular, la especificidad diagnóstica.

### CONCLUSIONES

La MNA fue una herramienta útil en el diagnóstico del estado nutricional del anciano por la sencillez, economía y facilidad de aplicación (características deseables en un entorno cada día más presionado por la demanda asistencial y las exigencias de los cuerpos administrativos, reguladores y auditores), y la reunión en un cuerpo único de indicadores clásicos de afectación de los compartimientos corporales como el IMC y la CB, junto con otros factores de riesgo de desarrollo de desnutrición como los Trastornos de la masticación y la deglución, Pérdida reciente de peso, Presencia de demencia/Depresión, Enfermedad/Estrés psicológico reciente, Hábitos dietéticos, y la Autonomía en la

alimentación. De acuerdo con las curvas ROC construidas (donde el área bajo la curva representa un estimado de la exactitud de la discriminación), fue mucho más probable que, de dos pacientes extraídos arbitraria e independientemente de sendas poblaciones categorizadas nutricionalmente mediante otras reglas de clasificación, aquel proveniente de la población de Desnutridos reciba un puntaje menor de 24.0 que el extraído de la población de Bien Nutridos. La exactitud diagnóstica demostrada de la MNA permitió su extensión hacia otros escenarios de la actuación geriátrica, tal y como se describe en un segundo artículo que acompañará a este trabajo.

### AGRADECIMIENTOS

Dr. Yves Guigoz (Suiza), por suministrar los modelos de los formularios de la MNA empleados en este estudio y el Manual de Usuario para su relleno, así como parte de la bibliografía utilizada para la redacción de este artículo.

### IN MEMORIAM

Dra. Silvia Lombillo Sierra (1948 – 2004†). Fundadora del Servicio de Geriátría del Hospital Clínico-Quirúrgico “Hermanos Ameijeiras” (La Habana), y Directora del mismo hasta su fallecimiento. Los autores reconocen el interés demostrado y el apoyo brindado por la Dra. Lombillo Sierra para la realización de este trabajo.

### REFERENCIAS

1. Sullivan DH. The role of nutrition in increased morbidity and mortality. En: Nutrition, aging and age-dependent diseases. Clinics in Geriatric Medicine 1995;11:661-674.
2. Bates CJ, Benton D, Biesalski HK, Staehelin HB, van Staveren W, Stehle P, Suter PM, Wolfram G. Nutrition and aging: a consensus statement. J Nutr Health Aging 2002;6:103-16.
3. Walker RF. Is aging a disease? Aging Male 2002;5:147-69.
4. Prost JJ, Quadri RA, Arbogast A, Phelouzat MA. Molecular mechanisms of age-related lymphocyte dysfunction. Pathol Biol (Paris) 1996;44:729-36.
5. Caruso C, Candore G, Cigna D, DiLorenzo G, Sireci G, Dieli F, Salerno A. Cytokine production pathway in the elderly. Immunol Res 1996;15:84-90.
6. Rink L, Cakman I, Kirchner H. Altered cytokine production in the elderly. Mech Ageing Dev 1998;102:199-209.
7. Pierson JrRN. Body composition in aging: a biological perspective. Curr Opin Clin Nutr Metab Care 2003;6:15-20.
8. Covinsky KE, Martin GE, Beyth RJ, Justice AC, Sehgal AR, Landefeld CS. The relationship between clinical assessment of nutritional status and adverse outcomes in older hospitalized medical patients. J Am Geriatr Soc 1999;47:532-8.
9. Bienia R, Ratcliff S, Barbour GL, Kummer M. Malnutrition in the hospitalized geriatric patient. J Am Geriatr Soc 1982;30:433-6.

10. Reilly JJ Jr, Hull SF, Albert N, Waller A, Bringardener S. Economic impact of malnutrition: a model system for hospitalized patients. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 1988;12:371-6.
11. Sullivan DH, Sun S, Walls RC. Protein-energy undernutrition among elderly hospitalised patients: a prospective study. *JAMA* 1999;281:2013-9.
12. Mowe M, Bohmer T. The prevalence of undiagnosed protein-calorie undernutrition in a population of hospitalized elderly patients. *J Am Geriatr Soc* 1991;39:1089-92.
13. Constans T, Bacq Y, Brechot JF, Guilmot JL, Choutet P, Lamisse F. Protein-energy malnutrition in elderly medical patients. *J Am Geriatr Soc* 1992;40:263-8.
14. Guigoz Y, Vellas BJ, Garry PJ. Assessing the nutritional status of the elderly: the Mini Nutritional Assessment as part of the geriatric evaluation. *Nutr Rev* 1996;54:S59-S65.
15. PNO 2.027.02. Mini Encuesta Nutricional del Anciano. Manual de Procedimientos. Grupo de Apoyo Nutricional. Hospital Clínico-Quirúrgico "Hermanos Ameijeiras". Segunda Edición. Ciudad Habana: 2002.
16. Santana Porbén S. Sistema de Documentación y Registros. Su lugar dentro de un Programa de Intervención Alimentaria, Nutricional y Metabólica. *Nutrición Hospitalaria (España)* 2005;20:331-42.
17. Folstein SE, McHugh PR. Mini-mental state. A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *J Psychiatr Res* 1975;12:189-198.
18. Yesavage JA, Brink TL. Development and a validation of a geriatric depression screening scale: a preliminary report. *J Psychiatr Res* 1983;17:37-49.
19. Yesavage JA. Geriatric Depression Scale. *Psychopharmacol Bull* 1988;24:709-11.
20. PNO 2.013.98. Mediciones antropométricas. Manual de Procedimientos. Grupo de Apoyo Nutricional. Hospital Hermanos Ameijeiras. Segunda Edición. Ciudad Habana: 2000.
21. Weiner JS, Lourie JA. *Practical Human Biology*. Academic Press. London: 1981.
22. Lohman TG, Roche A, Martorell R. *Anthropometric standardization reference manual*. Human Kinetics Books. Primera Edición. Champaign, Illinois: 1988.
23. Santana Porbén S. Evaluación bioquímica del estado nutricional del paciente hospitalizado. *Nutrición Clínica (México)* 2003;6:293-311.
24. Henderson AR. Chemistry with confidence: should Clinical Chemistry require confidence intervals for analytical and other data? *Clin Chem* 1993;39:929-35.
25. Martínez Canalejo H, Santana Porbén S. *Manual de Procedimientos Estadísticos*. Editorial Ciencias Médicas. Ciudad Habana: 1989.
26. Zweig MH, Campbell G. Receiver operating curve (ROC) plots: a fundamental evaluation tool in clinical medicine. *Clin Chem* 1993;39:561-77.
27. Beck JR, Shultz EK. The use of relative operating characteristic (ROC) curves in test performance evaluation. *Arch Pathol Lab Med* 1986;110:13-20.
28. Forsström J. Transferability of diagnostic expert systems between different hospitals. En: *Machine learning in clinical medicine by knowledge acquisition from patient databases*. *Annales Universitatis Turkuensis*. Turku: 1992.
29. Swets JA. Measuring the accuracy of diagnostic systems. *Science* 1988;240:1285-93.
30. Chumlea WC. Is the MNA valid in different populations and across practice settings? *J Nutr Health Aging* 2006;10:524-7.
31. Villalobos Gámez JL, García Almeida JM, Guzmán de Damas JM, Rioja Vázquez R, Osorio Fernández D, Rodríguez García LM, del Río Mata J, Ortiz García C, Gutiérrez Bedmar M. INFORNUT process: validation of the filter phase-FILNUT- and comparison with other methods for the detection of early hospital hyponutrition. *Nutr Hosp* 2006;21:491-504.
32. Villamayor Blanco L, Llimera Rausell G, Jorge Vidal G, González Pérez-Crespo C, Iniesta Navalón C, Mira Sirvent MC, Martínez Penella M, Rabell Iñigo S. Nutritional assessment at the time of hospital-admission: study initiation among different methodologies. *Nutr Hosp* 2006;21:163-72.
33. Ignacion de Ulibarri J, González Madroño A, de Villar NG, González P, González B, Mancha A, Rodríguez F, Fernández G. CONUT: a tool for controlling nutritional status. First validation in a hospital population. *Nutr Hosp* 2005;20:38-45.
34. Gómez Ramos MJ, González Valverde FM, Sánchez Alvarez C. Nutritional status of an hospitalised aged population. *Nutr Hosp* 2005;20:286-92.
35. Gómez Ramos MJ, González Valverde FM. High prevalence of undernutrition in Spanish elders admitted to a general hospital and associated factors. *Arch Latinoam Nutr* 2005;55:71-6.
36. Guigoz Y, Vellas B. The Mini Nutritional Assessment (MNA) for grading the nutritional state of elderly patients: Presentation of the MNA, history and validation. En: *Mini Nutritional Assessment (MNA): Research and practice in the elderly* (Editores: Vellas B, Garry PJ, Guigoz Y). Nestlé Nutrition Workshop Series Clinical & Performance Programme. Vol. 1. Karger AG. Basilea:1999. Pp 3.
37. Sieber CC. Nutritional screening tools- How does the MNA compare? Proceedings of the session held in Chicago May 2-3, 2006 (15 years of Mini Nutritional Assessment). *J Nutr Health Aging* 2006;10:488-92.
38. Volkert D, Kruse W, Oster P, Schlierf G. Malnutrition in geriatric patients: diagnostic and prognostic significance of nutritional parameters. *Ann Nutr Metab* 1992;36:97-112.
39. Guigoz Y. The Mini Nutritional Assessment (MNA) review of the literature- What does it tell us? *J Nutr Health Aging* 2006;10:466-85.
40. Chumlea WC, Hall G, Lilly F, Siervogel RM, Guo SS. The Mini Nutritional Assessment and body composition in healthy adults. En: *Mini Nutritional Assessment (MNA): Research and practice in the elderly* (Editores: Vellas B, Garry PJ, Guigoz Y). Nestlé Nutrition Workshop Series Clinical & Performance Programme. Vol. 1. Karger AG. Basilea:1999. Pp. 13.
41. Rubenstein LZ, Harker J, Guigoz Y, Vellas B. Comprehensive Geriatric Assessment (CGA) and the MNA: An overview of CGA, Nutritional assessment, and development of a shortened version of the MNA. En: *Mini Nutritional Assessment (MNA): Research and practice in the elderly* (Editores: Vellas B, Garry PJ, Guigoz Y). Nestlé Nutrition Workshop Series Clinical & Performance Programme. Vol. 1. Karger AG. Basilea:1999. Pp. 101.
42. Vellas B, Villars H, Abellan G, Soto ME, Rolland Y, Guigoz Y, Morley JE, Chumlea W, Salva A, Rubenstein LZ, Garry P. Overview of the MNA- Its history and challenges. *J Nutr Health Aging* 2006;10:456-63.

Recibido: 06-05-2007

Aceptado:05-09-2007

## Estado nutricional de ancianos cubanos atendidos en 3 escenarios diferentes: Comunidad, servicio de geriatría, hogar de ancianos

*Alina González Hernández, Magdalena Cuyá Lantigua, Hilda González Escudero, Ramón Sánchez Gutiérrez, Rafael Cortina Martínez, Jesús Barreto Penié, Sergio Santana Porbén, Alberto Rojas Pérez*

Hospital Clínico-Quirúrgico "Hermandos Ameijeiras". San Lázaro. Centro Habana. Ciudad, Cuba

**RESUMEN.** Se presentan las tasas de desnutrición estimadas en ancianos encuestados mediante la Mini Encuesta Nutricional del Anciano (MNA) en 3 escenarios diferentes: Comunidad: pueblo de Cojimar (Ciudad de La Habana); Servicio de Geriatría: Hospital Clínico-quirúrgico "Hermandos Ameijeiras" (Ciudad de La Habana) y Hogar de Ancianos (ciudad de Cárdenas, provincia de Matanzas). La frecuencia de trastornos nutricionales fue del 2.7% entre los encuestados en la comunidad costera de Cojimar, pero se incrementó hasta ser del 91.6% entre los atendidos en el Servicio de Geriatría, y del 95.3% entre los sujetos institucionalizados en el Hogar de Ancianos, respectivamente. La ocurrencia de desnutrición puede ser baja entre los ancianos que viven libremente en la comunidad, pero puede afectar a casi la totalidad de aquellos que acuden a las instituciones públicas de salud para ser atendidos. La extensión de la desnutrición entre los sujetos mayores de 60 años en los escenarios de la atención geriátrica debe conducir a la adopción de las medidas necesarias para el reconocimiento temprano, y el tratamiento oportuno, de este problema de salud.

**Palabras clave:** Desnutrición, envejecimiento, mini encuesta nutricional, evaluación nutricional, comunidad, hogar de ancianos, hospital.

**SUMMARY. Nutritional status of Cuban elders in three different geriatric scenarios: Community, geriatrics service, nursery home.** The undernutrition rates observed in Cuban elders surveyed in three different geriatric scenarios: Community: coastal town of Cojimar (City of Havana); Geriatrics Service ("Hermandos Ameijeiras" Hospital, City of Havana); and Nursery Home (city of Cárdenas, province of Matanzas) by means of the Mini Nutritional Assessment (MNA) of the Elderly are presented. Undernutrition rates were 2.7% among elders surveyed in the coastal community of Cojimar, but increased to become 91.6% among those admitted to the hospital Geriatrics Service, and 95.3% for those institutionalized in the Nursery Home, respectively. The occurrence of undernutrition can be low among elders living freely in the community, but it might affect a vast number of those seeking medical assistance at the public health institutions. Extent of undernutrition among elders in geriatric assistance scenarios should lead to the adoption of the required measures for early identification, and timely treatment, of this health problem.

**Keywords:** Undernutrition, aging, mini nutritional assessment, nutritional assessment, community, nursery home, geriatrics service.

### INTRODUCCION

La desnutrición asociada al envejecimiento puede variar según el escenario de la atención médica en la que esté insertado el anciano. El desmedro nutricional puede ser poco frecuente entre los mayores de 60 años que viven libremente en la comunidad, pero hacerse prevalente entre los internados en servicios hospitalarios de Geriatría, o institucionalizados en hogares de ancianos. No sólo eso: el estado nutricional del anciano puede convertirse en un importante indicador pronóstico de la mortalidad antes del año del egreso hospitalario (1,2). Se justifica entonces el diseño y conducción de programas de intervención para aminorar el impacto de la desnutrición sobre la morbimortalidad y la respuesta al tratamiento médico-quirúrgico de estas subpoblaciones, así como para el logro de un envejecimiento saludable.

El reconocimiento temprano de los trastornos nutricionales del anciano requiere de una herramienta diagnóstica sencilla

en el diseño, fácil de administrar y útil en cuanto a los resultados que devuelve. La Mini Encuesta Nutricional del Anciano (MNA) sobresale de entre todas las propuestas para este fin (3-5). Se han documentado la validez convergente y las características operacionales de la herramienta en diferentes poblaciones y entornos de aplicación (6-19).

En el primero de 2 trabajos relacionados se presentaron el proceso de introducción de la MNA en un servicio hospitalario de Geriatría, el ejercicio de validación de la validez convergente de la herramienta, y la estimación de las características operacionales. Más de la mitad de los enfermos en 8 categorías de salud que abarcaban el 80.0% de la serie de estudio estaba desnutrido. El estado nutricional fue independiente de las variables demográficas del estudio, si bien se comprobó una débil asociación entre el puntaje de la MNA y la edad del encuestado. Se observaron puntajes nutricionales más bajos entre los encuestados con valores disminuidos de los indicadores antropométricos y bioquímicos del estado

nutricional. La capacidad discriminadora de la MNA fue mayor del 80.0% frente a reglas uni- o multivariadas de clasificación del estado nutricional del anciano.

El siguiente paso en el proceso de introducción de la MNA en la práctica asistencial geriátrica fue utilizar la encuesta para estimar la frecuencia de trastornos nutricionales en el anciano atendido en 3 escenarios diferentes: Comunidad, Servicio hospitalario de Geriátrica, y Hogar de ancianos. En este segundo artículo se presentan los resultados de la aplicación de la MNA en los 3 entornos enumerados.

## MATERIALES Y METODOS

### Escenarios geriátricos

La MNA se aplicó independientemente, por un encuestador local capacitado y entrenado por el Grupo de Apoyo Nutricional (GAN) del Hospital Clínico quirúrgico "Hermanos Ameijeiras", en 3 locaciones y momentos diferentes: Comunidad: pueblo costero de Cojimar, situado a 15 Km del este de la capital del país (AGL); Servicio de Geriátrica del Hospital "Hermanos Ameijeiras" (RSG); y Hogar de Ancianos de la ciudad de Cárdenas (provincia de Matanzas), a 135 Km del este de la capital (RCM).

Dos de los encuestadores locales (AGL y RCM) se reclutaron entre los asistentes a la 4ta edición del Diplomado en Nutrición Clínica que el GAN organizó y condujo entre 2002 – 2003, de conjunto con el Departamento de Clínica de la Nutrición del Instituto de Nutrición e Higiene de los Alimentos, y administraron la MNA en los escenarios correspondientes como parte del ejercicio de término del Diploma. El tercer encuestador (RSG) fue un Residente del tercer año de la especialidad de Geriátrica del Hospital "Hermanos Ameijeiras", que aplicó la MNA en el Servicio de pertenencia como parte del ejercicio para recibir el título de Especialista de Primer Grado.

Como parte del programa de capacitación y entrenamiento de los encuestadores locales, se entregaron sendas copias del procedimiento normalizado de operación (PNO) redactado por los especialistas del GAN con las instrucciones para el correcto relleno de la MNA (20), con fines de autoestudio, y como guía durante el proceso de administración de la herramienta. Los encuestadores se entrenaron en la aplicación, e interpretación de los resultados, de la MNA bajo la supervisión de los especialistas del GAN (JBP y SSP), o del Servicio de Geriátrica (HGE y ARP).

Terminado el período de entrenamiento, se juzgó que los encuestadores estaban capacitados para aplicar la MNA en sus lugares de influencia.

### Aplicación de la MNA

Concluidas las etapas de capacitación y entrenamiento, los encuestadores aplicaron la MNA en los siguientes escena-

rios: el Servicio de Geriátrica del Hospital "Hermanos Ameijeiras" (Noviembre 2001 – Octubre del 2002); un área primaria de salud del pueblo de Cojimar, Municipio Habana del Este, Ciudad Habana (Mayo 2002 – Junio 2002); y un hogar de ancianos de la ciudad de Cárdenas, Matanzas (Mayo 2002 – Junio 2002).

La MNA se aplicó a todos los ancianos que vivían en el área primaria de salud seleccionada del pueblo de Cojimar, y a todos los institucionalizados en el Hogar de Ancianos de la ciudad de Cárdenas. En el caso del Servicio de Geriátrica, la MNA se administró a los primeros 500 ingresos realizados.

A los sujetos a encuestar en cada escenario se les explicó detalladamente el alcance, los objetivos y los resultados a esperar de la conducción de este proyecto, y en consecuencia, el pleno derecho de consentir en participar del mismo, así como la observancia del derecho a la privacidad.

La MNA asigna al paciente a una categoría nutricional según el puntaje recibido en sus 4 componentes: Mediciones antropométricas, Evaluación Global del estilo de vida del paciente (la medicación y la autonomía), Encuesta sobre hábitos dietéticos y alimentarios, y Evaluación de la autopercepción de la salud y el estado nutricional. Según el puntaje recibido, se definen las 3 posibles categorías nutricionales: No Desnutrido:  $\geq 24$ ; Riesgo de desnutrición:  $17 - 23.5$ ; y Desnutrición presente:  $< 17.0$ .

El anciano encuestado fue denotado como desnutrido si el puntaje recibido después de aplicada la MNA fue menor de 24 (20).

### Análisis estadístico-matemático y presentación de los resultados

Las encuestas rellenas en cada escenario fueron vaciadas en una base de datos construida en Access 7.0 para Office (Microsoft, Redmont, Virginia, EEUU). La base de datos fue filtrada convenientemente para obtener las características sociodemográficas de las subpoblaciones encuestadas y la prevalencia de los trastornos nutricionales. Los resultados de las variables cuantitativas se describieron mediante medidas de tendencia central y dispersión. Los resultados de las variables cualitativas se agruparon por categorías de clasificación. Las categorías individualizadas se expresaron como porcentajes del tamaño de la muestra. En cada escenario se obtuvo la tasa correspondiente de desnutrición como la proporción de sujetos encuestados que recibieron puntajes menores de 24. Se construyeron intervalos de confianza al  $100(1 - \alpha)$  de los estimados de las proporciones muestrales mediante los algoritmos descritos previamente (21). Se evaluó la existencia de diferencias significativas entre subgrupos de pacientes mediante pruebas estadísticas para proporciones poblacionales (22). Se utilizó un nivel de significación del 5.0% (22).

## RESULTADOS

### Aplicación de la MNA: Servicio de geriatría de un hospital terciario

La MNA fue aplicada en el Servicio de Geriatría del Hospital "Hermanos Ameijeiras" a 500 pacientes de nuevo ingreso 3 años después de realizado el estudio de validación (2003). Los detalles de este estudio han sido expuestos previamente (23). Las características clínicas y sociodemográficas de la serie de estudio se muestran en la Tabla 1. Solo se constataron

diferencias respecto de las principales causas de morbilidad de los pacientes. A diferencia de la primera serie, donde predominaron las neoplasias y procesos linfoproliferativos (22.8%), las enfermedades del corazón y vasos sanguíneos (15.7%), y las enfermedades infecciosas (12.2%), en ésta se destacaron (por orden de presentación) las enfermedades del corazón y vasos sanguíneos (16.6%), las neoplasias y procesos linfoproliferativos (15.6%), la diabetes mellitus (12.4%), y las enfermedades infecciosas (12.2%).

TABLA 1  
Estimados de frecuencia de desnutrición en diferentes latitudes geográficas, obtenidos después del uso de la MNA

Escenario	Referencias	Resultados de la MNA		
		Bien nutridos	Riesgo de desnutrición	Desnutridos
		> 24	17.0 – 23.5	< 17.0
Ancianos que viven en la comunidad	Vellas, Scheirlinckx [6, 7]	78.5	21.0	0.5
	Maaravi y cols. [8]	91.0	8.3	0.7
	Kabir y cols. [9]	12.0	62.0	26.0
Ancianos que reciben asistencia médica en el hogar	Soini, Routasalo, Lagström [10]	49.0	48.0	3.0
	Saletti y cols. [11]	51.0	41.0	8.0
	Ricart Casas y cols. [12]	28.3	51.9	20.2
Ancianos hospitalizados	Gómez Ramos y González Valverde;			
	Gómez Ramos y cols. [13,14]	ND	ND	50.0
	Izaola y cols. [15]	2.2	29.6	68.2
	Azad y cols. [16]	40.8	44.1	15.1
Ancianos institucionalizados	Rodríguez y cols. [17]	46.0	48.0	5.6
	Suominen y cols. [18]	11.0	60.0	29.0
	Wojszel [19]	27.0	61.0	12.0

ND: No disponible.

Solo 42 [8.4%] de los pacientes encuestados obtuvieron puntajes mayores de 24 después de aplicada la MNA. La proporción de sujetos con puntajes menores de 17 fue del 39.0%. La tasa global de desnutrición fue del 91.6%. La tasa corriente de desnutrición en el Servicio fue superior a la documentada 3 años antes (91.6% vs. 68.5%; prueba de comparación de proporciones poblacionales;  $p < 0.05$ ).

### Aplicación de la MNA: Hogar de Ancianos

La MNA se aplicó a 106 pacientes institucionalizados en un Hogar de Ancianos de la ciudad de Cárdenas (Provincia de Matanzas). Los detalles de este trabajo se han expuesto previamente (24). A diferencia de las series de estudio presentadas anteriormente, en ésta predominaron los hombres (78.3%) (Tabla 1). Las enfermedades psiquiátricas (28.3%) constituyeron el diagnóstico principal en esta serie de estudio, seguidas de las afecciones del corazón y vasos sanguíneos

(25.5%). Hay que destacar que también fueron frecuentes en esta serie las cataratas y la pérdida (parcial/total) de los dientes.

Solo 5 [4.7%] de los encuestados obtuvieron puntajes iguales/mayores de 24 después de aplicada la MNA. La proporción de sujetos con puntajes menores de 17 fue del 50.0%. La tasa global de desnutrición fue del 95.3%.

### Aplicación de la MNA: Area Primaria de Salud

La MNA se aplicó a 37 adultos mayores de 60 años de edad radicados en la comunidad costera de Cojimar, Municipio Habana del Este, Ciudad Habana. Los detalles de este estudio se han expuesto previamente (25). Veintisiete [72.9%] de los encuestados eran mujeres. Veinticinco [67.5%] de los sujetos encuestados mostraban valores del Índice de Masa Corporal (IMC) mayores de 25 kg.m<sup>2</sup>. Solo uno [2.7%] de los encuestados recibió puntajes entre 17.0 – 23.5. El IMC de este sujeto fue menor de 19.0 kg.m<sup>2</sup>.

TABLA 2

Aplicación de la MNA en un Servicio de Geriátría y un Hogar de Ancianos. Características demográficas y clínicas de los pacientes de la serie de estudio. Se muestran el número de pacientes y (entre corchetes) el porcentaje que representa respecto del tamaño de la serie. Se realiza el hallazgo principal con negrita

Característica	Servicio de Geriátría	Hogar de Ancianos
Número de pacientes	500	106
Edad	Menores de 60 años: 14 [2.8%] <b>Entre 60 – 75 años: 248 [49.6%]</b> Entre 76 – 85 años: 188 [37.6%] Mayores de 85 años: 50 [10%]	Menores de 60 años: 10 [9.4%] <b>Entre 60 – 75 años: 42 [39.6%]</b> Entre 76 – 85 años: 34 [32.1%] Mayores de 85 años: 20 [18.9%]
Sexo	<b>Femenino: 320 [64%]</b> Masculino: 180 [36%]	Femenino: 23 [21.7%] <b>Masculino: 83 [78.3%]</b>
Color de la piel	<b>Blanca: 446 [89.2%]</b> Mestiza: 16 [3.2%] Negra: 38 [7.6%]	NO REGISTRADO
Problemas de salud concurrentes	Ninguno: 1 [0.2%] Un problema: 152 [30.4%] <b>Entre 2 – 4 problemas: 344 [68.8%]</b> Entre 5 – 7 problemas: 3 [0.6%]	Ninguno: 7 [6.6%] Un Problema: 25 [23.6%] <b>Entre 2 – 4: 68 [64.1%]</b> Entre 5 – 6: 6 [5.7%]
Diagnósticos principales	<b>Corazón y vasos sanguíneos: 83 [16.6%]</b> <b>Neoplasias y procesos linfoproliferativos: 78 [15.6%]</b> <b>Diabetes mellitus: 62 [12.4%]</b> <b>Enfermedades infecciosas: 61 [12.2%]</b> Hipertensión arterial: 45 [9.0%] Misceláneas: 38 [7.6%] Enfermedad gastrointestinal: 38 [7.6%] Ortopédica: 36 [7.2%] Enfermedad neurológica: 19 [3.8%] EPOC: 17 [3.4%] Hígado y vías biliares: 11 [2.2%] Enfermedad psiquiátrica: 10 [2.0%] No declarada: 1 [0.2%]	<b>Enfermedades psiquiátricas: 30 [28.3%]</b> <b>Corazón y vasos sanguíneos: 27 [25.5%]</b> <b>Misceláneas: 24 [22.6%]</b> No declarados: 7 [6.6%] EPOC: 6 [5.7%] Diabetes mellitus: 3 [2.8%] Neoplasia y procesos linfoproliferativos: 3 [2.8%] Enfermedades neurológicas: 2 [1.9%] Ortopédica: 1 [0.9%] Enfermedad gastrointestinal: 1 [0.9%] Hígado y vías biliares: 1 [0.9%] Riñón y vías urinarias: 1 [0.9%]

La categoría Misceláneas de diagnóstico principal se creó con un grupo heterogéneo de pacientes con diagnósticos tan disímiles como Hernia inguinal, Cataratas, Anemia ferripriva, y Pérdida (parcial/total) de los dientes.

## DISCUSION

En este trabajo se presentan y discuten los resultados del uso de la MNA en la evaluación del estado nutricional de los sujetos mayores de 60 años atendidos en varios escenarios médicos, con la intención de convertirla en un complemento de la evaluación geriátrica integral de los mismos. Estos escenarios cubrieron desde la atención primaria de salud hasta un Servicio especializado en un hospital de tercer nivel, pasando por un Hogar de Ancianos.

Llama la atención las dispares tasas de trastornos nutricionales según el escenario médico (Figura 1). La desnutrición fue virtualmente nula entre los adultos mayores que viven libremente en la comunidad, pero llegó a ser casi

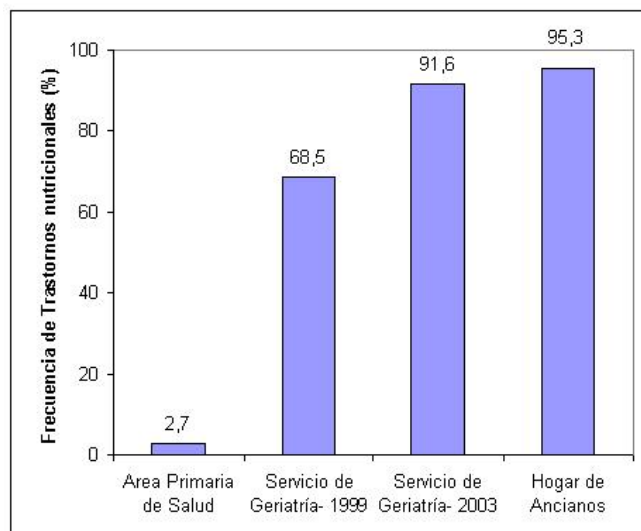
universal entre aquellos internados en un Hogar de Ancianos.

También fue muy llamativo que la frecuencia de los trastornos nutricionales se incrementara en más de 20 puntos en el mismo Servicio de Geriátría en apenas 4 años.

La desnutrición no parece ser un fenómeno epidemiológico importante entre los sujetos mayores de 60 años que viven libremente en la comunidad (26, 27). De hecho, el exceso de peso constituye el hallazgo nutricional más frecuente en tales poblaciones (28,29). El exceso de peso podría representar una de las facetas del Síndrome metabólico (30). Sin embargo, la consecución y preservación de valores del IMC entre 25 – 30 kg.m<sup>2</sup> por sujetos mayores de 60 años podría asociarse con un riesgo menor de enfermarse (31, 32).

FIGURA 1

Frecuencia de trastornos nutricionales observados en sujetos mayores de 60 años encuestados en diferentes escenarios de la atención médica. Se muestran las proporciones de sujetos que alcanzaron puntajes de la MNA menores de 24 en cada escenario



Ahora bien, la desnutrición parece ser un hallazgo propio de la hospitalización de adultos mayores y ancianos, a juzgar de los resultados obtenidos en el Servicio de Geriátría del hospital terciario. La desnutrición hospitalaria no es un fenómeno epidemiológicamente nuevo. Existe una extensa literatura consistente en devolver estimados de desnutrición hospitalaria entre 30–70% de los pacientes hospitalizados, aunque las observadas entre los ancianos pueden ser mayores (33, 34). Según la Encuesta Cubana de Desnutrición Hospitalaria (ELAN-CUBA), la frecuencia de pacientes con desmedro nutricional fue del 41.2% (35). La edad fue un predictor independiente de la ocurrencia de trastornos nutricionales (35). Luego, los resultados observados con la MNA concuerdan con (y complementan) los provistos por el Estudio ELAN-CUBA. Estos hallazgos en modo alguno son exclusivos de Cuba. Se remite el lector a otras publicaciones para más detalles (13–16, 36).

Es significativo que la frecuencia de trastornos nutricionales en el Servicio de Geriátría del hospital de pertenencia de los autores haya aumentado tanto en tan poco tiempo, cuando podría anticiparse que la misma permanecería estable, más allá de variaciones estacionales. No se pudieron comprobar cambios importantes en las características demográficas y clínicas de las subpoblaciones atendidas en los 2 momentos del estudio. Por lo tanto, no pudo sostenerse la hipótesis de que un incremento de la frecuencia de trastornos nutricionales pudiera ser la consecuencia natural de una

población más envejecida, o de un mayor deterioro del estado de salud de la subpoblación encuestada en el segundo momento.

Se podrían avanzar otras hipótesis para explicar el incremento de la frecuencia de trastornos nutricionales observado en el Servicio de Geriátría. Las tasas incrementadas de desnutrición pudieran ser la resultante de la evolución y/o la gravedad de la(s) enfermedad(es) que aquejan al paciente, la pérdida de la autonomía, y el abandono de funciones y actividades, incluida la de alimentarse por sí mismo, aunque hay que hacer notar que la elucidación de las mismas no constituyó un objetivo de este trabajo <sup>(1)</sup>.

Merece comentarse la elevada tasa de trastornos nutricionales observada en el Hogar de Ancianos. Si se juzga de las características sociodemográficas y clínicas de la serie de estudio, predominaron los hombres y las enfermedades psiquiátricas como el principal diagnóstico de salud, en contraste con lo observado en las otras subpoblaciones. Ello apuntaría hacia la existencia de factores biológicos que expliquen, en parte, tan elevada tasa de desnutrición. Las enfermedades psiquiátricas pueden alterar profundamente las relaciones del sujeto con el entorno en que está inmerso, y causar el abandono de funciones y actividades, lo que haría más compleja la interpretación del fenómeno epidemiológico observado, como ha sido apuntado previamente (11,12)]. No obstante, no deben soslayarse fallos inherentes a la provisión de cuidados nutricionales a los pacientes institucionalizados crónicamente, como se ha señalado en la literatura internacional (37–39). Se espera que los resultados apuntados en este trabajo sirvan de punto de partida para una indagación más profunda en las causas de este fenómeno epidemiológico.

## CONCLUSIONES

Los resultados documentados en este artículo después de la aplicación de la MNA en 3 escenarios geriátricos distintos permitieron establecer las tasas de trastornos nutricionales en subpoblaciones de ancianos que difieren entre sí por los estilos de vida. La desnutrición documentada en el envejecimiento puede resultar de la actuación de factores biológicos, entre ellos, la edad y los problemas concurrentes de salud. No debería desecharse, sin embargo, la presencia de prácticas culturales institucionales y asistenciales relacionadas con la provisión de cuidados médicos y nutricionales al anciano en los diferentes entornos de la asistencia sanitaria.

<sup>1</sup> La posibilidad de un sobrerregistro del fenómeno epidemiológico fue descartada cuando se demostró que los puntajes de la MNA asignados a los pacientes de esta serie de estudio se asociaban fuertemente con los valores del IMC ( $\chi^2 = 5.76$ ;  $p < 0.05$ ; datos no mostrados).

La MNA demostró ser una herramienta sensible en la detección de trastornos nutricionales entre sujetos mayores de 60 años de edad. Los resultados descritos en este artículo complementan los observados por investigadores en otras áreas geográficas sobre las características operacionales de la MNA (7–19). Por lo tanto, se deben hacer los esfuerzos necesarios para incorporarla como una herramienta más de los protocolos de evaluación geriátrica integral existentes en las unidades del Sistema Nacional de Salud del país que sirva para identificar a los adultos mayores y ancianos con signos de deterioro nutricional, que serán los beneficiados de los programas de intervención que sean pertinentes. La literatura acumulada hasta el momento ofrece evidencias a favor de estas líneas de pensamiento y acción (40).

### AGRADECIMIENTOS

Licenciadas en Enfermería Carmen Martínez González y Alicia Espinosa Borrás, del Grupo de Apoyo Nutricional del Hospital Clínico quirúrgico “Hermanos Ameijeiras”, por la colaboración prestada en la realización de este trabajo.

### REFERENCIAS

- Cowan DT, Roberts JD, Fitzpatrick JM, While AE, Baldwin J. Nutritional status of older people in long term care settings: current status and future directions. *Int J Nurs Stud* 2004; 41:225-37.
- Sullivan DH, Sun S, Walls RC. Protein-energy undernutrition among elderly hospitalised patients: a prospective study. *JAMA* 1999;281:2013–9.
- Guigoz Y, Vellas BJ, Garry PJ. Assessing the nutritional status of the elderly: the Mini Nutritional Assessment as part of the geriatric evaluation. *Nutr Rev* 1996;54:S59-S65.
- Guigoz Y. The Mini Nutritional Assessment (MNA) review of the literature— What does it tell us? *J Nutr Health Aging* 2006;10:466-85.
- Sieber CC. Nutritional screening tools— How does the MNA compare? Proceedings of the session held in Chicago May 2–3, 2006 (15 years of Mini Nutritional Assessment). *J Nutr Health Aging* 2006;10:488-92.
- Guigoz Y, Vellas B. The Mini Nutritional Assessment (MNA) for grading the nutritional state of elderly patients: Presentation of the MNA, history and validation. En: *Mini Nutritional Assessment (MNA): Research and practice in the elderly* (Editores: Vellas B, Garry PJ, Guigoz Y). Nestlé Nutrition Workshop Series Clinical & Performance Programme. Vol. 1. Karger AG. Basilea:1999. Pp 3.
- Scheirlinckx K, Vellas B, Garry PJ. The MNA score in people who have aged successfully. *Nestlé Nutr Workshop Ser Clin Perform Programme* 1999;1:61-5.
- Maaravi Y, Berry EM, Ginsberg G, Cohen A, Stessman J. Nutrition and quality of life in the aged: the Jerusalem 70-year olds longitudinal study. *Aging (Milano)* 2000;12:173-9.
- Kabir ZN, Ferdous T, Cederholm T, Khanam MA, Streatfield K, Wahlin A. Mini Nutritional Assessment of rural elderly people in Bangladesh: the impact of demographic, socio-economic and health factors. *Public Health Nutr* 2006;9:968-74.
- Soini H, Routasalo P, Lagström H. Characteristics of the Mini-Nutritional Assessment in elderly home-care patients. *Eur J Clin Nutr* 2004;58:64-70.
- Saletti A, Johansson L, Yifter-Lindgren E, Wissing U, Osterberg K, Cederholm T. Nutritional status and a 3-year follow-up in elderly receiving support at home. *Gerontology* 2005;51:192-8.
- Ricart Casas J, Pinyol Martínez M, de Pedro Elvira B, Devant Altimir M, Benavides Ruiz A. Malnutrition of home care patients. *Atención Primaria (España)* 2004;34:238-43.
- Gómez Ramos MJ, González Valverde FM. High prevalence of undernutrition in Spanish elders admitted to a general hospital and associated factors. *Arch Latinoam Nutr* 2005;55:71-6.
- Gómez Ramos MJ, González Valverde FM, Sánchez Alvarez C. Nutritional status of an hospitalised aged population. *Nutr Hosp* 2005;20:286-92.
- Izaola O, de Luis Román DA, Cabezas G, Rojo S, Cuellar L, Terroba MC, Aller R, González Sagrado M. Mini Nutritional Assessment (MNA) test as a tool of nutritional evaluation in hospitalized patients. *An Med Interna* 2005;22:313-6.
- Azad N, Murphy J, Amos S, Toppan J. Nutrition survey in an elderly population following admission to a tertiary care hospital. *Can Med Assoc J* 1999;161:511–5.
- Rodríguez N, Hernández R, Herrera H, Barbosa J, Hernández Valera. Nutritional status of institutionalized Venezuelan elderly. *Invest Clin* 2005;46:219-28.
- Suominen M, Muurinen S, Routasalo P, Soini H, Suur-Uski I, Peiponen A, Finne-Soveri H, Pitkala KH. *Eur J Clin Nutr* 2005;59:578-83.
- Wojszel ZB. Determinants of nutritional status of older people in long-term care settings on the example of the nursing home in Białystok. *Adv Med Sci* 2006;51:168-73.
- PNO 2.027.02. Mini Encuesta Nutricional del Anciano. Manual de Procedimientos. Grupo de Apoyo Nutricional. Hospital Clínico-Quirúrgico “Hermanos Ameijeiras”. Segunda Edición. Ciudad Habana: 2002.
- Henderson AR. Chemistry with confidence: should Clinical Chemistry require confidence intervals for analytical and other data? *Clin Chem* 1993;39:929-35.
- Martínez Canalejo H, Santana Porbén S. Manual de Procedimientos Estadísticos. Editorial Ciencias Médicas. Ciudad Habana: 1989.
- Sánchez Gutiérrez R. Estado nutricional de los pacientes ancianos hospitalizados en el Servicio de Geriátrica. Trabajo de terminación de residencia en Geriátrica. Servicio de Geriátrica. Hospital Clínico-Quirúrgico “Hermanos Ameijeiras”. Ciudad Habana: 2003.
- Cortina Martínez R. Estado nutricional de adultos mayores de 60 años institucionalizados en un Hogar de Ancianos de la provincia de Matanzas. Trabajo de terminación de Diplomado en Nutrición Clínica. Grupo de Apoyo Nutricional. Hospital Clínico-Quirúrgico “Hermanos Ameijeiras”. Ciudad Habana: 2002.

25. González Hernández A. Estado nutricional de los adultos mayores del Consultorio del Médico de Familia y su relación con los hábitos alimentarios. Trabajo de terminación del Diplomado en Nutrición Clínica. Hospital Clínico-Quirúrgico "Hermanos Ameijeiras". Ciudad Habana: 2002.
26. Guigoz Y, Lauque S, Vellas BJ. Identifying the elderly at risk for malnutrition. The Mini Nutritional Assessment. *Clin Geriatr Med* 2002;18:737-57.
27. Chumlea WC. Is the MNA valid in different populations and across practice settings? *J Nutr Health Aging* 2006;10:524-7.
28. Horani MH, Mooradian AD. Management of obesity in the elderly: special considerations. *Treat Endocrinol* 2002; 1:387-98.
29. Fujioka K. Management of obesity as a chronic disease: nonpharmacologic, pharmacologic, and surgical options. *Obes Res* 2002;10(Suppl 2):116S-123S.
30. Bechtold M, Palmer J, Valtos J, Iasello C, Sowers J. Metabolic syndrome in the elderly. *Curr Diab Rep* 2006;6:64-71.
31. Sezginsov B, Ross K, Wright JE, Bernard MA. Obesity in the elderly: survival of the fit or fat. *J Okla State Med Assoc* 2004;97:437-9; quiz 440-1.
32. Elia M. Obesity in the elderly. *Obes Res* 2001;9(Suppl 4): 244S-248S.
33. Furman EF. Undernutrition in older adults across the continuum of care: nutritional assessment, barriers, and interventions. *J Gerontol Nurs* 2006;32:22-7.
34. Villamor Blanco L, Llimera Rausell G, Jorge Vidal V, González Pérez-Crespo C, Iniesta Navalón C, Mira Sirvent MC, Martínez Penella M, Rabell Iñigo S. Valoración nutricional al ingreso hospitalario: iniciación al estudio entre distintas metodologías. *Nutr Hosp (España)* 2006; 21:163-72.
35. Barreto Penié J; Cuban Group for the study of hospital malnutrition. State of malnutrition in Cuban hospitals. *Nutrition* 2005;21:487-97.
36. Moreno Pérez O, Meoro Aviles A, Martínez A, Boix E, Aznar S, Martín MD, Picó AM. Factores pronósticos de morbimortalidad en nutrición enteral hospitalaria: estudio prospectivo. *Nutr Hosp (España)* 2005;20:210-16.
37. Serra Prat M, Arús Figa M, Cabré Roure M, Ferreiro Cassanello C, Palomera Fanegas E, Monteis Chis R. Estado nutricional como potente indicador de mortalidad al año en ancianos hospitalizados. *Nutr Hosp (España)* 2005;20(Supl 1):193.
38. Woo J, Chi I, Hui E, Chan F, Sham A. Low staffing level is associated with malnutrition in long-term residential care homes. *Eur J Clin Nutr* 2005;59:474-9.
39. Santana Porbén S; for the Cuban Group for the study of hospital malnutrition. The state of the provision of nutritional care to hospitalized patients- Results from the Elan-Cuba Study. *Clin Nutr* 2006;25:1015-29.
40. Luengo Pérez LM, Caldeira Naviero IM, Carmona García MI, Blesa Sierra A, Moreno Rocha O, Girón Avís I, Hinchado Caballero G, Pajares Llanos C. Valoración del estado nutricional de mayores con dieta triturada institucionalizados en centros de mayores asistidos. *Nutr Hosp (España)* 2005;20(Supl 1):187.

Recibido: 06-05-2007

Aceptado: 05-09-2007

## Effect of flaxseed oil in diet on fatty acid composition in the liver of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*)

Ana Carolina Aguiar, Damila Rodrigues Morais, Leandra Pereira Santos, Flavia Braidotti Stevanato, Jeane Eliete Laguilha Visentainer, Nilson Evelázio de Souza and Jesuí Vergílio Visentainer

Universidade Estadual de Maringá. Maringá. Brazil

**SUMMARY.** This study analyzed the effects of different concentrations of flaxseed oil (FO) on the proximate composition and the contents of alpha-linolenic acid (LNA, 18:3n-3), eicosapentaenoic (EPA, 20:5n-3), and docosahexaenoic (DHA, 22:6n-3) fatty acids in the liver of cultured Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). During the five-month culture period, tilapias were given diets with incremental concentrations of FO (0.00%; 1.25%; 2.50%; 3.75%, and 5.00%) as a replacement of sunflower oil (control). There was no significant difference in moisture and ash content in the liver between treatments. Protein values ranged from 12.1% (treatment II) to 13.9% (treatment V) and total lipids ranged from 5.6% (treatment V) to 7.2% (treatment II). There was no significant difference between most treatments. Fatty acid methyl esters (FAMES) were quantitatively analyzed by capillary gas chromatography against a C<sub>23:0</sub> internal standard. Variations in concentrations (in mg g<sup>-1</sup> of total lipids) of fatty acids between treatment I and treatment V ranged from 4.2 to 51.2 (LNA), from 0.2 to 2.3 (EPA), and from 10.6 to 56.2 (DHA), respectively. This experiment demonstrated that increasing amounts of LNA in feed may markedly increase the amounts of LNA, EPA, and DHA in the liver of Nile tilapia.

**Key words:** Fatty acids, flaxseed oil, composition, liver, Nile tilapia.

**RESUMEN. Efecto de la dieta con aceite de linaza sobre la composición de ácidos grasos en el hígado del tilapia de Nilo (*Oreochromis niloticus*).** Este estudio analiza los efectos de diversas concentraciones del aceite de linaza (AL) en la composición centesimal y el contenido del ácido alfa-linolenico (LNA, 18:3 n-3), eicosapentaenoico (EPA, 20:5 n-3), y (DHA, 22:6 n-3), los ácidos grasos docosahexaenoico en el hígado del tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) criada em cautiverio. Durante un período de cinco meses, a las tilapias le fueron administradas dietas con concentraciones crecientes de AL (0,00%; 1,25%; 2,50%; 3,75%, y 5,00%) como reemplazo del aceite de girasol (control). No se encontró diferencia significativa en el contenido de humedad y de ceniza en el hígado entre los tratamientos. Los valores de la proteína variaron entre 12,1% (tratamiento II) y (al tratamiento 13,9% V) y los lípidos totales entre el 5,6% (tratamiento V) y 7,2% (tratamiento II). No se encontró diferencia significativa entre la mayoría de los tratamientos. Los ésteres metílicos de los ácidos grasos (FAMES) fueron analizados cuantitativamente por cromatografía de gas capilar contra la CA. 23:0 estándares internos. Las variaciones en concentraciones (en mg g<sup>-1</sup> de lípidos totales) de ácidos grasos entre el tratamiento I y el tratamiento V variaron entre 4,2 y 51,2 (LNA), 0,2 y 2,3 (EPA), y 10,6 a 56,2 (DHA), respectivamente. Esto experimento demostró que cantidades crecientes de LNA en la alimentación puede aumentar significativamente las cantidades de LNA, de EPA, y de DHA en el hígado de la tilapia del Nilo.

**Palabras clave:** Acidos grasos, aceite de la linaza, composición, hígado, tilapia del Nilo.

### INTRODUCTION

A freshwater fish, Nile tilapia is widely distributed and is one of the most commercially cultured species, being the sixth most cultured finfish species in the world. It is well known for its fast growth, ability to grow in a wide range of culturing conditions, and its high consumer acceptability (1).

Recent studies have indicated that some parts of fish not used as food are appropriate for human nutrition (2) and may be used in oil extraction. Research has shown the existence of significant concentrations of n-3 polyunsaturated fatty acids (n-3 PUFA) in viscera (3), heads (4), and liver (5).

The importance of fish as a source of omega-3 polyun-

saturated fatty acids (n-3 PUFA) in human nutrition is widely recognized (6, 7). Among these acids, mainly eicosapentaenoic acid (EPA, 20:5n-3), docosahexaenoic acid (DHA, 22:6n-3), as well as its precursor, alpha linolenic acid (LNA, 18:3n-3) stand out. These acids are associated to numberless benefits to human health. DHA plays an important role in the formation, development, and working of the brain and retina (8). EPA has anti-inflammatory properties (7), and in general contributes to the prevention of heart diseases and to the reduction of biochemical factors associated to cancer (9).

Flaxseed oil is one of the world's most important vegetable sources of LNA (10), a precursor of the n-3 PUFA series in freshwater fish (11). In a recent study, n-3 PUFA composition

## INTRODUCTION

of feeds at supply directly reflected in the fatty acid composition in Nile tilapia given flaxseed oil, presenting the highest content of n-3 PUFA in muscle tissue (12).

Considering the few studies related with fatty acid manipulation in fish liver and alternative sources of n-3 PUFA, this work investigated the incremental addition of flaxseed oil in substitution of sunflower oil in feed and its influence on the concentrations of LNA, EPA, and DHA (in mg/g of total lipids) in liver of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) maintained in captivity for five months.

## MATERIALS AND METHODS

### Animal and diets

The experiments were carried out in the Aquaculture Laboratory of the Biology Department of Universidade Estadual de Maringá, Brazil. It utilized 125 Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) with initial mean individual weights of  $88 \pm 6$  g distributed in 25 ponds (1000-L water capacity) in five treatments and five duplications. The treatments consisted of the addition of flaxseed oil (0%, 1.25%, 2.50%, 3.75%, and 5.00%) in substitution for sunflower oil (control) in feeds (Table 1). After five months, the fish were slaughtered and the liver was removed and kept in polyethylene packing (in N<sub>2</sub> atmosphere) at -18 °C. At the beginning of each analysis, the samples were allowed to equilibrate to room temperature and homogenized.

### Proximate composition

Proximate composition of liver and feeds were determined as described by Cunniff (13). Total lipids (TL) were determined by Bligh & Dyer (14).

### Fatty acid composition

Fatty acid methyl esters (FAME) were prepared by methylation of total lipids by Joseph & Ackman (15). Methyl esters were separated by gas chromatography using a Varian 3300 (USA) gas chromatographer fitted with a flame ionization detector (FID) and a fused-silica DB-WAX capillary column (30 m x 0.25 mm i.d.) (J&W Scientific, Folsom, CA). The operation parameters were as follows: detector temperature, 280°C; injection port temperature, 250°C; column temperature, 170°C for 16 min at 2°C/min up to 210°C with final holding time of 25 min; carrier gas, hydrogen at 0.8 mL/min with linear velocity of 38 cm/s and oxygen filter coupled to the feed line; make-up gas, nitrogen at 30 mL/min; split injection, 1:50 ratio (injection in duplicate). For the identification of fatty acids, fatty acid retention times were compared to those of standard methyl esters (Sigma, St. Louis, MO). Equivalent chain-length values (ECL) were used (16, 17), as well as coupled system gas chromatograph-mass spectrometer

Shimadzu QP 5000 and electron impact fragmentation at 70 eV. Retention times and peak area percentages were automatically computed in a Varian 4290 integrator.

### Quantification of LNA, EPA and DHA

The concentration of n-3 series fatty acids, LNA, EPA, and DHA in mg g<sup>-1</sup> of total lipids, in liver was measured against tricosanoic acid methyl ester (23:0) from Sigma (USA) as an internal standard as described by (15). Theoretical FID (flame ionization detector) correction factor values (15, 18, 19) were used to obtain fatty acid concentration values. The following formula was used to calculate the concentrations:

$$\text{Fatty acid (mg g}^{-1}\text{ TL)} = \frac{(A_x) (W_{IS}) (CF_x)}{(A_{IS}) (W_x) (1.04)} \times 1000$$

where LT = total lipid, A<sub>x</sub> is the peak area (LNA, EPA, and DHA), A<sub>IS</sub> is the peak area of the internal standard (IS) tricosanoic acid methyl ester (23:0), W<sub>IS</sub> is the weight (mg) of IS added to the sample (in mg), W<sub>x</sub> is the sample weight (in mg), CF<sub>x</sub> is the theoretical correction factor, and 1.04 is conversion factor necessary to express results as mg of fatty acids rather than as methyl esters.

### Statistics

The values of the means were statistically compared by Tukey test at 5% with one-way ANOVA. Data were processed using the Statistica software (20).

## RESULTS

The experimental FID correction factor values for the LNA ( $0.97 \pm 0.02$ ), EPA ( $0.99 \pm 0.01$ ), and DHA ( $0.98 \pm 0.02$ ) were determined experimentally. As the experimental values were close to the calculated ones, the theoretical corrections factors (CF<sub>x</sub>) of LNA (1.01), EPA (0.99), and DHA (0.97) were used to determine concentrations as recommended by (15, 18).

According (Table 1), there were no significant differences ( $P > 0.05$ ) in either total lipids or moisture contents of feeds among the treatments. The increase in the concentration of LNA acid was well established; values ranged between 13.6 and 272.4 mg/100 g of feed with a significant difference ( $P < 0.05$ ) between treatments with flaxseed oil. EPA and DHA were not detected in feeds. Fatty acids profiles of commercial feeds used in treatment of cultured species in Brazil presented low values of LNA (3.3%) and high values of LA -18:2n-6 (38.8%) (21).

TABLE 1  
Composition of experimental feeds

Ingredients (g/100g)	Treatments <sup>A</sup>				
	I	II	III	IV	V
Corn	16.93	16.93	16.93	16.93	16.93
Soybean meal	51.62	51.62	51.62	51.62	51.62
Wheat meal	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
Sugarcane silage	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28
Calcium(carbonate)	1.74	1.74	1.74	1.74	1.74
Dicalcium phosphate	2.41	2.41	2.41	2.41	2.41
Flaxseed oil	0.00	1.25	2.50	3.75	5.00
Sunflower oil	5.00	3.75	2.50	1.25	0.00
BHT	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
NaCl	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Premix	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Composition <sup>B</sup>					
Total lipids (g/100g)	7.6±0.3a	7.7±0.4a	8.0±0.6a	8.0± 0.7a	7.8±0.3 a
Moisture (g/100g)	9.7±1.4a	9.6±1.4 a	9.6±1.6a	9.4± 1.7a	9.9± 2.0a
LNA (mg/100g feed)	13.6±2.0a	79.4±3.8b	140.2±130c	202.1±11.6d	272.4±8.6e
EPA (mg/100g feed)	nd	nd	nd	nd	nd
DHA (mg/100g feed)	nd	nd	nd	nd	nd

<sup>A</sup>Treatments: I (0.00%); II (1.25%); III (2.50%); IV (3.75%) and V (5.00%) of flaxseed oil completed up to 5.00% with sunflower oil. <sup>B</sup>Data are presented as mean (n=9) ± SD. Different letters in the same line are significantly different (P<0.05) by Tukey test. Abbreviations: LNA = alpha linolenic acid. EPA = eicosapentaenoic acid. DHA = docosahexaenoic acid. BHT = butylated hydroxytoluene. Premix = mineral and vitamin supplement. nd = not detected.

The liver of Nile tilapia (Table 2) did not present any significant difference between treatments I, III, IV, and V for total lipids and protein contents. However, treatment II (1.25% flaxseed oil) presented the largest lipid content (7.2%) and the lowest protein content (12.1%), differing significantly from other treatments. The values of total lipids and protein in this experiment were lower than those found by researchers (22), who studied the liver of juvenile Nile tilapia, with mean val-

ues of 10.2% (total lipids) and 14.3% (protein), while total lipid content was higher than those found in the liver of Atlantic salmon (23). Moisture and ash contents did not vary significantly (P > 0.05) between treatments, with mean values of 72.5% (moisture) and 1.1% (ash). These values are close to those determined by (5) in Nile tilapia, moisture (72.7%) and ash (1.0%).

TABLE 2  
Proximate composition (g/100g) and LNA, EPA, and DHA concentrations (mg g<sup>-1</sup>LT) in liver

Composition	Treatments <sup>A</sup>				
	I	II	III	IV	V
Total lipids	6.1±0.2a	7.2±0.2b	5.8±0.1a	5.7±0.1a	5.6±0.1a
Protein	13.8±0.4a	12.1±0.4b	13.0± 0.3a	13.4±0.4a	13.9±0.3a
Moisture	73.2±0.8a	72.3±0.5a	72.2±0.7a	72.8±0.6a	72.1±0.5a
Ash	1.1±0.1a	1.1±0.1a	1.2±0.1a	1.1±0.1a	1.2±0.1a
Fatty acids (mg g <sup>-1</sup> LT)					
18:3n-3 (LNA)	4.2±1.2a	17.0±4.9b	23.8± 5.4c	34.0±6.2d	51.2±10.6e
20:5n-3 (EPA)	0.2±0.1a	0.5± 0.2b	0.9±0.4c	1.5± 0.3d	2.3±1.0e
22:6n-3 (DHA)	10.6±1.6a	16.1± 2.6b	19.3±3.4c	25.3±5.3d	56.2±9.5e

<sup>A</sup>Treatments: I (0.00%); II (1.25%); III (2.50%); IV (3.75%) and V (5.00%) of flaxseed oil completed up to 5.00% with sunflower oil. Data are presented as mean (n = 30) ± SD. Different letters in the same line are significantly different (P < 0.05) by Tukey test. Abbreviations: LT = total lipids. LNA = alpha linolenic acid. EPA = eicosapentaenoic acid. DHA = docosahexaenoic acid.

## DISCUSSION

It was observed differences in the protein concentration and the total lipids between treatments I and II, with an increase in the lipid concentration and a decrease in the protein concentration. After these treatments, the concentrations were stabilized. Total lipids (Table 2) average of 7.8% was larger than 1.1% in fillets (24) and protein average of 13.2% was smaller than 18.0% (25) in fillets of Nile tilapia.

The fatty acid LNA is a precursor of the n-3 PUFA series and only LNA was present and in increasing amounts in the different feeds of this experiment (Table 1). In the elongation and desaturation conversions of the series, EPA and DHA in the liver of Nile tilapia (Table 2) and some LNA were rather stored in the liver rather than converted. Similar results were obtained in muscular tissue (26) and viscera (27) of Nile tilapias.

Increases in the concentrations of LNA, EPA, and DHA (in mg g<sup>-1</sup> total lipids) were well established in liver, with a significant difference (P<0.05) between all the treatments with the incremental substitution of sunflower oil by flaxseed oil. Therefore, increasing the amounts of LNA in feed can markedly increase the amounts of EPA and DHA in Nile tilapia liver.

## CONCLUSION

There was no significant alteration in the proximate composition, except in treatments I and II. The increase in the concentration of alpha-linolenic acid (LNA) in feeds resulted in a gradual increase in fatty acids alpha-linolenic (LNA), eicosapentaenoic (EPA), and docosahexaenoic (DHA) in all treatments. The largest concentration of these fatty acids in Nile tilapia liver was obtained with treatment V (largest level of flaxseed oil).

## REFERENCES

1. Yasmin A, Takeuchi T, Hayashi M, Hirota T, Ishizuka W, Ishida S. Effect of conjugated linolenic and docosahexaenoic acids on growth of juvenile tilapia *Oreochromis niloticus*. *Fish Sci* 2004; 70: 473-481.
2. Pessatti ML. Aproveitamento de subprodutos do pescado. Meta 11. Relatório final de ações prioritárias ao desenvolvimento de pesca e aquicultura no Sul do Brasil, Convênio Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento (MAPA), Universidade do Vale do Itajaí, 2001.
3. Souza NE, Matsushita M, Franco MRB, Prado IN, Visentainer JV. Composition química, perfil de ácidos graxos e quantificação dos ácidos alpha-linolênico, eicosapentaenóico e docosahexaenóico em vísceras de tilápias (*Oreochromis niloticus*). *Acta Sci Technol* 2005; 27: 73-76.
4. Moreira AB, Souza NE, Visentainer JV, Matsushita M. Composição de ácidos graxos e teor de lipídios em cabeças de peixes: Matrinxã (*B. Cephalus*), Piraputanga (*B. Microlepis*) e Pracanjuba (*B. Orbignyanus*) criados em diferentes ambientes. *Ciênc Tecnol Aliment* 2003; 23: 179-183.
5. Carapelli R, Matsushita M, Souza NE, Visentainer JV. Fígados de tilápias: composição centesimal e de ácidos graxos. *Rev. Nac Carne* 2004; 4: 160-161.
6. Simopoulos AP, Leaf A, Salem N. Essentiality and recommended dietary intakes for omega-6 and omega-3 fatty acids. *Ann. Nutr Metabol* 1999; 43: 127-130.
7. Simopoulos AP. Omega-6/omega-3 essential fatty acid ratio and chronic diseases. *Food Rev Int* 2004; 20: 77-90.
8. Sangiovanni JP, Chew EY. The role of omega-3 long chain polyunsaturated fatty acids in health and disease of the retina. *Progr Retin Eye Res* 2005; 24: 87-138.
9. Kimura Y, Takaku T, Nakajima S, Okuda H. Effects of carp and tuna oils on 5-fluorouracil-induced antitumor activity and side effects in sarcoma 180-bearing mice. *Lipids* 2001; 36: 353-359.
10. Wanasundara JPD, Shahidi F. Alkanol-amonia-water/hexane extraction of flaxseed. *Food Chem* 1994; 49: 39-44.
11. Hendersom RJ, Tocher DR. Fatty acid metabolism in freshwater fish with particular reference to polyunsaturated fatty acids. *Arch. Anim. Nutr* 1996; 49: 5-22.
12. Justi KC, Hayashi C, Visentainer JV, Souza NE, Matsushita M. The influence of feed supply time on the fatty acid profile of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed on a diet enriched with n-3 fatty acids. *Food Chem* 2003; 80: 480-493.
13. Cunniff PA. (Ed.). Official Methods of Analysis of AOAC International. 16th ed. Arlington: Association of Official Analytical Chemists. 1998.
14. Bligh FG, Dyer WJ. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem and Physiol* 1959; 37: 911-917.
15. Joseph JD, Ackman RG. Capillary column gas chromatography method for analysis of encapsulated fish oil and fish oil ethyl esters: collaborative study. *J AOAC Intern* 1992; 75: 488-506.
16. Thompson RH. A simplified fatty acid analyses in multicomponent foods with a standard set of isothermal GLC conditions couplet with ECL determinations. *J. Chrom Sci* 1996; 34: 495-504.
17. Stránský K, Jursík T, Vitek A. Standard equivalent chain length values of monoenic and polyenic (methylene interrupted) fatty acids. *J. High Res Chrom* 1997; 20: 143-158.
18. Bannon CD, Craske JD, Hilliker AE. Analysis of fatty acid methyl ester with high accuracy and reliability. Validation of theoretical relative response factors of unsaturated ester in the flame ionization detector. *J. Am Oil Chem Soc* 1986; 63: 105-110.
19. Visentainer JV, Franco MRB. Ácidos Graxos em óleos e gorduras: Identificação e Quantificação, 1 ed. Varela: São Paulo, Brasil, 2006.
20. Statsoft. Statistica 5.1 Software. Tucksá: Statsoft. 1996.
21. Moreira AB, Souza NE, Visentainer JV, Matsushita M. Fatty acids profile and cholesterol of three Brazilian *brycon* freshwater fish. *J Food Comp Anal* 2001; 14: 565-574.
22. Visentainer JV, Gomes STM, Silva ABM, Santos-Junior OO, Justi KC, Souza NE, Hayashi C, Matsushita M. Composição físico-química e perfil de ácidos graxos em fígados de tilápias (*Oreochromis niloticus*) submetidas ao fornecimento de rações

- diferenciadas à base de óleos de girassol e linhaça. Ann Ass Bras Quim 2003; 51: 18-21.
23. Jordal AEO, Lie O, Torstensen BE. Complete replacement of dietary fish oil with a vegetable oil blend affect liverlipid and plasma lipoprotein levels in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). Aquaculture Nutr 2007; 13: 114-130.
  24. Visentainer, JV, Souza, NE, Matsushita, M, Hayashi, C, Franco, MRB. Influence of diets enriched with flaxseed oil on the alfa-linolenic (LNA), eicosapentaenoic (EPA) and docosahexaenoic (DHA) fatty acids in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Food Chem 2005, 90:557-560.
  25. Justi, KC, Padre, RG, Hayashi, C, Soares, CM, Visentainer, JV, Souza, NE, Matsushita, M. Efeito da temperatura da água sobre desempenho e perfil de ácidos graxos de tilapia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Acta Scientiarum 2005, 24:529-534.
  26. Souza, ES, Matsushita, M, Oliveira, CC, Franco, MRB, Visentainer, JV. Manipulation of fatty acid composition Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fillets with flaxseed oil. J Sci Food Agri 2007, 87:1677-1681.
  27. Visentainer, JV, Matsushita, M, Souza, NE, Prado, IN, Franco, MRB. Composição química de ácidos graxos e quantificação dos ácidos alfa-linolenico, eicosapentaenoico e docosahexaenoico em vísceras de tilapias (*Oreochromis niloticus*). Acta Scientiarum 2005, 27:73-76.

Recibido: 31-08-2007

Aceptado: 04-10-2007

## Efecto de la extrusión sobre la biodisponibilidad de proteína y almidón en mezclas de harinas de maíz y frijol lima

Cecilia Pérez-Navarrete, David Betancur-Ancona, Meris Casotto, Andrés Carmona y Juscelino Tovar

Universidad Autónoma de Yucatán-Facultad de Ingeniería Química. Mérida, Yucatán, México. Instituto de Biología Experimental, Facultad de Ciencias. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela

**RESUMEN.** La extrusión se emplea para producir expandidos (botanas o snacks), crujientes y quebradizos. El impacto nutricional de este tipo de proceso no ha sido suficientemente estudiado, por ello se evaluó la biodisponibilidad “*in vitro*” e “*in vivo*” de la proteína y el almidón en mezclas de harinas de maíz (*Zea mays*) (M) y de frijol lima (*Phaseolus lunatus*) (F), tanto crudas como extrudidas. Las mezclas de harinas 75M/25F y 50M/50F (p/p) y fueron procesadas en un extrusor Brabender a 160°C, 100 rpm, y 15,5% de humedad. La composición proximal indicó un aumento del tenor de proteína y cenizas y una disminución de la grasa en los productos extrudidos. La digestibilidad *in vitro* de la proteína fue mayor en los extrudidos (82%) que en las harinas crudas (77%). Los contenidos de almidón potencialmente disponible y almidón resistente total disminuyeron con la extrusión. Los ensayos *in vitro* indican que la extrusión mejora la digestibilidad de la proteína y el almidón en las mezclas estudiadas. La biodisponibilidad *in vivo* se evaluó utilizando gorgojos de arroz (*Sitophilus oryzae*) como modelo biológico. Los biomarcadores más descriptivos de los cambios sugeridos por las pruebas *in vivo* fueron: el contenido de proteínas corporales, que incrementó por efecto de la extrusión, y la actividad de la  $\alpha$ -amilasa intestinal, que disminuyó a consecuencia del procesamiento. Se concluye que la extrusión mejora apreciablemente la calidad nutricional de mezclas de maíz y frijol de lima.

**Palabras clave:** Extrusión, maíz, frijol lima, biodisponibilidad en insectos, proteína, almidón.

### INTRODUCCION

El término “snacks” o “botanas” define una comida ligera, usualmente una ración individual que debe ser fácil de manipular, estar lista para comer, ser accesible y de tamaño pequeño que debe mitigar momentáneamente la sensación de hambre. Un proceso industrial versátil para obtenerlos es la extrusión, que generalmente se realiza a partir de cereales (1). En dicho proceso los cambios producidos en el almidón afectan la expansión y textura final del extrudido. Las modificaciones en la estructura del polímero, tales como fusión, gelatinización, fragmentación y dextrinización, están determinados por factores como la relación agua/almidón, temperatura, morfología, tamaño de partícula, relación amilosa/amilpectina, uso de aditivos, entre otros (2). Dichas modificaciones generalmente incrementan la biodisponibilidad

**SUMMARY.** Effect of extrusion on protein and starch bioavailability in corn and lima bean flour blends. Extrusion is used to produce crunchy expanded foods, such as snacks. The nutritional impact of this process has not been studied sufficiently. In this study, *in vitro* and *in vivo* protein and starch bioavailability was evaluated in both raw and extruded corn (*Zea mays*)(C) and lima bean (*Phaseolus lunatus*)(B) flour blends, prepared in 75C/25B and 50C/50B (p/p) proportions. These were processed with a Brabender extruder at 160°C, 100 rpm and 15.5% moisture content. Proximate composition showed that in the extruded products protein and ash contents increased whereas the fat level decreased. *In vitro* protein digestibility was higher in the extrudates (82%) than in the raw flours (77%). Potentially available starch and resistant starch contents decreased with extrusion. The *in vitro* assays indicated that extrusion improved protein and starch availability in the studied blends. *In vivo* bioavailability was evaluated using the rice weevil (*Sitophilus oryzae*) as a biological model. The most descriptive biomarkers of the changes suggested by the *in vivo* tests were body protein content (increased by extrusion) and intestinal  $\alpha$ -amylase activity (decreased by processing). Overall, results suggest that extrusion notably increases the nutritional quality of corn and lima bean flour blends.

**Key words:** Extrusion, corn, lima bean, bioavailability in insects, protein, starch.

del almidón (3), aunque éstos pueden contener fracciones retrogradadas resistentes al ataque enzimático, las cuales se comportan fisiológicamente como fibra dietética (4, 5). Asimismo la proteína, como segundo componente principal en los extrudidos, puede sufrir desnaturalización y pérdida de solubilidad (6).

Para los organismos heterótrofos el alimento debe satisfacer ciertos parámetros de cantidad y calidad: los nutrimentos deben encontrarse biodisponibles para ser aprovechados (7). Esto ha sido demostrado con el empleo de modelos animales, como la rata y el ratón, y con menor frecuencia a los microorganismos, peces e insectos (7,8). Asimismo, la experimentación bioquímico-nutricional con insectos, se sustenta en los requerimientos nutricionales que éstos comparten con los animales superiores (9,10). El uso del gorgojo de arroz (*Sitophilus oryzae*) como ensayo

biológico para evaluar la eficiencia de utilización de diversos nutrientes, ha sido reportado con anterioridad (11,12). Baker y Woo (13) demostraron que la hidrólisis del almidón por la  $\alpha$ -amilasa del gorgojo es similar a la catalizada por la enzima pancreática de los mamíferos, la cual se utiliza frecuentemente en los estudios de digestibilidad *in vitro* (5). Así, cabe esperar una buena correlación entre los resultados obtenidos con insectos y aquellos realizados con mamíferos. Este modelo de experimentación presenta múltiples ventajas como su corta duración y bajo costo de los experimentos; la posibilidad de utilizar compuestos purificados de limitada disponibilidad, y trabajar con poblaciones, lo que facilita el análisis estadístico y permite medir pequeñas variaciones de un fenómeno (11, 12). Además, se evita la utilización de animales vertebrados, cuya manipulación para la experimentación, está cada vez más cuestionada por organizaciones de protección animal.

Considerando la importancia alimentaria del maíz y las leguminosas en Latinoamérica, se evaluó el efecto de la extrusión sobre la biodisponibilidad "*in vitro*" e "*in vivo*", con el gorgojo de arroz, de la proteína y el almidón presentes en productos extrudidos elaborados con mezclas de harinas de maíz (*Zea mays*) y frijol de lima (*Phaseolus lunatus*), en diferentes proporciones y compararlos con las harinas crudas correspondientes.

## MATERIALES Y METODOS

### Materias primas

Los granos de *Phaseolus lunatus* se obtuvieron de la cosecha de 2002 en el estado de Campeche, México; los de maíz semi-dentado, variedad colorado Dekalb 686, fueron proporcionados por el Instituto de Tecnología de Alimentos (ITA), Santa Fé, Argentina.

### Obtención de las harinas y preparación de las mezclas

Los granos de frijol lima fueron procesados en un molino Buhler-Miag, disminuyendo la distancia de los rodillos progresivamente de 2, a 1, a 0,5 y a hasta 0,25 mm y tamizando con malla 14. Los granos de maíz se molieron en el mismo equipo, tamizando con mallas 14, 20, 40 y 70. Las partículas >14 y >20 se dividieron con un separador neumático, obteniendo por un lado la sémola y por otro la cáscara y el germen. La sémola se sometió a una segunda molienda y tamizado en las mismas condiciones de los granos y las partículas retenidas entre la malla 40 y 70 de ambas moliendas constituyeron el material para extrudir. Se prepararon las mezclas de harina de maíz (M) y frijol lima (F) con las siguientes proporciones: 75M/25F y 50M/50F (p/p). Para esto se utilizó un mezclador Kitchen Aid.

### Proceso de extrusión

Las mezclas de harinas se procesaron con un extrusor Brabender monotornillo con las siguientes características:

sensor de presión y temperatura, dos zonas de calentamiento, L/D 20:1, tornillo con razón de compresión 3:1, boquilla de 3,5 mm de diámetro por 20 mm de largo. Las condiciones empleadas fueron 15,5% de humedad, velocidad de extrusión de 150 rpm y la temperatura del barril y dado se fijó para el arranque a 160°C. Los materiales extrudidos se enfriaron en bandejas y se almacenaron en bolsas de polietileno hasta su análisis, para lo cual se molieron en un molino Cylotec Tecator (Höganäs, Suecia).

### Composición proximal

Los componentes proximales fueron determinados por los métodos de la AOAC (14); humedad (Método 925.09), cenizas (Método 923.03); grasa cruda o extracto etéreo (Método 920.39); proteína cruda (Kjeldahl) (Método 954.01) usando 6,25 como factor de conversión de nitrógeno a proteína, fibra cruda (Método 962.09). Los carbohidratos totales fueron estimados como el extracto libre de nitrógeno (ELN), calculado como el porcentaje faltante para completar el 100% de los componentes.

### Digestibilidad "*in vitro*" de proteína

Se determinó por el método enzimático/potenciométrico propuesto por Hsu y col. (15).

### Almidón potencialmente disponible

Se evaluó según la metodología multi-enzimática descrita por Holm y col. (16), basada en la digestión del almidón hasta glucosa.

### Almidón resistente

Se efectuó de acuerdo a la metodología indicada por Goñi y col. (17), la cual cuantifica el tenor de almidón resistente total (fracciones debidas a retrogradación y a gránulos nativos no digestibles) (18).

### Evaluación de la biodisponibilidad de proteína y almidón *in vivo*

Se emplearon gorgojos de arroz adultos, *Sitophilus oryzae*, según lo descrito por Carmona y Gómez-Sotillo (11). Los ensayos se realizaron por triplicado, utilizando 60 adultos por réplica y se alimentaron con 2 g de mezclas de harinas o de extrudidos finamente molidos, durante 8 días. Se mantuvo un grupo en ayuno (control negativo) y un grupo alimentado con almidón de maíz (control positivo). Al final del período de estudio se determinó la supervivencia ( $[\text{Número de insectos sobrevivientes} / \text{Número inicial de insectos}] \times 100$ ) y la variación de peso ( $\text{Peso (insectos sobrevivientes)} / \text{Peso inicial insectos} \times 100$ ). Los insectos vivos al cabo de los 8 días fueron sacrificados por congelación.

### Determinación del nitrógeno corporal

La proteína corporal se determinó de acuerdo a una modificación del método de Cherry (19); los cadáveres desgrasados y secos de 30 insectos, se disolvieron con NaOH y se sometió a digestión con ácido sulfúrico, para finalmente determinar el contenido de nitrógeno con el reactivo de Nessler. El nitrógeno se calculó utilizando una curva estándar de sulfato de amonio (200 µg/mL); los resultados se expresaron como g de proteína (N x 6,25) por 100 g de peso corporal.

### Determinación del ácido úrico excretado

El ácido úrico excretado se obtuvo por extracción con agua hirviendo (20). El contenido de los viales donde se cultivaron los insectos (excretas + alimento) se homogeneizó mecánicamente. Se pesaron 500 mg y se suspendieron en 2 mL de agua destilada hirviendo y se centrifugó a 8000 x g por 5 min. El ácido úrico solubilizado se determinó utilizando un reactivo enzimático comercial (Laboratorios Heiga, Caracas, Venezuela). Los resultados fueron reportados como µg de ácido úrico por µg de peso corporal.

### Determinación de la actividad de α-amilasa

Los cadáveres de 20 insectos fueron macerados en 2 mL de agua destilada y se homogeneizaron en un Polter-Evelhem a 1000 rpm por 2 min. Luego se centrifugaron a 8.000 x g por 5 min. A los sobrenadantes obtenidos se les determinó la concentración de proteína, según el método de Bradford (21) y la actividad de α-amilasa mediante la liberación de azúcares reductores, empleando ácido 3,5 dinitrosalicílico (22). La actividad de α-amilasa fue expresada como actividad específica (mg maltosa/min x mg de proteínas).

### Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron procesados utilizando medidas de tendencia central (media) y de dispersión (desviación estándar) y se aplicó análisis de varianza de una vía y comparación de medias para establecer diferencias por el método de Duncan de acuerdo a Montgomery (23), usando el paquete estadístico Statgraphics Plus versión 4.1.

## RESULTADOS

### Composición proximal

La composición química de las harinas y de los extrudidos 75M/25F y 50M/50F se indica en la Tabla 1. La humedad de las mezclas extrudidas disminuyó con respecto a las harinas originales (de 11-12% a 7-8%). El aporte proteínico de 75M/25F fue bajo en comparación con la 50M/50F, debido al incremento en la proporción de frijol, de elevado contenido proteico. Después de la extrusión el porcentaje de proteína fue de 10,9% y 16% para 75M/25F y 50M/50F, respectivamente. Por otra parte, la concentración de grasa de las mezclas disminuyó considerablemente, después del procesamiento. La extrusión no repercutió en el contenido de fibra cruda de 75M/25F, no obstante, si lo elevó en 50M/50F. Finalmente, el porcentaje de cenizas en la mezcla extrudida 75M/25F fue de 1,9%, mayor que en la 50M/50F. La mezcla extrudida 75M/25F presentó un valor superior de extracto libre de nitrógeno (ELN, 84,65%), lo cual corrobora su mayor contenido de carbohidratos totales, que se mantuvieron después de la extrusión.

TABLA 1  
Composición proximal de harinas y mezclas extrudidas

Componente	Mezcla 75M/25F Harina	Mezcla 75M/25F Extrudida	Mezcla 50M/50F Harina	Mezcla 50M/50F Extrudida
Humedad	11,96 ± 0,04 <sup>c</sup>	7,84 ± 0,06 <sup>a</sup>	11,56 ± 0 <sup>b</sup>	7,92 ± 0,19 <sup>a</sup>
Proteína	10,24 ± 0,06 <sup>a</sup>	10,89 ± 0,01 <sup>b</sup>	15,62 ± 0,14 <sup>c</sup>	16,02 ± 0,13 <sup>d</sup>
Grasa	2,25 ± 0,01 <sup>d</sup>	0,79 ± 0,12 <sup>b</sup>	1,62 ± 0,04 <sup>c</sup>	0,40 ± 0,07 <sup>a</sup>
Fibra Cruda	1,68 ± 0,09 <sup>a</sup>	1,77 ± 0 <sup>a</sup>	2,78 ± 0 <sup>b</sup>	3,23 ± 0,11 <sup>c</sup>
Cenizas	1,61 ± 0,01 <sup>a</sup>	1,9 ± 0,06 <sup>b</sup>	2,21 ± 0,05 <sup>c</sup>	2,7 ± 0,06 <sup>d</sup>
ELN	84,22 ± 0,18 <sup>b</sup>	84,65 ± 0,17 <sup>b</sup>	77,77 ± 0,15 <sup>a</sup>	77,65 ± 0,11 <sup>a</sup>

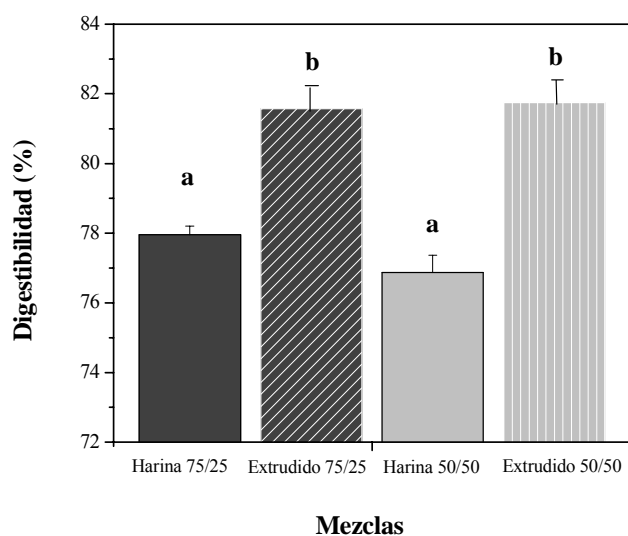
Los valores representan la media de tres ensayos la desviación estándar, expresados en base seca (excepto la humedad). ELN: extracto libre de nitrógeno; 100-(proteína+grasa+fibra cruda+cenizas).

<sup>a-b</sup> Letras diferentes en la misma fila indican diferencia estadística (P<0.05).

### Digestibilidad “*in vitro*” de proteína

Los índices de digestibilidad *in vitro* resultaron estadísticamente iguales ( $p>0,05$ ) entre las distintas mezclas de harinas, así como entre las preparaciones extrudidas (Figura 1). No obstante, se observa que el proceso de extrusión mejoró la digestibilidad de las muestras en estudio, ya que tanto en la mezcla 75M/25F como en la 50M/50F se alcanzaron valores de 81,57% y 81,75%, respectivamente, lo que representa un aumento del 4%, en relación a las mezclas crudas.

FIGURA 1  
Digestibilidad *in vitro* de proteína en las mezclas de harinas crudas y extrudidas



<sup>a-b</sup> Letras diferentes indican diferencia estadística ( $p<0,05$ ). Las barras de error representan el valor de la desviación estándar.

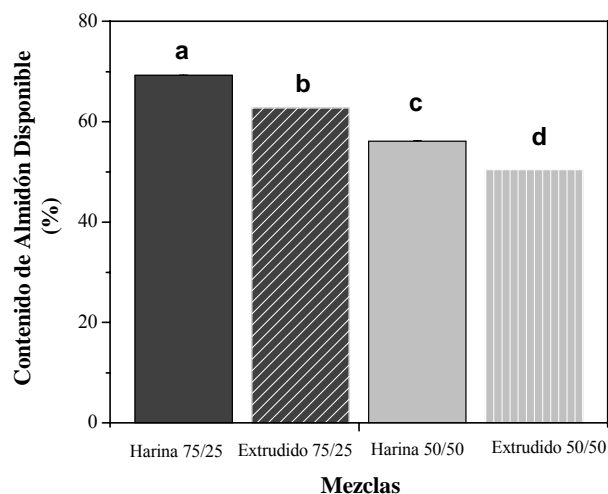
### Almidón disponible

En la Figura 2 se muestra el contenido de almidón potencialmente disponible (AD) en las muestras estudiadas, encontrando el mayor valor en las mezclas 75M/25F, tanto en las harinas (69,36%) como en los extrudidos (62,51%). También se encontró que en ambas mezclas después del procesamiento, el almidón disponible disminuyó significativamente ( $p<0,05$ ) con respecto a las harinas crudas.

### Almidón resistente

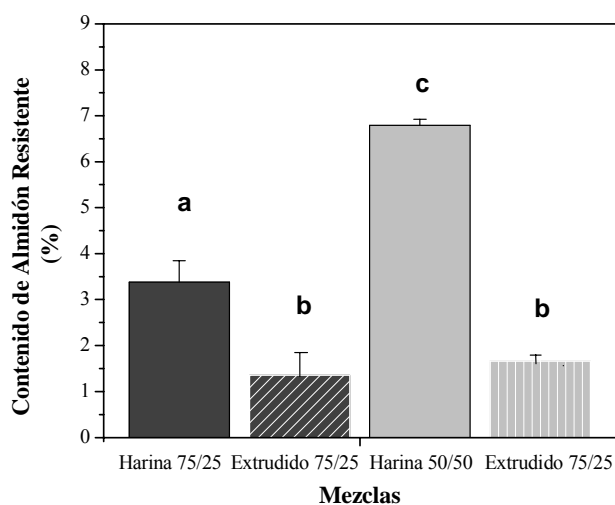
El contenido de almidón resistente total (AR) se presenta en la Figura 3. La mezcla de harina 50M/50F presentó el mayor nivel de AR con 6,79%, mientras que los valores encontrados en las mezclas extrudidas resultaron estadísticamente equivalentes ( $p<0,05$ ) con 1,35 % y 1,66% para las mezclas 75M/25F y 50M/50F, respectivamente.

FIGURA 2  
Contenido de almidón disponible (AD) en las mezclas de harinas crudas y extrudidas



<sup>a-d</sup> Letras diferentes indican diferencia estadística ( $p<0,05$ ). Las barras de error representan el valor de la desviación estándar.

FIGURA 3  
Contenido de almidón resistente (AR) en las mezclas de harinas crudas y extrudidas



<sup>a-c</sup> Letras diferentes indican diferencia estadística ( $p<0,05$ ). Las barras de error representan el valor de la desviación estándar.

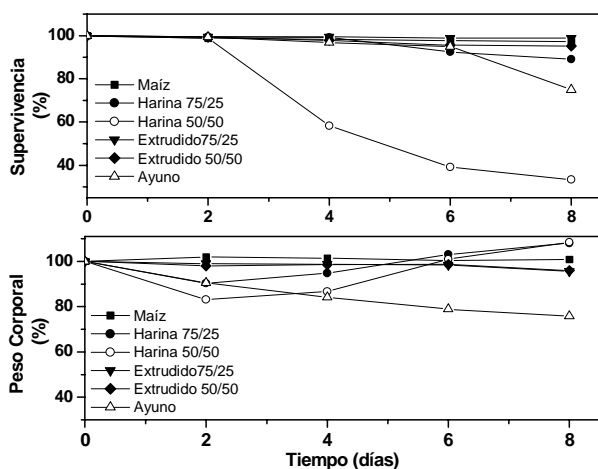
### Evaluación de la biodisponibilidad “*in vivo*” de proteína y almidón

La mayoría de las dietas ensayadas promovieron una supervivencia superior al ayuno (Figura 4A). No obstante, la mezcla 50M/50F resultó ser tóxica para los animales. Este

efecto se revirtió cuando al extrudir esta harina, es decir, la supervivencia aumentó de 33,3% a 95,1%. Por otra parte, las dietas 75M/25F (harina y extrudido), indujeron una supervivencia similar al almidón de maíz (97,21%), empleado como control positivo. En términos de la variación de peso corporal las dos preparaciones extrudidas promovieron al final del ensayo una ligera disminución del peso (Figura 4B). En contraste, los insectos alimentados con las harinas pasan por una etapa de adaptación disminuyendo su peso (0-2 días), sin embargo, a partir del cuarto día comienzan a aumentar de peso. Los insectos alimentados con la harina 75M/25F mostraron mayor retención de proteína (9,5%), que los alimentados con la harina 50M/50F (7%). La extrusión aumentó significativamente el aprovechamiento proteico de la mezcla 50M/50F, elevando la retención proteica al 10% (Figura 5).

FIGURA 4

Efecto de las dietas sobre la supervivencia y el peso corporal en el gorgojo de arroz



A: Supervivencia expresada como porcentaje del número inicial de individuos.

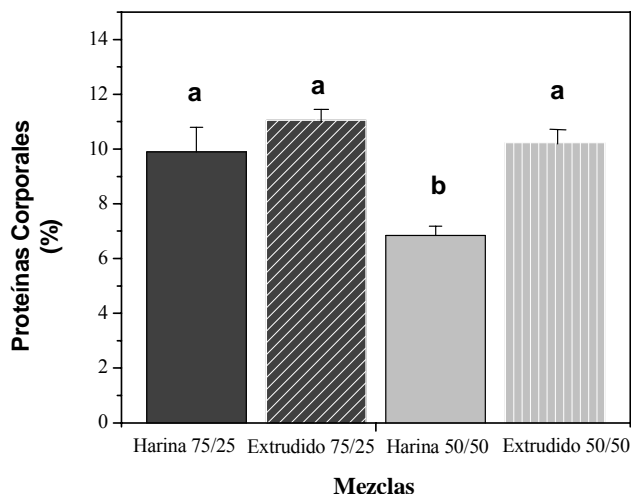
B: Peso corporal expresado como porcentaje del peso inicial de los individuos. El peso promedio de los insectos al inicio del experimento fue de  $1,81 \pm 0,05$  mg.

### Acido úrico

En la Figura 6, se muestran los resultados de excreción de ácido úrico. En los animales que consumieron las mezclas extrudidas, la excreción fue significativamente ( $p < 0,05$ ) más elevada que para el grupo alimentado con las harinas; obteniéndose valores en los extrudidos de  $133 \mu\text{g}/\mu\text{g}$  peso para 75M/25F y  $192 \mu\text{g}/\mu\text{g}$  peso para 50M/50F. En la preparación cruda 75M/25F la excreción de dicho metabolito fue 2,6 veces mayor que en la mezcla 50M/50F.

FIGURA 5

Efecto de la dieta sobre el contenido de proteína corporal en el gorgojo del arroz

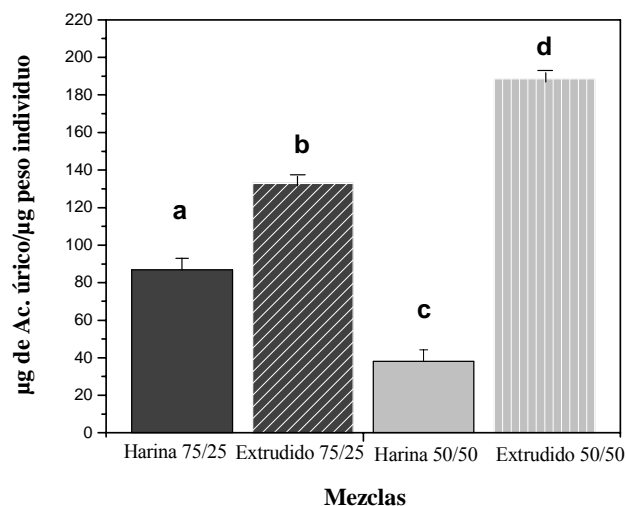


<sup>a-b</sup> Letras diferentes indican diferencia estadística ( $p < 0,05$ ).

Las barras de error representan el valor de la desviación estándar.

FIGURA 6

Efecto de las dietas sobre la excreción de ácido úrico por el gorgojo del arroz



<sup>a-d</sup> Letras diferentes indican diferencia estadística ( $p < 0,05$ ).

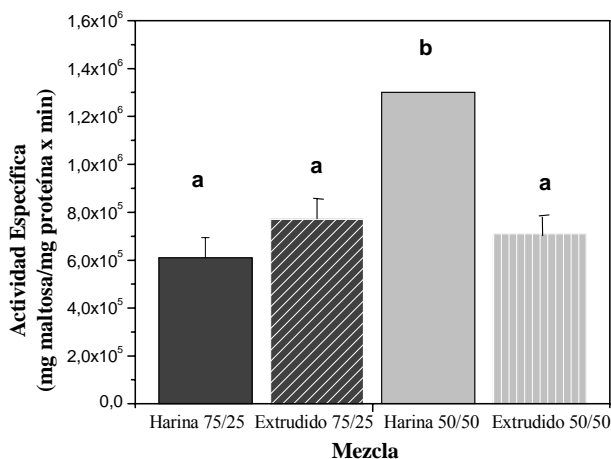
Las barras de error representan el valor de la desviación estándar.

### Actividad de $\alpha$ -amilasa

La actividad específica de  $\alpha$ -amilasa en insectos que consumieron la mezcla 75M/25F, no mostró diferencias significativas entre las preparaciones cruda y extrudida (Figura 7). Por el contrario, si se observaron diferencias significativas entre los animales que ingirieron la harina 50M/50F y su

extrudido. Asimismo, la máxima actividad de amilasa se obtuvo con la harina 50M/50F ( $1,32 \times 10^6$  mg maltosa/ mg proteína x min.) y los valores de actividad obtenidos para el resto de las dietas oscilaron entre  $6 \times 10^5$  -  $7,8 \times 10^6$ .

FIGURA 7  
Efecto de la dieta sobre la actividad de la  $\alpha$ -amilasa intestinal en el gorgojo del arroz



<sup>a-b</sup> Letras diferentes indican diferencia estadística ( $p < 0,05$ )  
Las barras de error representan el valor de la desviación estándar.

## DISCUSION

La disminución de los niveles de humedad a consecuencia de la extrusión fue sólo moderada, quizás a consecuencia de la humedad de la materia prima y la temperatura final alcanzada durante el proceso. Este factor puede considerarse suficiente para deteriorar los extrudidos con cierta rapidez, si no son empacados de manera adecuada, ya que según Huber (6) la humedad deseable para productos expandidos debe ser de 1-2%. En lo que respecta a las proteínas, los porcentajes obtenidos fueron similares a los reportados previamente (24), con 10,4% y 12,1% para mezclas extrudidas de maíz, arroz y soya a 16% de humedad. Por otra parte, la disminución del contenido de grasa después de la extrusión pudo deberse a la alta temperatura y la velocidad de tornillo empleadas; ello puede haber provocado la degradación de los lípidos. De igual forma, los ácidos grasos presentes en el material forman complejos con la amilosa, haciendo que su extracción sea más difícil (26), lo cual causaría un descenso aparente del contenido graso. Por otra parte, se ha señalado que para materiales con bajo contenido de carbohidratos complejos, el proceso de extrusión no afecta el tenor de fibra (como en los cereales), pero cuando el contenido de carbohidratos complejos es alto (leguminosas), la extrusión aumenta el porcentaje de fibra cruda (25), así

sucedió con la mezcla 50M/50F. De la misma manera, ambas mezclas extrudidas aportan principalmente energía (carbohidratos y grasas) y proteína; sin embargo, la mezcla extrudida 50M/50F cuenta con cantidades mayores de estos componentes y además su contenido de fibra cruda es considerable. Boonyasirikool y Charunuch (24) clasifican las botanas como ricas en proteína cuando este componente aporta del 10% al 12% del total de las calorías del alimento. Tal es el caso de las mezclas extrudidas aquí ensayadas, en las que la proteína aporta entre 12% y 19% del total de las calorías.

Los resultados obtenidos para la digestibilidad proteica in vitro (Figura 1), concuerdan con los de Zamora (27), quien reportó un índice bajo (57,52%) para la harina cruda de *Canavalia ensiformis*, valor que aumentó a 89,46% después de la extrusión. Chau y Cheung (28) indican que la digestibilidad está limitada por la estructura globular de las proteínas de leguminosas y por la presencia de factores antinutricios (inhibidores de proteasas, polifenoles, fitatos, etc.). Probablemente los factores antinutricios disminuyeron, al someter las harinas estudiadas al proceso de extrusión. Zamora (27) y Ainsworth y col. (29), encontraron que la extrusión disminuye la actividad de los inhibidores proteasas, debido a los efectos físicos (calor) y mecánicos (fuerzas de corte) del tratamiento.

Durante la extrusión, el almidón puede sufrir una degradación molecular por la temperatura, humedad y velocidad del tornillo (30). Así, las condiciones empleadas en este estudio (150° C y 100 rpm) pudieron ser suficientes para lograr una degradación de este componente, obteniéndose materiales de menor peso molecular, tales como azúcares, los cuales no son cuantificables con el método empleado para la determinación de almidón disponible (Figura 2). Asimismo, Tovar y col. (31) han sugerido que el descenso en el contenido de AD asociado a procesos de extrusión puede deberse a reacciones de transglucosidación, las cuales generan enlaces glucosídicos atípicos que no son reconocidos por las enzimas amilolíticas. Otra posible explicación puede ser la interacción proteína-almidón; Asp y Björck (25) observaron, en maíz extrudido, que los gránulos se encuentran incrustados en la matriz proteica (glutelinas), y en los cuerpos proteicos (zeínas). Adicionalmente, considerando que una característica de la amilosa es su capacidad de interactuar con los lípidos, se puede inferir que en el material extrudido pudiera haber la presencia de estos complejos, los cuales se someten a un ordenamiento conformacional de espiral a hélice, haciéndolos estables térmicamente e insolubles, razón por la cual, posiblemente se redujo la disponibilidad de almidón en esas mezclas.

El mayor contenido de AR en la mezcla de harinas 50M/50F con respecto a la 75M/25F, se debe a la mayor proporción de frijol en la mezcla, ya que los almidones de leguminosas presentan mayor resistencia a la hidrólisis por las enzimas

digestivas, dadas sus características estructurales, reflejadas por un patrón de difracción de rayos X tipo C (31). Los gránulos de almidón de maíz por su parte, presentan un patrón de difracción tipo A, que los hace más susceptibles de ser atacados por las enzimas. Por las condiciones a las que se sometieron los componentes durante el proceso de extrusión, el almidón sufre un proceso de gelatinización y probablemente degradación, provocando la pérdida de los patrones de difracción presentes en los almidones nativos. Estos cambios son responsables de la disminución del contenido de almidón resistente total observado luego de la extrusión (Figura 3). Pese a que el tenor de almidón resistente total disminuyó con el procesamiento, es posible que parte de la resistencia cuantificada incluya fracciones de almidón resistente por retrogradación, como ha sido sugerido con anterioridad (3, 25, 33).

### Evaluación de la biodisponibilidad “*in vivo*” de proteína y almidón

Se ha demostrado en gorgojos de arroz (11), que el parámetro supervivencia (Figura 4A) permite evaluar la toxicidad de la dieta, particularmente cuando la supervivencia es menor que en la condición de ayuno (12). Esto se observa claramente con la harina 50M/50F, donde a pesar de obtenerse la mayor ganancia de peso, el porcentaje de supervivencia fue el menor; es decir, los insectos consumieron la dieta pero ésta les resultó tóxica, la cual podría atribuirse a factores antinutricios, como los inhibidores de la  $\alpha$ -amilasa y tripsina, taninos, ácido cianhídrico y ácido fítico (12,34). La extrusión elimina o reduce algunos de estos componentes tóxicos del frijol lima (*Phaseolus lunatus*), este proceso mejoró la calidad nutricional de la mezcla 50M/50F elevando significativamente la supervivencia de los insectos. En general la ingesta de las dietas extrudidas no ocasionó, el aumento de peso de los animales. Esto podría deberse a la baja “palatabilidad” o textura de estas dietas. Asimismo, es posible que los insectos consuman mayor cantidad de alimento con las dietas a base de harinas ya que estas por su condición cruda contienen nutrientes (almidón, proteína) difíciles de digerir, lo que representaría una respuesta adaptativa ante un alimento poco biodisponible.

El contenido de proteína corporal se refiere a la cantidad de nitrógeno que el gorgojo es capaz de retener o almacenar para mantener su balance de nitrógeno. Desde el punto de vista de calidad proteica, este parámetro indica que el extrudido de la mezcla más rica en leguminosa (50M/50F) es superior a la harina cruda, lo cual corrobora los resultados de la digestibilidad *in vitro*. Con la mezcla 75M/25F, no se observó el efecto posiblemente por que en ésta el aporte proteico del frijol es inferior. Por su parte con la dieta de almidón maíz se registró un 4,73% de proteína corporal (datos no mostrados), siendo este un valor menor comparado al resto de las dietas ensayadas, lo que puede atribuirse a que se trata de una dieta aprotéica.

La excreción de ácido úrico en las muestras estudiadas, se relaciona directamente con la digestibilidad proteica encontrada *in vitro*. El proceso de extrusión aumentó la digestibilidad de las proteínas de la mezcla en relación a las harinas crudas. El incremento fue mayor en el caso de las mezclas 50M/50F, lo que podría reflejar el incremento en la digestibilidad de las proteínas del frijol y a la destrucción de los factores antinutricios. Esto probablemente condujo a una mayor absorción de aminoácidos en el animal, trayendo como consecuencia un incremento en la excreción nitrogenada (Figura 6). Este hecho no es sorprendente dado que la concentración proteica de las dietas aquí evaluadas es muy superior al rango de 0,5-1%, establecido por López (20), estimado como ingesta proteica óptima para este insecto.

En animales superiores la ingesta regular de dietas de baja digestibilidad se traduce en la producción y secreción incrementada de enzimas digestivas (35). Estudios preliminares en este laboratorio han sugerido que también en el modelo del *Sitophilus oryzae* la actividad de la  $\alpha$ -amilasa intestinal guarda una relación inversa con la digestibilidad del almidón presente en la dieta. El efecto sobre la actividad de amilasa no se observó con las dietas basadas en la mezcla 75M/25F (Figura 7). Esto posiblemente se deba a la mayor proporción de almidón de maíz presente en estas preparaciones; en otras palabras, la elevada digestibilidad de dicho almidón, discutida anteriormente, mejora la biodisponibilidad promedio de la mezcla. En contraste, las dietas basadas en la mezcla 50M/50F, donde la preparación extrudida indujo una menor actividad amilolítica que la muestra no tratada (Figura 7), lo cual es cónsono con el aumento de la biodisponibilidad evidenciado por la disminución del contenido de AR (Figura 3).

### CONCLUSIONES

La composición química de las mezclas de harinas, crudas y extrudidas mostró variaciones significativas. El contenido de proteína y fibra cruda de la mezcla 50M/50F fue mayor que en la mezcla 75M/25F. La digestibilidad *in vitro* de la proteína aumentó con el proceso de extrusión. El contenido de almidón disponible fue mayor en las harinas que en las muestras extrudidas, debido posiblemente a la degradación térmica y a la formación de complejos almidón-lípido y almidón-proteína. El contenido de almidón resistente total disminuyó después del proceso de extrusión en las dos mezclas estudiadas, lo cual es atribuible a la gelatinización de los gránulos por efecto de la temperatura y esfuerzos de corte. La evaluación de la biodisponibilidad utilizando *S. oryzae* como modelo experimental corroboró el aumento de la utilización biológica de la proteína y el almidón presente en las mezclas cuando se someten al proceso de extrusión. Esto se evidenció principalmente a través del contenido de proteínas

corporales y la actividad de  $\alpha$ -amilasa intestinal, parámetros que se perfilan como biomarcadores útiles para la evaluación de la biodisponibilidad de la proteína y el almidón, respectivamente.

### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el financiamiento otorgado por The International Foundation for Science (Estocolmo, E-2009-3) y The International Atomic Energy Agency (Viena), así como al Ing. Rolando González del Instituto de Tecnología de Alimentos de la Universidad Nacional del Litoral (Argentina) por el apoyo y las facilidades otorgadas para efectuar las pruebas de extrusión.

### REFERENCIAS

- Hurtado M, Escobar B, Estévez A. Mezclas legumbre/cereal por fritura profunda de maíz amarillo y de tres cultivares de frijol para consumo "snacks". Arch Latinoamer Nutr 2001; 51: 303-308.
- Lai L, Kokini J. Physicochemical and rheological of starch during extrusion (A review). Biotechnol Progress 1991; 7: 251-266.
- Tovar J, Herrera E, Laurentín A, Melito C, Pérez E. In vitro digestibility of modified starches. En: Pandalai SG, editor. Recent Research Advances in Agricultural and Food Chemistry., Trivandrum, India: Research Signpost; 1999. 3: 1-10.
- Lue S, Hsieh F, Huff H. Extrusion cooking of corn meal and sugar beet fiber: effects on expansion properties, starch gelatinization, and dietary fiber content. Cereal Chem 1991; 68: 227-234.
- Tovar J. Influencia de factores intrínsecos de los alimentos sobre la digestión y absorción del almidón. Arch Latinoamer Nutr 1995; 45 Suppl 1: 263-265.
- Huber G. Snacks foods from cooking extruders. En: Lusas E, Rooney L, editors. Snacks foods processing. Pennsylvania: Technomic Publishing; 2001. p. 315-368.
- Carmona A, Liuzzi, JP. Biodisponibilidad de nutrientes: fácil de definir, difícil de evaluar. An Venez Nutr 1998; 11:66-78.
- Canavoso L, Jouni Z, Karnas K, Pennington J, Wells M. Fat metabolism in insect. Ann Rev Nutr 2001; 21: 23-46.
- Bursell E. The role of proline in energy metabolism. En: Downer, RG editors. Energy metabolism in insects. New York: Plenum Press; 1981. p. 31-56.
- Chapman R. The insects: structure and function. American Elsevier Publishing Company editors. New York; 1971. p. 21-82.
- Carmona A., Gómez-Sotillo A. Uso de insectos en estudios nutricionales. Cambios en la composición corporal inducidos por la dieta. An Venez Nutr 1997; 10: 20-26.
- Gómez-Sotillo A, Carmona A. *Canavalia ensiformis* affects survival and body composition of *Sitophilus oryzae* adults. En: Jasman AJ, Hill GD, Whuifman J, J. Van der Poel J. Recent Advances of Research on Antinutritional Factors in Legume Seeds and Rapeseed. Wageningen, Holand;1998. 3: 295-299.
- Baker J, Woo S. Digestion of starch granules by  $\alpha$ -amylases from the rice weevil, *Sitophilus oryzae*: effect of starch type, fat extraction, granule size, mechanical damage, and detergent treatment. Insect Biochem Molec Biol 1992; 22: 529-537.
- AOAC. Official Methods of Analysis. Asociation Official Analytical Chemistry. Horwitz, Washington; 1997.
- Hsu H, Vavak D, Satterlee L, Miller G. A multienzyme technique for estimating protein digestibility. J Food Sci 1977; 42: 1269-1279.
- Holm J, Björck I, Drews A, Asp N. A rapid method for the analysis of starch. Starch/Stärke 1986; 38: 224-226.
- Goñi I, García-Diz L, Mañas E, Saura-Calixto F. Analysis of resistant starch: a method for foods and food products. Food Chem 1996; 56: 445-449.
- Tovar J. Métodos para la determinación de almidón resistente en los alimentos, En: Lajolo F, Saura-Calixto F, Wittig de Penna E, y Menezes E, editors. Fibra dietética en Iberoamérica: Tecnología y Salud. Obtención, Caracterización, Efecto Fisiológico y Aplicación en Alimentos. Sao Paulo, Brasil: Ltd. Press; 2001. p. 143-154.
- Cherry J. Molecular biology of plants. En: Columbia University Press, editors A text-manual.. Columbia, USA; 1973. p. 37-42.
- López Y. Efecto de la concentración y calidad de la proteína dietaria sobre la composición corporal, la actividad de enzimas digestivas y el potencial reproductivo de gorgojos del arroz (*Sitophilus oryzae*) [tesis de Licenciatura]. Caracas: Universidad Central de Venezuela; 1999.
- Bradford M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Anal Biochem 1976; 72: 248-259.
- Hostettler F, Borel E, Deuel H. Uber die reduktion der 3,5-dinitrosalicylsaure durch Zucker. Helvetica Chim Acta 1951; 34: 2131-2135.
- Montgomery D. Diseño y análisis de experimentos. Grupo Editorial Limusa, editors. México; 2003.
- Boonyasirikool P, Charunuch C. Development of nutritious soy fortified snack by extrusion cooking. Kasetsart J (Natural Science) 2000; 34: 355-365.
- Asp N, Björck I. Nutritional properties of extruded foods. En: Mercier C., Linko P., Harper J, editors, Extrusion Cooking. Minnesota: AACC; 1989. p. 399-433.
- Vodovotz Y, Zasytkin D, Lertsiriyothin W, Lee TC, Bourland T. Quantification and characterization of volatiles evolved during extrusion of rice and soy flours. Biotechnol Progress 2000; 16:299-301.
- Zamora N. Efecto de la extrusión sobre la actividad de factores antinutricionales y digestibilidad *in vitro* de proteínas y almidón en harinas de *Canavalia ensiformis*. Arch Latinoamer Nutr 2003; 53: 293-298.
- Chau C, Cheung P. Effect of various processing methods on antinutrients and in vitro digestibility al protein and starch of two Chinese indigenous legume seeds. J Agric Food Chem 1997; 45: 4773-4776.
- Ainsworth P, Fuller D, Plunkett A, Ibanoglu S. Influence of extrusion variables on the protein in vitro digestibility and protein solubility of extruded soy tarhana. J Sci Food Agric 1999; 79: 675-678.

30. Colonna P, Tayeb J, Mercier C. Extrusion cooking of starch and starchy products. En: Mercier C; Linko P, Harper J, editors. Extrusion Cooking. Minnesota: AACC; 1989. p. 247-319.
31. Tovar J, Melito C, Herrera E, Laurentín A, Pérez E. Starch modification from a nutritional point of view. *Agro-Food Industry Hi-Tech* 1999;10:27-30.
32. Biliaderis, C. Structures and phase transitions of starch polymers. En: Walter R, Dekker M. Polysaccharide association structures in food. Inc, USA; 1998. p. 57-168.
33. Unlu E, Faller J. Formation of resistant starch by a twin-screw extruder. *Cereal Chem* 1998; 75: 346-350.
34. Laureana A, Revilleza M, Mendoza E. Polyphenols, phytate, cyanogenic glycosides of several Philippine food legumes. *J Food Compost Anal* 1994; 7: 194-202.
35. Liener I. Significance for humans of biological active factors in soybeans and other food legumes. *J Am Oil Chem Soc* 1979; 56:121-129.

Recibido: 23-07-2007

Aceptado: 15-08-2007

## Efecto de la acetilación y oxidación sobre algunas propiedades del almidón de semillas de Fruto de pan (*Artocarpus altilis*)

Alicia Mariela Rincón, Lizet Bou Rached, Luis E. Aragoza, Fanny Padilla

Unidad de Análisis de Alimentos, Facultad de Farmacia, Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela

**RESUMEN.** El almidón extraído de las semillas del fruto de pan (*Artocarpus altilis*) fue modificado químicamente por acetilación y oxidación, y sus propiedades funcionales evaluadas y comparadas con las del almidón nativo. El análisis proximal reveló que los almidones modificados presentaron contenidos de humedad más altos que el nativo. El contenido de cenizas, proteínas, fibra cruda, y amilosa aparente fue reducido con las modificaciones. Las modificaciones no alteraron la morfología de los gránulos de almidón nativo de *A. altilis*, presentando forma irregular, en su mayoría ovalados y con superficie lisa. La absorción de agua, poder de hinchamiento y sólidos solubles variaron con las modificaciones químicas realizadas, resultando mayores en el almidón acetilado. En comparación con el almidón nativo, los dos tipos de modificación redujeron la temperatura inicial de gelatinización; el pico de máxima viscosidad se redujo en el almidón oxidado pero aumentó en el acetilado; la viscosidad de la pasta en caliente disminuyó para los almidones modificados, mientras que la viscosidad en frío fue menor en el almidón oxidado y mayor en el almidón acetilado. La estabilidad se incrementó con la acetilación y se redujo con la oxidación. El almidón acetilado presentó el valor más bajo de setback o asentamiento, por lo que hubo una menor tendencia a la retrogradación.

**Palabras clave:** *Artocarpus altilis*, acetilación, oxidación, almidón, reología, propiedades fisicoquímicas.

### INTRODUCCION

El almidón constituye la principal fuente de reserva de carbohidratos en los vegetales. Este polisacárido se encuentra en diversas partes de las plantas y puede ser aislado de semillas, frutas, hojas, tubérculos y raíces. Constituye una excelente materia prima para modificar la textura y consistencia de los alimentos. Su funcionalidad depende del peso molecular promedio de la amilosa y la amilopectina, así como de la organización molecular de estos glucanos dentro del gránulo. Los almidones nativos se utilizan porque regulan y estabilizan la textura de los alimentos y por sus propiedades espesantes y gelificantes; sin embargo, la estructura nativa del almidón puede ser menos eficiente debido a que las condiciones del proceso (ej.: temperatura, pH y presión) reducen su uso en otras aplicaciones industriales, por la baja resistencia al corte, descomposición térmica, alto nivel de retrogradación y la sinéresis (1).

**SUMMARY.** Effect of acetylation and oxidation on some properties of Breadfruit (*Artocarpus altilis*) seed starch. Starch extracted from seeds of *Artocarpus altilis* (Breadfruit) was chemically modified by acetylation and oxidation, and its functional properties were evaluated and compared with these of native starch. Analysis of the chemical composition showed that moisture content was higher for modified starches. Ash, protein, crude fiber and amylose contents were reduced by the modifications, but did not alter the native starch granules' irregularity, oval shape and smooth surface. Acetylation produced changes in water absorption, swelling power and soluble solids, these values were higher for acetylated starch, while values for native and oxidized starches were similar. Both modifications reduced pasting temperature; oxidation reduced maximum peak viscosity but it was increased by acetylation. Hot paste viscosity was reduced by both modifications, whereas cold paste viscosity was lower in the oxidized starch and higher in the acetylated starch. Breakdown was increased by acetylation and reduced with oxidation. Setback value was reduced after acetylation, indicating it could minimize retrogradation of the starch.

**Key words:** *Artocarpus altilis*, acetylation, oxidation, starch, physicochemical properties, rheology.

Estas limitaciones se pueden superar modificando la estructura nativa por métodos químicos, físicos y enzimáticos, dando origen a numerosos derivados del almidón, los cuales pueden ampliar su aplicación y llegar a ser factores de gran importancia en el campo de los alimentos (2-4). La modificación química es el tipo más común, siendo algunos de los mecanismos más usados la derivación vía éter o formación de éster, oxidación de grupos carbonilo, hidroxilo o grupo carboxílico y la hidrólisis de enlaces glucosídicos (5).

Estos almidones generalmente muestran mejor claridad de pasta y estabilidad, menor tendencia a la retrogradación y aumento en la estabilidad al congelamiento-descongelamiento (6). El almidón acetilado se obtiene por esterificación con anhídrido acético (1) y el número de grupos acetilo incorporados en la molécula depende de la fuente del almidón, concentración del reactivo, tiempo de reacción, proporción de amilosa/amilopectina, pH, y la presencia de catalizador

(4;7,8). La Administración de Drogas y Alimentos de los Estados Unidos (FDA) sólo permite en alimentos almidones con bajo grado de sustitución. El almidón acetato que típicamente se utiliza en alimentos contiene 0,5-2,5% de grupos acetilos. La FDA limita a 2,5% los grupos acetilos en almidones acetilados para uso alimentario (5).

El almidón oxidado es producido por la reacción del almidón con una cantidad específica del reactivo oxidante a temperatura y pH controlados. La oxidación del almidón implica la introducción de grupos carbonilo y grupos carboxilo en las unidades de glucosa, dentro de la matriz del polímero. Los grupos hidroxílicos en las moléculas de almidón son oxidados primero a grupos carbonilo y luego a grupos carboxilo, y su número indica el nivel de oxidación. Estudios han mostrado que esta modificación blanquea el almidón y disminuye la retrogradación (8,9). La producción de almidón oxidado, está basada en el uso de hipoclorito de sodio como agente oxidante (10).

El fruto de pan (*Artocarpus altilis*) perteneciente a la familia Moraceae, es una fuente alterna de almidón. En el almidón de *A. altilis*, variedad sin semilla, se han estudiado la composición química y algunas de sus propiedades físico-químicas y funcionales (11). Sin embargo, son pocos los estudios realizados con el almidón de *A. altilis*, variedad con semilla, por lo cual el objetivo de esta investigación fue modificar el almidón de semillas de fruto de pan por acetilación y oxidación, y evaluar el efecto sobre las propiedades físicas, químicas, físico-químicas y reológicas, con el fin de diversificar su posible uso en la industria de alimentos.

## MATERIALES Y METODOS

Las semillas de fruto de pan (*A. altilis*) fueron obtenidas del sector la Trilla de la carretera Maracay-Ocumare (Estado Aragua), Venezuela. Todos los reactivos fueron de grado analítico. Los resultados se expresaron como el valor promedio  $\pm$  la desviación estándar (SD) de  $n=3$ .

### Extracción del almidón de semillas de fruto de pan

La extracción se realizó utilizando la metodología descrita (11).

### Acetilación del almidón

A una suspensión de almidón nativo (100g secos y 500ml agua destilada) a pH 8,0 con agitación constante por 30 min., se añadió lentamente 10,2 g de anhídrido acético manteniendo el pH entre 8,0-8,5; luego se ajustó el pH a 4,5 con HCl 0,5 M, se filtró y el residuo se lavó 4 veces con agua destilada, se secó a  $30 \pm 2$  °C por 48 h y el almidón obtenido se molió y tamizó (60 mesh) (8).

### Oxidación del almidón

Una suspensión de 100g almidón nativo y 500ml de agua destilada a pH a 9,5 se sometió al proceso de oxidación por adición gota a gota, durante un período de 2h con agitación constante, de 4,8 ml de NaOCl al 12,6 % p/v (6% de cloro activo, 0,6 g Cl/100 g de almidón), manteniendo el pH entre 9,0-9,5 con NaOH 0,3M. El proceso de oxidación se mantuvo por 5h después del agregado del NaOCl, se ajustó el pH a 7,0 con HCl 0,3M y se filtró. El almidón oxidado se lavó 4 veces con agua destilada y se secó a  $30^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  por 48 h. se molió y tamizó (60 mesh) (8).

### Análisis químico

El contenido de humedad, cenizas y fibra cruda se evaluó según la AACC (12), las proteínas por Micro-kjeldahl AOAC (13). Los lípidos totales se determinaron de acuerdo al método de Goshima y col. (14). La amilosa aparente por espectrofotometría a 600 nm mediante la formación de un complejo  $I_2/KI$  (15), utilizando amilosa de papa, tipo III, libre de amilopectina (Sigma). La amilopectina se obtuvo sustrayendo de 100g el contenido de amilosa encontrado.

### Acidez y pH

Se determinaron según la AACC (12) métodos 02-31 y 02-52, respectivamente.

El poder de hinchamiento, absorción de agua, y solubilidad se determinaron según el método descrito por Rincón y Pérez (16).

### Morfometría

El almidón extraído de las semillas de fruto de pan (*A. altilis*), así como los modificados (acetilado y oxidado), fueron estudiados por Microscopía Electrónica de Barrido (SEM), en un equipo Marca Hitachi, Modelo S-2400 a 20 KV. La metalización de las muestras se realizó en un Metalizador iónico, Marca Hitachi, Modelo E102, Ión Sputter sellando con varios puntos de pintura color plata y recubiertas con oro-paladio.

### Sinéresis

La sinéresis se evaluó cualitativamente (17). Las suspensiones de almidón provenientes del estudio amilográfico se mantuvieron en refrigeración ( $\pm 5$  °C) por 24, 48 y 72 horas para observar la liberación de agua o separación del gel.

### Estudio amilográfico

Se prepararon suspensiones al 6% y en el Micro Visco-Amylo-Graph® Brabender, Duisburg, Alemania se calentó la suspensión desde 30°C hasta 95°C a 7,5°C/min, se mantuvo a 95°C por 5 min, y se enfrió hasta 50°C a 7,5°C/min. manteniendo durante un minuto esta temperatura.

### Análisis Estadístico

Se realizó un análisis de varianza de una vía (ANOVA), utilizando el programa Statgraphics Plus para Windows 1.4, Versión 5.1, 1994-1995 (Statistical Graphics Corp, USA).

## RESULTADOS

### Composición química

La Tabla 1 presenta la composición química de los almidones de semillas de *A. altilis* nativo, acetilado y oxidado. La humedad presentó diferencias significativas entre el almidón nativo y los modificados resultando el valor más bajo en el almidón nativo.

Las cenizas no presentaron diferencias significativas

( $p < 0,05$ ) entre el almidón nativo y oxidado, pero si con respecto al almidón acetilado, con un contenido menor. La fibra cruda mostró una disminución en su contenido posterior a las modificaciones, sin embargo, no hubo diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) entre las muestras de almidón oxidado y acetilado, pero sí entre éstos y el nativo. La grasa cruda en el almidón acetilado fue mayor que en el almidón oxidado y este a su vez mayor que el nativo, encontrándose diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ). En el contenido de amilosa aparente, hubo diferencias estadísticamente significativas entre el almidón nativo y los modificados, disminuyendo su contenido después de las modificaciones y en consecuencia aumentando el valor de amilopectina.

TABLA 1  
Composición química (g/100 g) y algunas propiedades físicas de los almidones de semillas de *Artocarpus altilis* nativo, acetilado y oxidado

Características	Almidón nativo	Almidón acetilado	Almidón oxidado
Humedad <sup>1</sup>	9,97 <sup>a</sup> ± 0,07	10,27 <sup>b</sup> ± 0,10	11,16 <sup>c</sup> ± 0,21
Cenizas <sup>1</sup>	0,15 <sup>a</sup> ± 0,05	0,11 <sup>b</sup> ± 0,01	0,14 <sup>a</sup> ± 0,01
Fibra cruda <sup>1</sup>	0,005 <sup>a</sup> ± 0,00	0,002 <sup>b</sup> ± 0,00	0,003 <sup>b</sup> ± 0,00
Proteína <sup>1</sup> (N x 6,25)	0,36 <sup>a</sup> ± 0,05	0,15 <sup>b</sup> ± 0,02	0,06 <sup>c</sup> ± 0,01
Grasa cruda <sup>1</sup>	0,20 <sup>a</sup> ± 0,05	1,78 <sup>b</sup> ± 0,75	0,44 <sup>c</sup> ± 0,06
Amilosa <sup>1</sup>	4,90 <sup>a</sup> ± 0,26	3,67 <sup>b</sup> ± 0,15	4,54 <sup>c</sup> ± 0,06
Amilopectina <sup>2</sup>	95,10	95,46	96,33
pH <sup>1</sup>	5,20 <sup>a</sup> ± 0,93	5,15 <sup>a</sup> ± 0,06	7,17 <sup>b</sup> ± 0,06
Acidez (meq NaOH/g) <sup>1</sup>	0,005 <sup>a</sup> ± 0,00	0,005 <sup>b</sup> ± 0,00	0,002 <sup>c</sup> ± 0,00

Letras diferentes en una misma fila denotan diferencias significativas ( $p < 0,05$ )

Base seca (excepto humedad)

<sup>1</sup>Valor promedio ± desviación estándar (n= 3) <sup>2</sup>Calculado por diferencia: 100 - % de amilosa

### Acidez titulable y pH

El almidón oxidado fue el que presentó el menor valor de acidez titulable y el mayor valor de pH, en comparación con el acetilado y nativo, no encontrándose diferencias estadísticamente significativas en pH entre el almidón nativo y acetilado, pero sí con respecto al almidón oxidado (Tabla 1).

### Poder de hinchamiento, solubilidad y absorción de agua del almidón

Como se esperaba los valores de poder de hinchamiento se incrementaron con el aumento de temperatura, presentándose el mayor valor a los 95°C (Tabla 2). La suspensión de almidón acetilado mostró mayor poder hinchamiento a las temperaturas estudiadas, en comparación con el almidón nativo y el oxidado, no observándose diferencias entre estos dos últimos. En tal sentido, se puede inferir que el almidón oxidado no tuvo un nivel de oxidación

tal que produjera un efecto significativo en el poder de hinchamiento.

El almidón acetilado presentó el mayor valor de absorción de agua (Tabla 2), entre 60 y 95°C, mientras que los almidones nativo y oxidado presentaron valores similares entre sí, también presentó el valor más alto de solubilidad a todas las temperaturas estudiadas con respecto al almidón nativo; sin embargo, no hubo diferencias entre el almidón nativo y el oxidado.

### Perfil amilográfico

Estos resultados se presentan en la Tabla 3. El almidón acetilado presentó la menor temperatura inicial de gelatinización (TIG) (69,3°C) mientras que el almidón oxidado mostró una TIG de 79°C muy similar al almidón nativo (79,6°C). Asimismo, el almidón acetilado presentó el mayor valor de viscosidad máxima (B) (934UB), seguido del almidón nativo (654 UB) y del almidón oxidado (611 UB).

TABLA 2  
Propiedades fisicoquímicas de almidones de semillas de *Artocarpus altilis* nativo, acetilado y oxidado

Temp (°C)	Poder de Hinchamiento <sup>1</sup>			Absorción de agua <sup>1</sup> (g/100g)			Sólidos solubles <sup>1</sup> (g/100g)		
	Nativo	Acetilado	Oxidado	Nativo	Acetilado	Oxidado	Nativo	Acetilado	Oxidado
60	2,9 ± 0,08	4,6 ± 0,20	2,7 ± 0,22	1,9 ± 0,08	3,5 ± 0,75	1,7 ± 0,72	0,8 ± 0,06	4,5 ± 0,25	0,8 ± 0,05
70	3,0 ± 0,05	14,2 ± 0,19	3,0 ± 0,20	2,0 ± 0,05	13,2 ± 0,29	2,0 ± 0,33	1,6 ± 0,03	13,8 ± 0,58	1,2 ± 0,01
80	7,3 ± 0,05	22,9 ± 0,22	8,8 ± 0,33	6,3 ± 0,04	21,9 ± 0,19	7,8 ± 0,82	5,8 ± 0,09	24,7 ± 0,96	7,7 ± 0,09
90	12,9 ± 0,10	26,0 ± 0,18	13,9 ± 0,25	11,9 ± 0,08	25,0 ± 0,27	12,9 ± 0,56	19,7 ± 0,09	27,0 ± 0,64	14,4 ± 0,05
95	16,0 ± 0,09	30,5 ± 0,21	16,2 ± 0,35	15,1 ± 0,06	29,4 ± 0,55	15,5 ± 0,29	23,1 ± 0,02	32,9 ± 0,6	17,4 ± 0,05

<sup>1</sup>Valor promedio ± desviación estándar (n=3)

Temp: temperatura

TABLE 3  
Perfil amilográfico de los almidones de semillas de *Artocarpus altilis* nativo, acetilado y oxidado (6,0 g/100 ml)

Parámetros	Nativo	Acetilado	Oxidado
A= Comienzo de la gelatinización (°C)	79,6	69,3	79,0
B= Viscosidad máxima (UB)	654	934	611
C= Viscosidad a 95°C (UB)	554	635	375
D= Viscosidad a 95°C x 5 min. (UB)	633	610	611
E= Viscosidad a 50°C (UB)	807	994	767
F= Viscosidad a 50°C x 1 min.(UB)	842	1086	784
Estabilidad "Breakdown" (B-D) (UB)	21	324	0
Asentamiento ó "Setback" (E-B) (UB)	153	60	156

UB= Unidades Brabender

En relación con la estabilidad (breakdown), el almidón acetilado (324 UB) fue menos estable que el almidón nativo (21 UB); el almidón oxidado (0 UB) presentó mayor estabilidad. La viscosidad al final del período de enfriamiento (a 50°C) (E) y al final del proceso (F) para cada una de las suspensiones de los almidones en estudio, fue 807 UB y 842 UB para el almidón nativo, 994 UB y 1086 UB para el acetilado y 767 UB y 784 UB para el oxidado. El almidón acetilado presentó el mayor valor de viscosidad a 50°C (994 UB), mientras que los almidones oxidado y nativo presentaron viscosidades de 767 y 807 UB, respectivamente.

En cuanto al asentamiento (setback), el almidón acetilado presentó un valor mucho menor (60 UB) en comparación con el nativo y oxidado (153 y 156 UB, respectivamente).

### Sinéresis

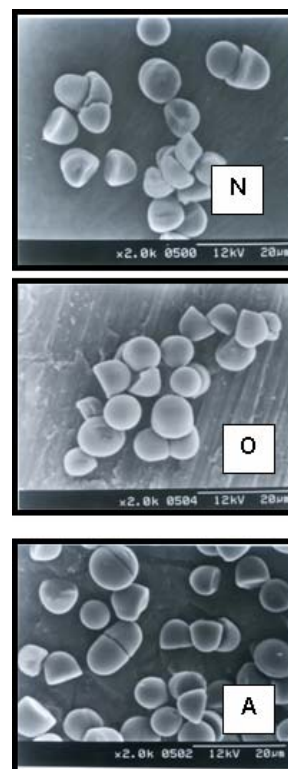
La estabilidad de los geles de almidón de *A. altilis* nativo, oxidado y acetilado fue evaluada cualitativamente después de ser sometidos a refrigeración a 4°C por 24 horas, presentándose sinéresis en el almidón nativo y oxidado, pero no en el acetilado. En el almidón nativo se observó la formación de un gel suave de color blanco y brillante, mientras que en el almidón oxidado se observó un gel de textura firme, opaco y

color blanco. El almidón acetilado presentó formación de un gel suave y claro, con apariencia translúcida y brillante.

### Morfometría

Las fotomicrografías obtenidas por SEM en las muestras de almidón de semillas de *A. altilis* nativo, oxidado y acetilado, mostraron que algunos gránulos de almidón se encuentran en forma individual y poseen forma irregular, la mayoría fueron ovalados, con un extremo truncado y superficies lisas (Figura 1).

FIGURA 1  
Micrografías de los almidones de semillas de *Artocarpus altilis* nativo (N), oxidado (O) y acetilado (A)



## DISCUSION

### Composición química

El incremento del porcentaje de humedad en almidon de *A. altilis*, oxidado, podría ser atribuido a la presencia de grupos carboxilo y carbonilo (8). Por otra parte, se ha señalado (18) que en almidones oxidados con hipoclorito de sodio, la presencia de grupos carboxilo en el interior de la molécula interrumpe la linealidad de la amilosa y de las secciones lineales de la amilopectina, produciendo una menor tendencia a la asociación intermolecular, fomentando la hidratación del gránulo; esto debido a la hidroficidad del grupo carboxil y de su carga aniónica.

Estudios sobre *Canavalia ensiformis* (3), y *Xanthosoma sagittifolium* (19), presentan disminución en el contenido de cenizas después de las modificaciones, como en el caso del almidón acetilado, señalando que esta reducción podría atribuirse a los lavados realizados, así como a las diversas degradaciones químicas ocurridas en los procesos de modificación. Igualmente, la fibra presentó resultados similares al *A. altilis*, variedad sin semilla (8) y *Canavalia ensiformis* (3). También hubo disminución en el contenido de proteínas en los almidones modificados químicamente, lo cual podría atribuirse a una precipitación de las proteínas periféricas y en consecuencia su solubilización durante las etapas posteriores del proceso de modificación (3).

Los resultados del contenido de amilosa concuerdan con los reportados por otros investigadores en almidones de *Canavalia* y arroz acetilados (7,20) y en almidón de papa, maíz y arroz oxidados (21). Se infiere que la disminución en el contenido de amilosa aparente en el almidón acetilado se produjo por la introducción de grupos acetilos, que podrían impedir la estructura de doble hélice en algunas regiones, disminuyendo así el complejo amilosa-yodo. Sin embargo, se ha reportado un aumento no estadísticamente significativo del contenido de amilosa posterior a la modificación por acetilación en almidón de arroz (2), quizás atribuida a diferencias en el origen botánico.

En el almidón de semillas de fruto de pan oxidado, la disminución del contenido de amilosa fue un poco menor si se compara con el almidón acetilado, pudiéndose inferir que los enlaces glucosídicos de la fracción de amilosa fueron menos susceptible a la oxidación y por ende se forma mejor el complejo amilosa-yodo.

### Acidez titulable y pH

Las diferencias en acidez y pH (Tabla 1) pudieran ser atribuidas al proceso de modificación debido al uso de HCl. Los valores de acidez titulable para el almidón oxidado fueron diferentes a los reportados por otros autores, pero su incremento posiblemente se deba a la introducción de grupos carboxílicos en las moléculas del almidón, mientras que la

reducción del pH en almidones acetilados sea la consecuencia de la hidrólisis ácida de los gránulos de almidón (3).

El almidón nativo de *A. altilis* variedad sin semilla (11), presentó un pH de 5,51 y se reportan valores de 6,11 y 4,90 para almidones de batata nativo y acetilado. También, se señalan valores de pH en almidones nativos, acetilados y oxidados de arroz de 7,07, 6,12 y 6,93, respectivamente (3), lo que permite inferir que los resultados obtenidos dependen de la fuente del almidón y del grado o nivel de las modificaciones obtenidas.

### Poder de hinchamiento, solubilidad y absorción de agua del almidón

El poder de hinchamiento está relacionado con la unión asociativa dentro del gránulo de almidón, y aparentemente la fuerza y carácter de la red micelar está relacionada con el contenido de amilosa en el almidón; un contenido bajo de amilosa produce alto poder de hinchamiento (22); y esto se corresponde con los bajos valores de amilosa obtenidos en este estudio. Como resultado directo del hinchamiento del gránulo, hay un incremento en la solubilidad del almidón.

### Solubilidad

Los valores de solubilidad entre 60 y 95°C, para el almidón nativo de semillas de *A. altilis*, aumentan con la temperatura, siendo comparables con los reportados para *Canavalia ensiformis* (3). El incremento podría atribuirse al contenido de amilosa, debido a que esta se solubiliza y sale al exterior del gránulo de almidón hinchado. El contenido de sólidos solubles para los almidones estudiados, presentan la misma tendencia observada en la capacidad de absorción de agua y en el poder de hinchamiento.

Este comportamiento de los almidones acetilados y oxidados podría ser debida a que la modificación puede producir un debilitamiento de las fuerzas de enlace intragranular (8). Asimismo, la temperatura causa aumento de la movilidad de los gránulos de almidón, lo cual facilita la dispersión de las moléculas de almidón en el agua, produciendo un incremento en la solubilidad.

Esta característica del almidón acetilado, está muy relacionada con lo reportado por González y Pérez (20), referente a los valores de poder de hinchamiento, absorción de agua y solubilidad más altos presentados por el almidón acetilado de arroz en comparación con su respectivo nativo, ya que la introducción de grupos acetilos en el almidón, pueden facilitar el acceso del agua a las zonas amorfas. Igualmente, se ha señalado que el índice de absorción de agua y poder de hinchamiento, dependen de las fuerzas que afectan el arreglo intragranular de la estructura química, el tamaño granular y la temperatura a la cual es sometida la suspensión de almidón (23).

### Absorción de agua

El incremento de la temperatura causó un aumento del índice de absorción de agua, pues además de producir un rompimiento de las fuerzas intragranulares de la región amorfa, también conduce al inicio del desdoblamiento de las regiones con doble hélice y al rompimiento de las estructuras de amilopectina con lo cual se va generando una desorganización de la estructura del gránulo.

Las diferencias observadas en los valores de absorción de agua y poder de hinchamiento para el almidón acetilado, son explicadas por la introducción de grupos acetilos en las moléculas que conforman el almidón, ya que estos al ser de naturaleza voluminosa causan un desarreglo intragranular por impedimento estérico, facilitando el acceso de agua a la región amorfa (2). Al ser aplicado calor a las suspensiones de almidón acetilado, se disminuye la cantidad de energía para romper la integridad de los enlaces que mantenían a la región amorfa, debido al desarreglo intragranular; en consecuencia, el volumen de agua absorbido, se tradujo en un mayor hinchamiento de los gránulos de almidón y lixiviación del material intragranular por efecto del incremento de temperatura.

### Perfil amilográfico

#### Temperatura inicial de gelatinización (TIG)

Los resultados sugieren que la introducción de grupos acetilos causó la desorganización de la estructura interna de los gránulos, por interferir en la disminución de los puentes de hidrógeno intra e inter. molecularmente establecidos en las regiones amorfas de los gránulos de almidón. Los resultados obtenidos en esta investigación son similares a los valores de TIG del almidón nativo de *A. atilis* variedad sin semilla (11).

La disminución de la TIG en almidón de *A. atilis* variedad sin semilla, oxidado y acetilado ha sido reportada, producto del debilitamiento y desintegración estructural durante los procesos de modificación (8); también se señalan resultados similares para el Cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium*), modificado (19).

#### Viscosidad máxima

El alto valor de viscosidad (B) obtenido podría ser el efecto de la introducción de grupos acetilos que reducen la magnitud y el tipo de fuerza que mantienen estable la red intragranular, se produce mayor lixiviación de amilosa al medio circundante, además sugiere que el almidón nativo presentó la mayor asociación interna (4).

La disminución de la viscosidad por oxidación pudo ser causada por el desdoblamiento parcial de los enlaces glucosídicos dando como resultado una disminución de la longitud de las cadenas de las moléculas de almidón (8). Por otra parte, estudios en almidón de yuca, reportan reducción

en la viscosidad máxima y viscosidad de la pasta en caliente por oxidación y acetilación (24).

La red parcialmente degradada del gránulo pudo no ser resistente al tratamiento y por ende se infiere que no es capaz de mantener la integridad del gránulo de almidón, de tal manera que se produce una viscosidad menor. Cuando se enfrían las pastas, el aumento en viscosidad es una propiedad de la tendencia a la reasociación de las moléculas de almidón. Este fenómeno es determinado en gran parte por la afinidad de los grupos oxidrilos de una molécula a otra. Los almidones modificados, siendo sujetos a reordenamiento y al cambio de configuración, son menos propensos a tal reasociación. La introducción de los grupos funcionales para sustituir los grupos oxidrilos, agrupan la formación de los límites de tales fuerzas obligatorias (19).

#### Estabilidad (Breakdown)

La estabilidad (breakdown) es un valor que da idea de la fragilidad de los gránulos de almidón durante el calentamiento frente a determinadas fuerzas de corte; los gránulos muy frágiles producen un pico de viscosidad seguido por una caída bien definida de ésta, ya que se destruyen fácilmente con la pérdida de viscosidad. En este sentido, a mayor valor del Breakdown menor será la estabilidad frente a las fuerzas de corte durante el período de calentamiento (3). La menor estabilidad presentada por el almidón acetilado, evidenció el efecto de la desorganización intragranular provocada por la introducción de grupos acetilos, los gránulos se destruyen más fácilmente, por ser más susceptibles a las fuerzas térmicas o mecánicas aplicadas, indicando que las fuerzas de enlaces entre los gránulos de almidón no son tan fuertes. Esta menor estabilidad también la presentaron almidones de *Canavalia ensiformis* oxidados y acetilados (3).

El incremento gradual de la viscosidad durante el período de enfriamiento se debe al restablecimiento de los puentes hidrógeno entre las moléculas de amilosa y amilopectina, dando lugar a la consistencia tipo gel, por la pérdida de calor en el sistema y al proceso de retrogradación que se genera. Este incremento de la viscosidad indica la tendencia de varios constituyentes presentes en la pasta caliente (gránulos hinchados, fragmentos de gránulos hinchados, moléculas de almidón coloidal y dispersas) para asociarse o retrogradar mientras la temperatura de la pasta disminuye.

#### Asentamiento (Setback)

El término asentamiento (setback) está relacionado con la tendencia de los elementos presentes en la pasta caliente a asociarse o retrogradar cuando la temperatura de la pasta disminuye; es un índice que permite estimar el grado de retrogradación que ha sufrido la suspensión de almidón. Así, a mayor valor de este índice mayor tendencia del almidón a retrogradar. Cada almidón tiene una tendencia diferente a la

retrogradación, la cual está relacionada con el contenido de amilosa, la longitud de esta molécula y el estado de dispersión de las cadenas lineales (17), a mayor contenido de amilosa, mayor posibilidad a retrogradar.

La acetilación normalmente reduce la viscosidad de las pastas (7), sin embargo esto no ocurrió en este estudio, probablemente debido a la naturaleza del almidón y al método de esterificación empleado. Los resultados muestran menor tendencia del almidón acetilado a la retrogradación que los almidones nativo y oxidado.

Del estudio de los amilogramas se puede inferir que el almidón acetilado es el de más fácil cocción; presentó menor temperatura de gelatinización, así como menor tendencia a la retrogradación, mientras que en el caso del almidón oxidado, hubo una mayor estabilidad de la pasta, disminución de la viscosidad máxima y una tendencia a la retrogradación similar al almidón nativo.

### Morfometría

Las modificaciones químicas no afectaron la forma definida de los gránulos de almidón. En algunos gránulos de almidón se apreciaron algunas grietas, las cuales pueden ser atribuidas a un efecto directo durante el secado al aire (19). Kuakpetoon y Wang (21), señalaron que la oxidación con diferentes niveles de hipoclorito de sodio, no provocaba cambios significativos en la morfología del gránulo de almidón.

Estudios en almidón de maíz y batata acetilados mostraron alteraciones en la morfología del gránulo, aunque a niveles muy bajos. El grado de la alteración puede depender de la concentración usada durante el tratamiento y de la resistencia que presente cada tipo de gránulo (25). En evaluación de almidones de arroz acetilados, se encontró que los gránulos tienden a formar agregados y la superficie podía llegar a ser áspera (2, 20). Sin embargo, ciertos agrupamientos, deformación y el aspecto áspero de la superficie del gránulo, pueden ser resultado de la gelatinización superficial por la adición de NaOH para mantener las condiciones alcalinas, durante la adición del anhídrido acético (26).

### CONCLUSIONES

La acetilación y la oxidación del almidón de semillas de *A. altilis* producen cambios de diferente intensidad en las características químicas, físicas y funcionales, en comparación con el almidón nativo. Los mayores cambios observados en el almidón acetilado, especialmente en las propiedades reológicas, sugieren la utilidad de este almidón en sistemas alimenticios que requieran una rápida viscosidad, así como en productos que conlleven procesos de refrigeración, debido a su baja tendencia a la retrogradación. El nivel de oxidación no fue suficiente para producir cambios favorables y más marcados en las propiedades del almidón.

### REFERENCIAS

1. Bello-Pérez L, Contreras-Ramos S, Romero-Manilla R, Solorza-Feria J, Jiménez-Aparicio A. Propiedades químicas y funcionales del almidón modificado de plátano *Musa paradisiaca* L. (Var. Macho). *Agrociencia* 2002; 36:169-180.
2. Singh NS, Singh N. Characteristic of acetylated starches prepared using starches separated from different rice cultivars. *J Food Engineering* 2005;70: 117-127.
3. Lawal OS, Adebawale KO. Physicochemical characteristics and thermal properties of chemically modified jack bean (*Canavalia ensiformis*) starch. *Carboh Polym* 2005;60:331-341.
4. Singh J, Kaur L, McCarthy O.J. Factors influencing the physico-chemical, morphological, thermal and rheological properties of some chemically modified starches for food applications. *Food Hydrocoll* 2007;21:1-22.
5. Thomas D, Atwell W. 1999. Starch structure in: Practical guide for the food industry. Eagan Press Handbook Serie. St Paul Mn. USA. pp. 49-86.
6. Agboola SO, Akingbala JO y Oguntimein GB. Physicochemical and functional properties of low DS cassava starch acetates and citrates, *Starch/ Starke* 1991;43:62-66.
7. Betancur-Ancona D, Chel-Guerrero L, Cañizares-Hernandez E. Acetylated and characterization of *Canavalia ensiformis* Starch. *J Agric Food Chem* 1997;45: 362-378.
8. Adebawale KO, Olu-Owolabi BI, Olawumi EK, Lawal OS. Functional properties of native, physically and chemically modified breadfruit (*Artocarpus altilis*) starch. *Ind Crops Prod* 2005;21: 343-351
9. Sangseethong K, Lertpanit S, Sriroth, K. Hypochlorite oxidation of cassava starch. *Starch/Starke* 2005; 58(2): 53-54.
10. Badui DS. Química de los Alimentos. 3ª Edición, México. Editorial. Alhambra Mexicana. pp. 429. 1999.
11. Rincón AM, Padilla FC. Physicochemical properties of Venezuela Bread fruit (*A. altilis*) Starch. *Arch Latinoamer Nutr* 2004;54(4): 449-456.
12. American Association of Cereal Chemists (AACC). 1995. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. 9th. Ed. The American Association of Cereal Chemists. St. Paul, Minn. USA.
13. Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 2000. Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists International. 17th Ed. Editor Horwitz, W. Maryland, USA.
14. Goshima G, Abe M, Sato N, Ohashi K, Tsuge H. Amylographic reproducibility of defatted potato starch by the reintroduction of lipid. *Starch /Starke* 1985; 37: 14-14.
15. Ratnayake W, Hoover R, Shahidi F, Perera C, Jane J. Composition, molecular structure, and cultivar physicochemical properties of starches from four field (*Pisum sativum* L.) cultivars. *Food Chem* 2001; 74: 189-202.
16. Rincón CA, Pérez SE. Characterization of Drum Drying Pregelatinized Amaranth Starch. *Rev Fac de Farmacia* 2002 ;65(2): 39-45.
17. Bou Rached L, Vizcarrondo C, Rincón AM, Padilla F. Evaluación de harinas y almidones de mapuey (*Dioscorea*

- trifida L.*), variedades blanco y morado. Arch Latinoamer Nutr 2006;56:375-383.28.
18. Wurzburg OB. Modified Starches. En: Alistair, M. S. Food Polysaccharides and Their Applications. Editorial Board. New York. pp. 67-93. 1995.
  19. Lawal OS. Composition, physicochemical properties and retrogradation characteristics of native, oxidised, acetylated and acid-thinned new cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium*) starch. Food Chem 2004;87:204-218.
  20. González, Z, Pérez, E. Effect of acetylation on some properties of rice starch. Starch/Starke 2002;54:148-154.
  21. Kuakpetoon D, Wang Y. Characterization of different Starches oxidized by hypochlorite. Starch/ Stärke 2001;53: 211-218.
  22. Adebawale KO, Afolabi TA, Lawal OS., Isolation, chemical modification and physicochemical characterisation of bambarra groundnut (*Voandzeia subterranean*) starch and flour. Food Chem 2002;78:305-311.
  23. Chen Z, Schols H, Voragen G. Physicochemical Properties of starches obtained of three varieties of Chinese sweet potatoes. J Food Sci 2003; 58: 431-437.
  24. Atichokudomchai N, Shobsngob C, Padvaravinit, S. Morphological properties of acid-modified tapioca starch. Starch/ Starke 2000;52: 283-289.
  25. Singh J, Kaur L, Singh N. Effect of acetylation on some properties of corn and potato starches. tarch/Starke 2004;56: 586-601.
  26. Singh N, Chawla D, Singh J. Influence of acetic anhydride on physicochemical, morphological and thermal properties of corn and potato starch. Food Chem 2004.;86: 601-608.

Recibido: 26-06-2007

Aceptado: 05-10-2007

## Efecto de las prolaminas del grano de maíz (*Zea mays L.*) sobre la textura de la tortilla

Sánchez F. C., Salinas M. Y., Vázquez C. M. G., Velázquez C. G.A., Aguilar G. N.

Departamento de Ingeniería Agroindustrial, DIA, UACh. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Chapingo, Méx. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. México

**RESUMEN.** Las prolaminas (zeínas) representan la principal proteína de reserva en el grano de maíz y poco se conoce sobre su participación en la textura de la tortilla. Para determinar su efecto, se evaluaron 6 híbridos de tipo normal y 6 de calidad proteínica (QPM, por sus siglas en inglés). Las variables químicas incluyeron prolaminas, amilosa y almidón. Se determinó la viscosidad de las harinas y la textura de las tortillas en términos de la fuerza de ruptura a tensión y elongación. El contenido de prolaminas en los maíces normales fue 64% más elevado en comparación con los QPMs. No se observó relación entre el contenido de prolaminas y las propiedades de viscosidad de las harinas, como tampoco se halló relación de esta fracción proteínica con la dureza de la tortilla, pero sí con la elongación, que mostró una correlación negativa con la cantidad de prolaminas. Las tortillas con mejores características de textura fueron H-161 en maíces normales y H-143C en maíces QPM, ambos maíces presentaron los granos más pequeños dentro de su grupo. Los resultados muestran que un elevado contenido de prolaminas en el grano de maíz podría estar limitando la textura de la tortilla en términos de su elongación.

**Palabras clave:** Maíz, tortilla, prolaminas, textura, aminoácidos.

### INTRODUCCION

El grano de maíz presenta un contenido de proteína que varía de 7% a 12%, dependiendo del maíz de que se trate, en general los de endospermo suave tienen menor contenido que los de endospermo duro (1). Del total de la proteína del grano entero, alrededor de 52% son prolaminas (zeínas), y se localizan principalmente en el endospermo del grano, el resto lo constituyen las albúminas y globulinas (22%), las cuales se concentran en el germen, y las glutelinas (25%) que se encuentran tanto en el germen como en el endospermo (2).

Las prolaminas (zeínas) constituyen el 60 % de la proteína total del endospermo en variedades de maíz normal, pero en maíces que poseen el gen mutante *opaque-2*, esta cantidad se reduce considerablemente ya que el gen limita la producción de zeínas (3), y favorece la de albúminas y glutelinas. Estas últimas forman la matriz proteínica en la que se encuentran inmersos los gránulos de almidón, en tanto que las zeínas conforman cuerpos proteínicos que los rodean. Algunos tipos

**SUMMARY.** Effect of the prolamins in maize (*Zea mays L.*) grain on tortilla texture. The prolamins (zeins) are the main storage proteins in the maize grain. There are limited investigations related to their participation on tortilla texture. For determining their effect, normal (6) and Quality Protein Maize (QPM) (6) genotypes were used. The chemical variables comprised prolamins, amylose and starch in whole grain and endosperm. Viscosity of the raw endosperm flour was determined as well as the tortilla texture, expressed in terms of tension force and elongation. Prolamin content in the normal maize was 64 % higher than that in the QPMs. It was not observed any relationship between prolamin content and flour viscosity. The prolamin content was not related with tortilla hardness, measured as the tension force to rupture the tortilla, but a negative correlation was observed with tortilla elongation. The tortillas with the best texture characteristics were from H-161 normal maize and H-143 QPM maize, both genotypes showed the smallest grain in its respective group. According to the results obtained in the present work, a high prolamin content in maize grain could be affecting tortilla elongation.

**Keys words:** Maize, tortilla, prolamins, texture, aminoacids.

específicos de zeínas están relacionados con la dureza del endospermo del grano (4).

El papel que desempeñan las diferentes fracciones proteínicas del grano de maíz en las características de textura de la tortilla no ha sido claramente establecido. Trabajos como los de Cortéz y Wild-Altamirano, (5) fueron pioneros en señalar la posible participación de las glutelinas en la elasticidad de las tortillas preparadas a partir de maíces con endospermo duro. Más recientemente, Vázquez (6) realizó una evaluación de las diferentes fracciones proteínicas presentes en variedades de maíz tanto nativas como mejoradas, y su relación con la textura de la tortilla. Dentro de las variedades nativas se incluyó la raza Pepitilla, que es un maíz harinoso, del cual se obtienen tortillas cuya calidad es altamente reconocida por los consumidores de la región centro de México. Este maíz, con un contenido de proteína elevado, no obstante de ser de textura harinosa, presentó la mayor fracción de glutelina II, dentro de los maíces nativos investigados y sus tortillas fueron las de mayor elasticidad.

En pruebas de nixtamalización realizadas en nuestro laboratorio, las tortillas obtenidas de maíces de calidad proteínica (QPM) han resultado más suaves y flexibles que las de los maíces normales. Las características físicas del grano en ambos tipos de maíces son similares, excepto el tamaño del grano, que en los híbridos QPM tiende a ser menor que en los normales. El objetivo del estudio fue determinar si el menor contenido de prolaminas en el endospermo de los maíces QPM está relacionado con las características de textura favorables observadas en sus tortillas.

## MATERIALES Y METODOS

### Material de estudio

Se utilizaron 12 híbridos de maíz, seis de ellos comunes o normales y los otros seis QPMs. Los primeros son cultivares comerciales cultivados en zonas tropicales y de Valles Altos de México, los segundos también son comerciales, cultivados en zonas de trópico y subtropical.

### Métodos

#### Caracterización física del grano

Las variables fueron: humedad del grano y peso hectolítrico (Métodos 44-11 y 14-40, AACCC (7), índice de flotación (8), peso de 100 granos, color de grano medido como porcentaje de reflectancia mediante el colorímetro Agtron 500-A, empleando el selector de color en verde (546 nm), y textura por disección (9). Todos los análisis se realizaron por duplicado.

#### Caracterización química del grano

La evaluación de las variables químicas se practicó en harina seca obtenida de la molienda del grano entero y de endospermo en un molino ciclónico UDY (Sample Mill, marca Tecator, Mod. 1093) con tamiz 0.5 mm. Las variables fueron; almidón (10), amilosa (11), proteína total (12), prolaminas (13), que se obtuvieron de la diferencia entre la proteína total y la del residuo sin prolaminas, triptofano (14), y lisina (15). El contenido de amilopectina se obtuvo de la diferencia entre el contenido de almidón y la amilosa.

#### Propiedades de formación de pasta de harinas de maíz

Las pruebas de viscosidad se llevaron a cabo en harina cruda de endospermo, ya que es en esta estructura donde se concentran las prolaminas, y se quería ver su efecto en el desarrollo de viscosidad. Se utilizó un analizador de viscosidad Rapid Visco Analyser (Newport Scientific Pty. Warriewood, NSW, Australia). De la curva resultante se obtuvieron los parámetros: temperatura de inicio de formación de pasta (TIP) en °C, viscosidad máxima (VM) desarrollada en centipoises (cP), y la viscosidad final (VF), también en cP.

### Nixtamalización del material de estudio

Se realizó a partir de 100 g de grano, utilizando 1 % de cal comercial (Nixtocal) y 200 mL de agua destilada. Se mezclaron los componentes en un vaso de precipitados de 600 mL y se calentaron en una parrilla para nixtamalización hasta ebullición, asignando su tiempo de cocimiento de acuerdo a la dureza del grano (medida por el índice de flotación).

Después del cocimiento, las muestras se dejaron en reposo por 14-16 horas a temperatura ambiente para después enjuagar el nixtamal y molerlo en un molino de piedras para obtener la masa (16). Las tortillas se moldearon en una prensa manual y se cocieron sobre una plancha metálica. Una vez cocidas, se enfriaron a temperatura ambiente durante 30 minutos tapadas con una manta de algodón y posteriormente se empacaron en bloques de 20 tortillas por tratamiento en bolsas de polietileno (Ziploc), envueltas en una manta para evitar pérdidas de humedad. Se almacenaron a temperatura ambiente ( $25 \pm 2^\circ\text{C}$ ). Para tener la cantidad de tortillas requerida para las evaluaciones de textura, fue necesario nixtamalizar varias repeticiones de 100 g de grano cada una.

### Fuerza a la tensión y elongación de tortilla

Se empleó la metodología descrita por Arámbula-Villa *et al.* (17), que consiste en cortar una pieza en forma de probeta "I" de la parte central de la tortilla, con un molde de lámina diseñado especialmente para esta prueba. Este corte se sujeta con las pinzas del equipo Texture Analyser TA-XT2i (Stable Micro Systems, England), y se somete a una fuerza a tensión. De las curvas resultantes se obtuvo la fuerza máxima requerida para romper la tortilla (fuerza a la tensión) y la distancia recorrida hasta el corte de la pieza, que se tomó como la elongación de la tortilla en mm. Las evaluaciones se hicieron en tortilla fría y por cuadruplicado.

La textura se empezó a monitorear a partir de las 3 horas de haber sido elaboradas las tortillas, en periodos de 2 horas hasta las 12 horas, posteriormente se realizaron otras dos mediciones, una a las 24 y otra a las 48 horas.

### Diseño estadístico

Los resultados se sometieron a un análisis de varianza y comparaciones de medias (Tukey  $\alpha=0,05$ ), utilizando un diseño completamente aleatorizado, el análisis estadístico se realizó usando el programa de cómputo SAS (Statistical Analysis System, (18), versión 6.0).

## RESULTADOS

### Características físicas y químicas de los maíces

De las variables físicas del grano, sólo se encontró diferencia estadística para el tamaño del grano y el porcentaje de pico, entre los dos grupos de maíces (Tabla 1). De acuerdo a esta primera variable, los maíces normales analizados se ubi-

can dentro de la categoría de granos grandes o medianos, mientras que los QPMs se consideran de grano pequeño.

TABLA 1  
Características físicas de maíces normales y QPM

Maíces	HG %	PH (kg hl <sup>-1</sup> )	IF %	CG %R	PCG g	P %	Pr %	G %
Normales	11,7* <sup>a</sup>	78,8 <sup>a</sup>	28,3 <sup>a</sup>	61 <sup>a</sup>	35,1 <sup>a</sup>	1,0 <sup>b</sup>	5,3 <sup>a</sup>	11,5 <sup>a</sup>
QPMs	12,2 <sup>a</sup>	79,3 <sup>a</sup>	20,5 <sup>a</sup>	64 <sup>a</sup>	28,7 <sup>b</sup>	1,6 <sup>a</sup>	6,0 <sup>a</sup>	12,4 <sup>a</sup>
DSH	0,95	1,18	9,7	3,9	3,5	0,30	0,9	0,93

HG: humedad de grano, PH: peso hectolítrico; IF: índice de flotación; CG: color de grano (% de reflectancia); PCG: peso de cien granos, P: pico; Pr: pericarpio; G: germen.

\* Valores con la misma letra en la misma columna, son estadísticamente iguales (Tukey,  $\alpha = 0,05$ ); DSH: Diferencia significativa honesta.

El índice de flotación (IF) y el peso hectolítrico (PH), que son parámetros asociados con la dureza del grano, fueron iguales entre los dos grupos de maíces.

Todos los granos se clasificaron como de color blanco, presentando valores de reflectancia por encima de 55%.

El grupo de maíces normales presentó en promedio un contenido de almidón de 73,3% y el de QPMs de 77,1%. No se observó diferencia en los contenidos de amilosa y amilopeptina entre los dos grupos de maíces. El porcentaje de proteína fue mayor en los maíces normales en relación a los QPMs (Tabla 2).

TABLA 2  
Almidón, amilosa, amilopeptina y proteína en el grano de maíces normales y QPM

Maíces	Alm %	Aml %	Amp %	Prt %
Normales	73,3 <sup>b</sup> *	27,0 <sup>a</sup>	73,0 <sup>a</sup>	9,6 <sup>a</sup>
QPMs	77,1 <sup>a</sup>	27,7 <sup>a</sup>	72,3 <sup>a</sup>	8,5 <sup>b</sup>
DSH	1,0	1,41	1,41	0,38

Alm: almidón; Aml: amilosa; Amp: Amilopeptina; Prt: proteína.

\*: Valores con la misma letra en la misma columna, son estadísticamente iguales (Tukey,  $\alpha = 0,05$ ); DSH: Diferencia significativa honesta.

### Prolaminas y aminoácidos esenciales

El grano entero de los maíces QPM presentó un contenido de prolaminas (zeínas) inferior al de los maíces normales (Tabla 3). El rango observado en estos maíces fue de 26,2% a 32,2%, sin que existiera diferencia significativa entre ellos; en los maíces normales fue de 42,0% a 51,4%, teniendo el mayor porcentaje el híbrido H-161 y los menores los híbridos A-791 y Puma (Figura 1).

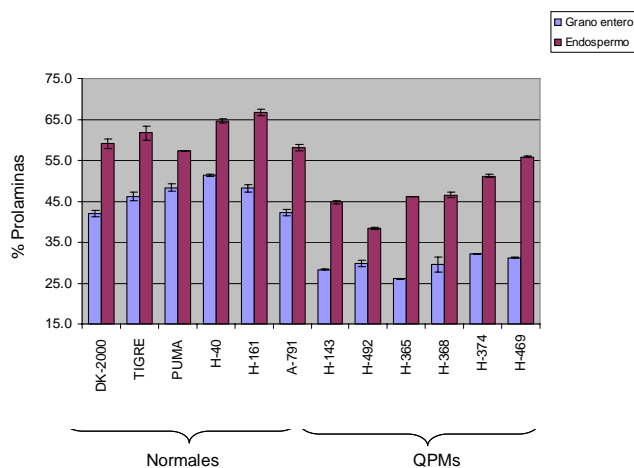
TABLA 3  
Contenido de prolaminas, lisina y triptofano en el grano entero de los maíces bajo estudio

Maíces	Prm %	Lis %P	Trip %P
Normales	46,4* <sup>a</sup>	3,5 <sup>b</sup>	0,768 <sup>b</sup>
QPMs	29,5 <sup>b</sup>	5,5 <sup>a</sup>	1,105 <sup>a</sup>
DSH	2,49	0,48	0,09

Prm: prolaminas; L: lisina (% en proteína); T: triptofano (% en proteína).

\*: Valores con la misma letra en la misma columna, son estadísticamente iguales (Tukey,  $\alpha = 0,05$ ); DSH: Diferencia Significativa Honesta.

FIGURA 1  
Contenido de prolaminas en grano entero y endospermo de los maíces normales y QPMs



El porcentaje de prolaminas en el endospermo de los maíces normales y QPMs fue mayor que el observado en el grano entero (Figura 1).

En los maíces QPMs el contenido promedio de lisina y triptofano fue de 5,5% y 1,105%, en ese orden, valores que son mayores a los que se presentaron en los maíces normales, que fueron de 3,5% y 0,768%, respectivamente (Tabla 3).

### Propiedades de formación de pasta de harinas de maíz

No existió diferencia estadística de la TIP entre los maíces normales y los QPMs. Los maíces normales presentaron mayor variabilidad en viscosidad máxima (VM) y viscosidad final (VF) que los QPMs (Tabla 4). En los primeros la VM varió desde 2555 hasta 4115 cP, en tanto que en los maíces QPMs fue de 3064 a 4095 cP; para la VF se apreció también un rango más amplio entre los maíces normales, con relación a los QPMs (Tabla 4).

TABLA 4  
Variables de viscosidad en harinas crudas de endospermo de maíces normales y QPM

Híbridos	TIP °C	VM cP	VF cP
Normal			
DK-2000	70,7	3295	4576
TIGRE	69,9	4115	5370
PUMA	71,3	3799	5264
H-40	70	2555	3993
H-161	69,3	3651	4863
A-791	69,9	3568	5023
Promedio	70,2	3497,2	4848,2
QPM			
H-143	71,3	4095	5500
H-492	72,6	3472	5078
H-365	69,8	3705	5136
H-369	73,2	3713	5458
H-374	72	3064	4771
H-469	72,5	3106	4943
Promedio	71,9	3525,8	5147,7

TIP: temperatura de inicio de pasta; VM: viscosidad máxima; VF: viscosidad final; cP: centipoises.

En los maíces normales, el híbrido con mayor VM fue Tigre y el de menor H-40, el resto de los maíces mostraron un patrón parecido entre ellos e intermedio con relación a los dos antes mencionados. En el ciclo de enfriamiento, los de mayor VF fueron los maíces Tigre y Puma y el de menor el H-40 (Figura 2A). En los maíces QPMs, los híbridos H-469 y H-374 se caracterizaron por un menor desarrollo de viscosidad, en relación al resto de los materiales de este grupo, (Figura 2B). Estos maíces tuvieron los valores de prolaminas más elevados dentro de su grupo.

### Textura (fuerza de ruptura y elongación)

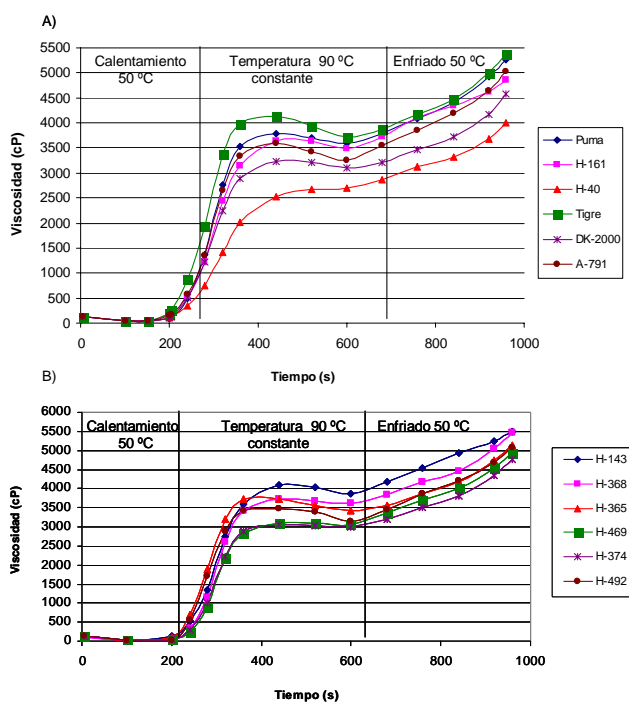
Los cambios más importantes en la textura de las tortillas de este estudio ocurrieron entre la tercera y onceava hora después de haber sido preparadas, después de este tiempo fueron de menor variación, aunque continuaron endureciéndose durante todo el periodo de evaluación.

La fuerza de ruptura fue estadísticamente igual entre las tortillas de los dos grupos de maíces, en cada tiempo de evaluación.

Las tortillas de los maíces normales tuvieron patrones de endurecimiento diferentes. El patrón uno, descrito por las del maíz DK-2000 caracterizado por un endurecimiento lento pero continuo, durante el periodo de evaluación; el patrón dos, mostrado por las del H-161, definido por un endurecimiento muy lento, casi asintótico a partir de la onceava hora. El resto de los maíces tuvieron un patrón intermedio entre estos dos,

caracterizado por un endurecimiento acelerado durante las primeras 11 horas después de haber sido elaboradas, y lento durante las siguientes 37 horas. De estos maíces, las tortillas con mejor perfil de textura fueron las del H-161 (Figura 3A). En los maíces QPMs, las tortillas del H-143 presentaron el patrón tipo uno, con un endurecimiento lento después de las 11 horas de almacenamiento, las de los demás maíces presentaron el patrón tipo 2, pero las de los maíces H-374 y H-365 mostraron tendencia a continuar endureciéndose después de las 48 horas (Figura 3B).

FIGURA 2  
Viscoamilogramas de harina cruda de endospermo de maíces Normales (A) y maíces QPMs (B)



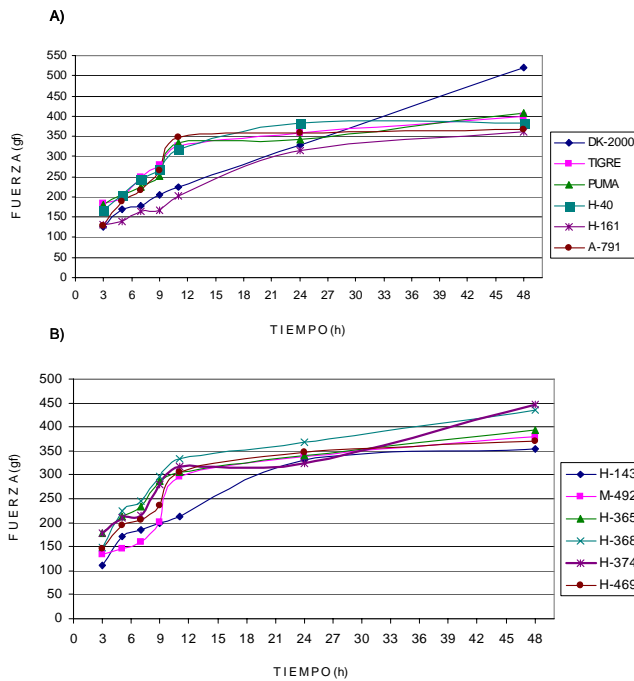
La correlación negativa entre el contenido de pericarpio en el grano y la dureza de las tortillas a las tres horas de haber sido elaboradas fue significativa, y altamente significativa para las lecturas registradas a las cinco, siete y nueve horas. La dureza medida a partir de las 11 horas ya no mostró correlación con el contenido de pericarpio.

La elongación de las tortillas de los maíces de ambos grupos fue igual en la evaluación efectuada a las tres horas de su elaboración; en las siguientes y hasta las 24 horas, las tortillas de los maíces QPM presentaron mayor elongación que las de los normales. En la evaluación realizada a las 48 horas, nuevamente, la elongación fue igual en los dos grupos de tortillas.

Las tortillas elaboradas con el híbrido DK-2000 fueron las que presentaron la menor elongación (Figura 4A). Estas tortillas también fueron las que requirieron mayor fuerza a

tensión (Figura 3 A), por lo que pueden considerarse como las más duras.

FIGURA 3  
Curvas de fuerza de ruptura en tortillas elaboradas con maíces normales (A) y QPM (B)



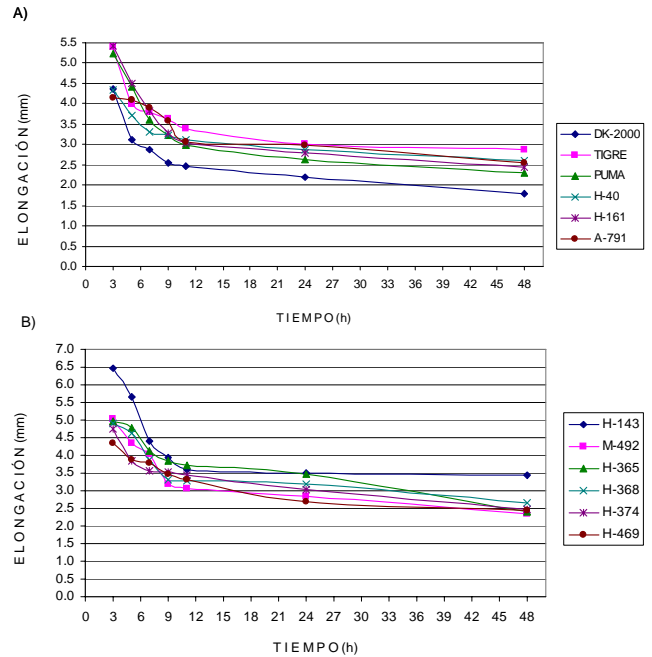
Entre las tortillas que presentaron mayor elongación se encuentran las elaboradas con los maíces Tigre y H-161, para el caso de los maíces normales. Entre las de maíces QPMs, las del H-143 presentaron un patrón diferente al de las demás tortillas (Figura 4B). Este patrón estuvo caracterizado por una elevada elongación al inicio de la prueba, que decreció en las evaluaciones realizadas a las 6, 9 y 12 horas, pero que se mantuvo constante a partir de este último valor y hasta el final del periodo de evaluación. Las tortillas del resto de los maíces de este grupo, presentaron un comportamiento similar entre ellas, caracterizado por una pérdida acelerada de su capacidad de elongación en las primeras 12 horas de almacenadas, que continuó decreciendo durante el periodo de evaluación.

Se presentó correlación negativa entre el contenido de prolaminas y la elongación de las tortillas en las evaluaciones efectuadas a las 5, 7, 9, 11 y 24 horas, pero no a las 3 y 48 horas.

Dentro del grupo de los maíces normales, las tortillas con la peor textura fueron las del maíz DK-2000 y las de la mejor provinieron del H-161. Estos dos maíces no presentaron diferencias en el contenido de almidón y sus fracciones; en prolaminas en grano entero, el maíz DK-2000 presentó el valor más bajo, y el H-161 un valor intermedio.

Se observó una correlación positiva entre el peso de cien granos (PCG) y la dureza de las tortillas medida a las 3 horas de haber sido elaboradas; una correlación negativa entre la elongación medida a las 7 y a las 24 horas.

FIGURA 4  
Elongación en tortillas elaboradas con maíces normales (A) y QPM (B)



## DISCUSION

De las características físicas del grano, los maíces QPMs presentaron un menor tamaño que los normales. Esta característica favorece la hidratación del grano durante el proceso de nixtamalización lo que repercute en masa y tortilla de mejor textura.

El contenido y tipo de almidón del grano de maíz también ejerce una influencia importante en las propiedades de textura de las tortillas (19), sin embargo, en los dos grupos de maíces estudiados estas variables fueron iguales. El grupo de maíces normales presentó un contenido de almidón similar al reportado por Watson (20) y en el caso de los maíces QPMs se encuentran por arriba de lo informado por Sproule *et al.* (21), atribuido a que los maíces del presente estudio mostraron un menor contenido de proteína que los descritos por los autores antes mencionados, y existe una relación negativa entre almidón y proteína. La diferencia en el contenido de proteína a favor de los maíces normales ha sido previamente informada por otros investigadores (22) y se atribuye a una mayor presencia de prolaminas.

Los valores de esta fracción proteínica en los maíces normales fueron parecidos a los informados por Wilson (2), en tanto que los de los maíces QPMs se hallaron inferiores a lo reportado por Vivas-Rodríguez *et al.* (23).

Las proteínas predominantes en el endospermo del grano de maíz son las prolaminas (zeínas), que se consideran como proteínas de reserva y están asociadas a los cuerpos proteínicos. De acuerdo a sus pesos moleculares, determinados mediante geles de poliacrilamida, se dividen en cuatro grupos estructurales:  $\hat{a}$ -,  $\hat{a}$ -,  $\tilde{a}$ - y  $\ddot{a}$ - zeínas (24, 25).

La menor presencia de prolaminas en los maíces QPMs se debe a que el gen mutante *o2* reduce la síntesis de zeínas y favorece la de glutelinas, que tienen buen balance de los aminoácidos lisina y triptofano (25). Esta fracción proteínica forma la matriz que rodea a los gránulos de almidón.

Al haber una menor proporción de prolaminas en los cultivares QPMs, la calidad de su proteína se mejora al tener mayores contenidos de lisina y triptofano que los maíces normales.

El mayor contenido de almidón de los maíces QPMs no tuvo efecto sobre las propiedades de formación de pasta de las harinas de endospermo, como tampoco lo tuvo el menor contenido de proteínas.

Dentro de los maíces QPMs, los híbridos H-469 y H-374 presentaron un menor desarrollo de viscosidad, y a su vez tuvieron los valores de prolaminas más elevados.

En harina de arroz se ha reportado que al incrementarse la cantidad de prolaminas se reduce la firmeza del gel, entre otras características. Sin embargo, la complejidad de la matriz del alimento tiene una fuerte influencia en los resultados, ya que fueron diferentes cuando en el sistema sólo se tenían al almidón y las prolaminas, a cuando se tenía la harina completa y las prolaminas (26). En maíz parece ocurrir algo similar, ya que si se considera sólo la participación de las zeínas, no se puede explicar el comportamiento de los maíces H-161 y Tigre, que con diferencias en el contenido de prolaminas de casi 10 %, mostraron un perfil viscoamilográfico prácticamente igual (Figura 2 A).

De las variables obtenidas de los viscoamilogramas (TIP, VM y VF), sólo la VF presentó correlación negativa con los contenidos de proteína y prolaminas ( $r = -0,447$ ,  $r = -0,503$ ); en el endospermo del grano, más del 60% de la proteína son zeínas (prolaminas), por lo que mientras más prolaminas tenga la harina, menor firmeza tendrá el gel.

Es difícil establecer el efecto de las prolaminas sobre la textura de la tortilla, que es una matriz compleja en la que interactúan todos los componentes entre sí. Se determinaron los contenidos de almidón, amilosa y amilopectina en las muestras de maíz porque el almidón es el compuesto que predomina y se considera como el responsable de las características de textura de la tortilla (27). Sin embargo se observaron diferencias sin que existiesen diferencias estadísticas del con-

tenido de estos carbohidratos entre las muestras estudiadas.

Se presentó correlación negativa entre el contenido de prolaminas y la elongación de las tortillas, la cual se puede explicar considerando las propiedades de la zeína, que es una prolamina comúnmente usada en la preparación de películas comestibles para recubrimiento de alimentos, con carácter no plástico e hidrofóbico (28). Es posible que la falta de plasticidad de la zeína se exprese como rigidez en la tortilla.

De acuerdo a los resultados de la presente investigación, una mayor elongación de la tortilla se puede favorecer cuando en el endospermo del grano el contenido de prolaminas no es mayor de 55%.

La presencia del pericarpio solubilizado como componente de la masa con la cual se elaboran las tortillas complica más precisar el efecto de las prolaminas, pues actúa como goma natural que favorece la retención de humedad y por tanto la suavidad de la tortilla (29). En este aspecto es importante el contenido en el grano y la cantidad que se retenga después de la nixtamalización. La correlación negativa entre el contenido de pericarpio en el grano y la dureza de las tortillas a las tres horas de haber sido elaboradas fue significativa, y altamente significativa para las lecturas registradas a las cinco, siete y nueve horas, pero a partir de las 11 horas ya no mostró correlación. Esto significa que los maíces con alto porcentaje de pericarpio tendrán tortillas más suaves que los de bajo pericarpio, pero sólo dentro de las primeras horas después de elaboradas. No se tiene una explicación de por qué la presencia de estas gomas naturales no preserva la suavidad de las tortillas por más tiempo.

## CONCLUSIONES

El contenido de prolaminas en el grano de maíz no estuvo asociado con la dureza de la tortilla, pero sí con su capacidad de elongación, que decreció al aumentar el contenido de esta fracción proteínica.

El menor contenido de prolaminas de los maíces QPMs, con respecto a los maíces normales, favorece la calidad nutricional y de textura de sus tortillas.

## REFERENCIAS

1. Salinas MY, Arellano VJL, Martínez BF. Propiedades físicas, químicas y correlaciones de maíces híbridos precoces para Valles Altos. Comparación de métodos para medir dureza del maíz (*Zea mays* L.). Arch Latinoamer Nutr. 1992b; 42 (1):161-167.
2. Wilson MC. Proteins of the kernel. In: Corn: Chemistry and Technology (eds Watson, S. A. and Ramstad, P. T.). Am. Assoc. Cereal Chemists, St. Paul, MN, pp. 1987. p. 273-277.
3. Yau CY, Bockholt A. J, Smith D J, Rooney LW, Waniska RD. Maize endosperm proteins that contribute to endosperm lysine content. Cereal Chem. 1999; 76(5):668-672.

4. Paiva E, Kriz AL, Peixoto MJVVD, Wallace JC, Larkins AB. Quantitation and distribution of  $\alpha$  - zein in the endosperm of maize kernels. *Cereal Chem.* 1991; 68(3):276-279.
5. Cortéz A, Wild-Altamirano C. Contribución a la tecnología de la harina de maíz. En:Mejoramiento nutricional del maíz. Bressani R, Braham JE, Behar M, (eds). Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP); 1972. Guatemala. p.12-14.
6. Vázquez CMG. Estudio de proteínas en maíz (*Zea mays* L.), y su relación con características del grano y la calidad de tortilla (tesis doctoral). Montecillos, Méx. Colegio de Posgraduados.;1998.
7. American Association of Cereal Chemists. Approved methods of the AACC. 6th ed. St. Paul Minnesota, USA.; 1976.
8. Salinas MY, Martínez BF, Gómez EJ. Comparación de métodos para medir dureza del maíz (*Zea mays* L.). *Arch Latinoamer Nutr.* 1992a ; 42 (1):59-63.
9. González AU. El maíz y su conservación. México. Trillas; 1995. 399 p.
10. Herrera SR, Hubert JT. Influence of varying protein and starch degradabilities on performance of lactating cows. *J Dairy Sci.* 1989; 72:1477-1483.
11. Juliano BO. A simplified assay for milled-rice amylose. *Cereal Science Today* 1971; Vol.16 (10):334.
12. Technicon Instruments Co. Individual/Simultaneous determination of nitrogen and phosphorous in BD acid digestion. Method no. 114/741 A. Tarrytown, NY. 1976.
13. Landry J, Moureaux T. Distribution and amino acid composition of protein groups located in different histological parts of maize grain. *J Agric Food Chem.* 1980; 28, 1186-1191.
14. Hernandez HL, Bates S. A modified method for rapid tryptophan analysis of maize. *CIMMYT. CIMMYT Research Bulletin* No.13, 1969.
15. Villegas E, Mertz ET. Chemical screening methods for maize protein quality at CIMMYT. *CIMMYT Research, Bull* No. 20, 1971.
16. Salinas MY, Arellano VJ L. Calidad nixtamalera y tortillera de híbridos de maíz con diferente tipo de endospermo. *Rev. Fitotecnia Mexicana.* 1989;12: 129-135.
17. Arámbula-Villa G, Méndez-Albores JA, González-Hernández J, Gutiérrez-Arias E, Moreno-Martínez E. Evaluación de una metodología para determinar características de textura de tortilla de maíz (*Zea mays* L.). *Arch Latinoamer Nutr.* 2004; 54 (2): 216-222.
18. SAS Institute, Inc. SAS/STAT® User's Guide. Versión 6, Cary, NC: SAS Institute Inc. 1989.
19. Salinas MY, Pérez HP, Castillo MJ, Álvarez RLA. Relación de amilosa:amilopectina en el almidón de harina nixtamalizadas de maíz y su efecto en la calidad de la tortilla. *Rev. Fitotecnia Mexicana.* . 2003; 26(2):115-121.
20. Watson SA. Structure and composition. In *Corn: Chemistry and Technology* (eds Watson, S. A. and Ramstad, P. T.), Am. Assoc. Cereal Chemists, St. Paul, MN; 1987. p. 53-82.
21. Sproule AM, Saldivar SO, Bockholt AJ, Rooney LW, Knabe DA. Nutritional evaluation of tortillas and tortilla chips from Quality Protein Maize. *Cereal Foods Worl.* 1988; 32 (2):233-236.
22. Zarkadas CG, Hamilton RI, Yu ZR, Choi VK, Khanizadeh S, Rose NGW, Pattison PL. Assessment of the protein quality of 15 new northern adapted cultivars of quality protein maize using amino acids analysis. *J Agric Food Chem.* 2000; 48:5351-5361.
23. Vivas-Rodríguez NE, Serna-Saldivar SO, Waniska RD, Rooney LW. Effect of tortilla chip preparation on the protein fractions of quality protein maize, regular maize and sorghum. *J Cereal Sci.* 1990;12:298-296.
24. Lending CR, Larkins BA.. Changes in zein composition of protein bodies during maize endosperm development. *Plant Cell,* 1989; 1, 1011-1023.
25. Shewry PR. The major seed storage proteins of spelt wheat, sorghum, millets and pseudocereals. In: *Pseudocereals and less common cereals.* P. S. Belton, y J. R. N. Taylor (eds). Berlin, Germany: Springer; 2002, p 1-23.
26. Baxter G, Blanchard C, Zhao J. Effects of prolamin on the textural and pasting properties of rice flour and starch. *J Cereal Sci.* 2004;40: 205-211.
27. Robles RR, Murray ED, Paredes-Lopez O. Physicochemical changes of Maize starch during the lime-cooking treatment for tortilla making. *Int. J Food Sci Tech.* 1988;23: 91-98.
28. Chen W, Hsu BL, Liao YH, Weng YM. Structural Investigation of edible zein films: Coatings and directly determining their thickness by FT-Raman spectroscopy. *J Agric Food Chem.* 2005;53: 5089-5095.
29. Martínez-Bustos F, Martínez-Flores HE, San Martín-Martínez E, Sánchez-Sinencio F, Chang KY, Barrera-Arellano D, Ríos E. Effect of the components of maize on the quality of masa and tortillas during the traditional nixtamalization process. *J Sci Food Agric.* 2001; 81(15):1455-1462.

Recibido: 21-05-2007

Aceptado: 01-08-2007