

ARCHIVOS  
LATINOAMERICANOS  
DE  
**NUTRICION**



CONTINUACION DE  
ARCHIVOS VENEZOLANOS DE NUTRICION



ORGANO OFICIAL DE LA SOCIEDAD  
LATINOAMERICANA DE NUTRICION

VOL. XXXVI

SEPTIEMBRE, 1986

No. 3

*Archivos Latinoamericanos de Nutrición (ALAN)* es editado como órgano oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición (SLAN), para la divulgación de conocimientos en el campo de la alimentación y de la nutrición, principalmente en el Hemisferio Americano. En sus páginas se acogen manuscritos en español, inglés, portugués y francés, tanto de miembros como de aquéllos que no sean miembros de la Sociedad, y de cualquiera de las siguientes categorías: 1. Trabajos generales (revisiones científicas críticas); 2. Trabajos de investigación (originales); 3. Trabajos de nutrición aplicada (resultados analíticos de programas de intervención y discusión de recomendaciones de aplicación práctica), y 4. Cartas al Editor (comentarios cortos de interés general o relacionados con resultados o conceptos científicos publicados previamente en *Archivos*).

El precio de la suscripción es de US\$ 40.00 (4 números), incluyendo gastos de correo.

*Archivos Latinoamericanos de Nutrición (ALAN)* is the official publication of the Sociedad Latinoamericana de Nutrición (SLAN), for the dissemination of knowledge in the fields of food and nutrition, principally throughout the American Hemisphere. Articles in Spanish, English, Portuguese and French are accepted, both from the Society members and from nonmembers, in the following categories: 1. General articles (critical scientific reviews); 2. Research articles (originals); 3. Papers in applied nutrition (analytical results from intervention programs and discussion of recommendations of practical application), and 4. Letters to the Editor (short comments of general interest or about scientific facts and concepts previously published in *Archivos*).

The subscription is US\$ 40.00 per yearly volume (4 issues), including mailing costs.

**Dirección: Archivos Latinoamericanos de Nutrición**

**INCAP  
Apartado Postal 1188  
Guatemala, Guatemala, C. A.**

**Colabore con su Revista, divulgándola y enviando  
sus artículos para su publicación**

Arch. Latinoamer. Nutr.

ALAN-VE ISSN 0004-0622

Se autoriza la reproducción del material publicado en esta revista a condición de que se cite su procedencia y se envíen ejemplares de las publicaciones que contengan textos reproducidos a la Oficina Editorial de Archivos Latinoamericanos de Nutrición.

# Productos de distinción para la alimentación infantil

---

Wyeth\*

## FORMULA S-26\*

La primera fórmula infantil en ofrecer proteína en la que predomina la lactalbúmina  
Y la proporción proteica fisiológica de la leche materna.

---

Wyeth\*

## SMA\*

Nutrición equilibrada administrada a millones de lactantes  
Fortificada con vitaminas y minerales esenciales.

---

**La elección lógica  
en más de 100 países en todo el mundo**



*A la vanguardia en el campo de la nutrición infantil*

La leche materna es la mejor para el bebé. El objetivo de la fórmula para la alimentación infantil es el de reemplazar o complementar la leche materna cuando la crianza al pecho no es posible o resulta insuficiente o bien cuando la madre decide no amamantar.

La buena nutrición de la madre es importante para poder establecer y mantener la alimentación al pecho. El uso parcial prolongado o extenso de fórmulas para la alimentación infantil antes de haberse establecido firmemente la crianza al pecho puede dificultar el mantenimiento de la misma. Podría resultar difícil establecer posteriormente la alimentación al pecho si ésta no se emplea desde el principio.

En asuntos relacionados con la alimentación infantil deben seguirse los consejos del profesional respectivo. La fórmula para la alimentación infantil debe ser preparada y usada según indican las instrucciones. El uso innecesario o incorrecto de la fórmula para la alimentación infantil puede crear riesgos para la salud. Deben tenerse presentes las consideraciones sociales y económicas al decidir qué tipo de alimentación habrá de utilizarse.

---

Wyeth International Limited, Philadelphia, PA 19101 U.S.A.

\* marca registrada

# Copies of articles from this publication are now available from the UMI Article Clearinghouse.

For more information about the Clearinghouse, please fill out and mail back the coupon below.

## UMI Article Clearinghouse

Yes! I would like to know more about UMI Article Clearinghouse..

I am interested in electronic ordering through the following system(s):

- DIALOG/Dialorder                       ITT Dialcom  
 OnTyme                                       OCLC ILL Subsystem

Other (please specify) \_\_\_\_\_

I am interested in sending my order by mail.

Please send me your current catalog and user instructions for the system(s) I checked above.

Name \_\_\_\_\_

Title \_\_\_\_\_

Institution/Company \_\_\_\_\_

Department \_\_\_\_\_

Address \_\_\_\_\_

City \_\_\_\_\_ State \_\_\_\_\_ Zip \_\_\_\_\_

Phone ( \_\_\_\_\_ ) \_\_\_\_\_

Mail to: University Microfilms International  
300 North Zeeb Road, Box 91 Ann Arbor, MI 48106

# ARCHIVOS LATINOAMERICANOS DE NUTRICION

ORGANO OFICIAL DE LA  
SOCIEDAD LATINOAMERICANA DE NUTRICION

---

---

VOL. XXXVI

SEPTIEMBRE, 1986

No. 3

---

---

## CONTENIDO

	Página
EDITORIAL . . . . .	369
TRABAJOS DE INVESTIGACION	
NUTRICION HUMANA	
Energy utilization of supplemented cereal diets in human volunteers. — <i>Abrar H. Gilani, Musadiq Asif and Saeed Ahmad Nagra. . . . .</i>	373
Ingesta alimentaria de escolares que egresan de Educación Básica en el Area Metropolitana de Santiago, Chile. — <i>Daniza Ivanović, Marcela Aguayo, Magaly Vásquez, Irene Trufello, Digna Ballester e Isabel Zacarías. . . . .</i>	379
BIOQUIMICA NUTRICIONAL	
Effect of dietary columbinic acid on the fatty acid composition and physical membrane properties of different tissues of EFA-deficient rats. — <i>Elisabet C. Mandon, Irma N. T. de Gómez Dumm y Rodolfo R. Brenner. . . . .</i>	401
Efecto de la calidad y cantidad de proteína dietaria en la tasa de depleción de vitamina A, y disponibilidad biológica de precursores de vitamina A. — <i>Arlene Wolzak y Ricardo Bressani. . . . .</i>	415
Efectos toxicológicos producidos por la ingesta crónica de aceites vegetales bromados. — <i>Claudio Bernal, María Z. Basílico y Yolanda B. Lombardo..</i>	432
Nivel proteínico dietario durante la gestación. Su influencia sobre el reparto materno-fetal de sustratos. — <i>Ascención Marcos, Pilar Varela, María Te- resa Unzaga, Emilia Muñoz Martínez, Berta Jiménez-Gancedo y Gregorio Varela. . . . .</i>	443
CIENCIAS DE ALIMENTOS	
Composición química y valor biológico de tortillas y pan producidos a nivel industrial en Costa Rica. — <i>Emilio Vargas, Roberto Muñoz y Jesús Gómez. . . . .</i>	456

<b>Amino acid composition of some <i>Amaranthus</i> sp. grain proteins and of its fractions. — Angelita Duarte Correa, Lieselotte Jokl and Rolf Carlsson . .</b>	<b>466</b>
<b>Contenido de sodio y potasio de algunos vegetales frescos, congelados y enlatados. — María Teresa Zuccarelli y Leyla Faraj . . . . .</b>	<b>477</b>
<b>Estudo no concentrado proteico da folha de mandioca. Obtenção, análises químicas e suplementação com aminoácidos. — Jocelem Mastrodi Salgado e Avany Correa Santos . . . . .</b>	<b>483</b>
<b>Influencia de los procesos de cocción y desecación a distinta temperatura sobre el valor nutritivo de la proteína del mejillón (<i>Mytilus edulis</i>). — María Lourdes Lema, María del Pilar Navarro, Francisco José Mataix y Gregorio Varela . . . . .</b>	<b>495</b>
<b>TECNOLOGIA DE ALIMENTOS</b>	
<b>Descascarado de sorgo por vía seca: Métodos continuo y discontinuo. — Rubén R. Gutiérrez y Marta H. Gómez . . . . .</b>	<b>505</b>
<b>Procesamiento y evaluación de ensilado de pescado a partir de la fauna de acompañamiento del camarón. — Efrein Córdova y Rafael Bello. . . . .</b>	<b>522</b>
<b>EDUCACION NUTRICIONAL</b>	
<b>Food and nutrition knowledge in Chilean High School graduates. — Daniza Ivanović, María de la Luz Alvarez, Irene Trufello, Marcela Aguayo, Enrique Yáñez e Isabel Zacarías . . . . .</b>	<b>536</b>
<b>NUEVOS LIBROS. . . . .</b>	<b>551</b>
<b>NOTAS. . . . .</b>	<b>553</b>
<b>CONTENIDO DE LA REVISTA TURRIALBA, Vol. 35, No. 4, 1985 . . . . .</b>	<b>555</b>
<b>INFORMACION PARA LOS AUTORES</b>	<b>557</b>

# ARCHIVOS LATINOAMERICANOS DE NUTRICION

ORGANO OFICIAL DE LA  
SOCIEDAD LATINOAMERICANA DE NUTRICION

---

---

VOL. XXXVI

SEPTEMBER, 1986

No. 3

---

---

## CONTENTS

	Page
EDITORIAL . . . . .	369
RESEARCH PAPERS	
HUMAN NUTRITION	
Energy utilization of supplemented cereal diets in human volunteers. — <i>Abrar H. Gilani, Musadiq Asif and Saeed Ahmad Nagra</i> . . . . .	373
Dietary intake of students graduating from Basic Education in the Metropolitan Area of Santiago, Chile. — <i>Daniza Ivanović, Marcela Aguayo, Magaly Vásquez, Irene Trufello, Digna Ballester and Isabel Zacarías</i> . . . .	379
NUTRITIONAL BIOCHEMISTRY	
Effect of dietary columbinic acid on the fatty acid composition and physical membrane properties of different tissues of EFA-deficient rats. — <i>Elisabet C. Mandon, Irma N. T. de Gómez Dumm and Rodolfo R. Brenner</i> . . . . .	401
Effect of quantity and quality of dietary protein on vitamin A depletion rate, and biological availability of vitamin A precursors. — <i>Arlene Wolzak and Ricardo Bressani</i> . . . . .	415
Toxicologic effects produced by the chronic intake of brominated vegetable oils. — <i>Claudio Bernal, María Z. Basílico and Yolanda B. Lombardo</i> . . . .	432
Dietary protein level. Its effects on substrates partition between dams and offsprings. — <i>Ascención Marcos, Pilar Varela, María Teresa Unzaga, Emilia Muñoz Martínez, Berta Jiménez-Gancedo and Gregorio Varela</i> . . . . .	443
FOOD SCIENCE	
Chemical composition and nutritional value of tortillas and bread produced at industrial level in Costa Rica. — <i>Emilio Vargas, Roberto Muñoz and Jesús Gómez</i> . . . . .	456

<b>Amino acid composition of some <i>Amaranthus</i> sp. grain proteins and of its fractions.</b> — <i>Angelita Duarte Correa, Lieselotte Jokl and Rolf Carlsson</i> . . .	466
<b>Sodium and potassium content in some fresh, frozen and canned vegetables.</b> — <i>María Teresa Zuccarelli and Leyla Faraj</i> . . . . .	477
<b>Study of manioc leaf protein concentrate. Obtention, chemical analysis and amino acid supplementation.</b> — <i>Jocelem Mastrodi Salgado and Avany Correa Santos</i> . . . . .	483
<b>Influence of the cooking and drying processes at different temperatures on the nutritive value of the mussel's (<i>Mytilus edulis</i>) protein.</b> — <i>María Lourdes Lema, María del Pilar Navarro, Francisco José Mataix and Gregorio Varela</i> . . . . .	495
 <b>FOOD TECHNOLOGY</b>	
<b>Dry dehulling of sorghum grain: Continuous and discontinous methods.</b> — <i>Ruben R. Gutiérrez and Marta H. Gómez</i> . . . . .	505
<b>Processing and evaluation of fish silage produced from shrimp by-catch.</b> — <i>Efrem Córdova and Rafael Bello</i> . . . . .	525
 <b>NUTRITION EDUCATION</b>	
<b>Food and nutrition knowledge in Chilean High School graduates.</b> — <i>Daniza Ivanović, María de la Luz Alvarez, Irene Trufello, Marcela Aguayo, Enrique Yáñez and Isabel Zacarías</i> . . . . .	536
<b>NEW BOOKS</b> . . . . .	551
<b>NOTES</b> . . . . .	553
<b>CONTENTS OF THE JOURNAL TURRIALBA, Vol. 35, No. 4, 1985</b> . . . . .	555
<b>INSTRUCTIONS TO AUTHORS</b> . . . . .	557

## EDITORIAL

### PRIMERA REUNION LATINFOODS — SUS PROYECCIONES

*La Primera Reunión Latinfoods se celebró en la ciudad de Guatemala los días 11 a 14 de noviembre de 1986, con la ayuda económica que tuvieron a bien prestarle UNU, IDRC y ROCAP/AID. Se estima como un logro de importancia, ya que el propósito de este significativo evento fue el de revisar la calidad de las Tablas de Composición de Alimentos actualmente disponibles en la Región de América Latina y El Caribe. Se adoptó este curso de acción, por considerar que la actualización de los datos de que se dispone al respecto no sólo es importante, sino imperativa. A la vez, indudablemente se hacía sentir ya la necesidad de estructurar una red de personas e instituciones interesadas en este vital aspecto.*

*Se contó con la participación de aproximadamente 50 personas, todas ellas representantes de los países de la Región, entre quienes había usuarios, productores y compiladores de datos.*

*Como es de conocimiento general, con pocas excepciones las Tablas de Composición de Alimentos para América Latina y El Caribe disponibles hoy día, fueron compiladas con datos obtenidos antes de 1960. Han transcurrido ya más de 25 años, por lo que urge su actualización.*

*En términos muy breves, el grupo de usuarios hizo ver la necesidad de actualizar dichas Tablas, no sólo en cuanto al número de alimentos que en ellas se presentan, sino también en lo referente al número de nutrientes analizados.*

*Los productores de datos, a su vez, señalaron la necesidad de poner al día las metodologías utilizadas para los análisis, así como la urgencia de impartir el entrenamiento del caso al personal encargado de realizarlos. Destacaron también que el mejoramiento de los equipos de que están dotados los laboratorios donde esos análisis se efectúan, es necesario.*

*Entre los compiladores de datos hubo consenso respecto a la factibilidad de recolectar cantidades significativas de datos provenientes de publicaciones locales de cada institución o laboratorio. Sin embargo, opinaron que es necesario unificar esos datos, siguiendo lineamientos similares para la selección de aquéllos que realmente satisfagan los estándares de calidad que se requiere en la actualidad.*

*Cabe señalar que las conclusiones y recomendaciones a que llegaron los tres grupos de participantes (usuarios y productores así como complidores de datos), se encuentran disponibles en las Oficinas de la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos del*

*INCAP, tanto en inglés como en español. Los interesados podrán, pues, obtenerlas, solicitándolas directamente de dicha División.*

*Todos los participantes concordaron en la necesidad de publicar información sobre datos de composición de alimentos y metodología en revistas científicas de amplia circulación, pero se reconoció la dificultad que entraña su cumplimiento, dado el alto costo financiero que ello implica. Asimismo, se acordó que si bien la actualización de las Tablas de Composición de Alimentos es imperativa, también lo es la formación de una red integrada por Comités Nacionales que podrían organizarse internamente, de acuerdo a los recursos humanos y económicos disponibles en cada caso. Estos Comités Nacionales, según se estableció, estarán vinculados directamente con el Comité de Latinfoods, cuya sede será el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), en la ciudad de Guatemala. Dicho Comité estará integrado por un Coordinador, honor que recayó en este servidor, y seis miembros, uno de los cuales será el Presidente de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición (SLAN), cargo que desempeña en la actualidad el Dr. Sergio Valiente, de Chile. La selección de los cinco restantes quedó a cargo del Coordinador del Comité Latinfoods.*

*Por unanimidad, se acordó, asimismo, que el INCAP sea el Centro para la Base de Datos. Este será organizado con la colaboración de los Comités Nacionales, y estará a disposición de todos aquéllos que tengan a bien solicitar información sobre el particular.*

*Se aceptó que uno de los obstáculos que se enfrenta es la limitación económica por la que hoy día atraviesan los países de la Región. No obstante, con la ayuda económica otorgada por ROCAP/AID, se ha podido establecer ya un pequeño programa diseñado para la recolección de datos de composición de alimentos para Centro América y Panamá que, se espera, no sea sino la apertura a una vía ancha para el futuro.*

*Nos complace informar a los lectores que las Memorias de la Reunión que nos ocupa serán publicadas oportunamente en Archivos Latinoamericanos de Nutrición, Revista en la que se iniciará una nueva sección destinada a publicar todo aquello relacionado a la composición de alimentos.*

*La información que precede ha sido el tema central del Editorial, por considerar que la estructuración del Comité Latinfoods ha de tener repercusiones muy saludables en un rubro tan importante, como es el conocimiento preciso de los alimentos disponibles para nuestros pueblos en la Región Latinoamericana y del Caribe.*

*Ricardo Bressani  
Editor General*

# **TRABAJOS DE INVESTIGACION**



## ENERGY UTILIZATION OF SUPPLEMENTED CEREAL DIETS IN HUMAN VOLUNTEERS

*Abrar H. Gilani<sup>1</sup>, Musadiq Asif<sup>2</sup>, and Saeed Ahmad Nagra<sup>3</sup>*

University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan and  
University of the Punjab, Lahore-1, Pakistan

### SUMMARY

Energy utilization was studied in human volunteers using different diets containing wheat flour supplemented by groundnut (*Arachis hypogaea*), "masur" (*Lens culinaris*), mung (*Phaseolus aureus*) and gram (*Cicer arietinum*) flour. Digestible and metabolizable energies were determined for all the experimental diets.

An improved energy digestibility was observed when wheat flour was supplemented with groundnut flour, and groundnut flour plus gram flour, i.e. 93.35 and 89.48%, respectively. Percent digestibility of energy for the other two experimental diets was 81.07% when wheat flour was supplemented with groundnut and "masur" flour. It was further depressed to 77.87% when wheat flour was supplemented with groundnut and mung flour.

### INTRODUCTION

The nutritional survey of Pakistan as well as the food balance sheets indicate that there is a widespread protein deficiency in the population, due to the low quantity and quality of protein consumed (1). It is therefore necessary that the meager amount of protein present in the diet be available to the body, and not be utilized as an energy source. Food energy exerts a sparing effect on proteins; hence, energy deficiency widens the protein gap, and it is considered that most of the protein deficiency is conditioned by energy deficiency. Therefore, unless the

---

Manuscrito modificado recibido: 8-1-86.

- 1 Director of Advanced Studies and Research, University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan.
- 2 Member of the Department of Nutrition of the above-mentioned University.
- 3 Member of the Division of Biochemistry, Institute of Chemistry, University of the Punjab, Lahore-1, Pakistan. (Requests for reprints should be sent to Dr. Nagra).

energy need is met, increased protein production will not help much to improve the situation, and may be an uneconomical approach to solve the nutritional problem (2). Efforts have been made in the past to utilize vegetable protein sources such as groundnut (*Arachis hypogaea*), "masur" (*Lens culinaris*), mung (*Phaseolus aureus*) and gram (*Cicer arietinum*) as a supplement to cereal proteins to improve their quality. Nevertheless, energy availability in such practices has not been estimated, despite its vital importance and recognition as a major deficiency problem in a developing country.

The present communication pertains to the study of energy utilization of cereal diets supplemented with groundnut (*Arachis hypogaea*), "masur" (*Lens culinaris*) mung (*Phaseolus aureus*) and gram (*Cicer arietinum*).

### MATERIAL AND METHODS

The composition of experimental diets is given in Table 1. Five male human subjects between 30-35 years of age and weighing 60-70 kg, clinically healthy, were allotted to these diets at random. The experiment was conducted in a 5 x 5 Latin square design (3). The weighed amounts of ingredients of the diets were given as "chappaties", thrice a day, i.e. at morning, at noon and in the evening. Pickles, fresh mango and some onion were provided for variety sake, and to meet vitamins requirements. In addition, one cup of tea in the morning and one in the evening after meals was allowed. Gross energy intake was worked out on the basis of the calorific value of diets. Volunteers were allowed to take the experimental diets up to their fills. However, it must be stated that physical activity in all the individuals under study was almost uniform.

Five trials of four days each were conducted, during which samples of feces and urine were collected on a 24-hour basis from individual subjects. After each trial, a gap of one day was allowed for subjects to consume their routine diet.

The feces collected from each trial and from each subject were weighed as such, and again after drying in an electric oven at 105°C, to work out the fecal energy loss. Similarly, urine excreted during 24 hours by each subject, for each trial, was weighed and measured. Urine samples were dried by mixing in a known quantity of wheat flour in the oven at 80°C. Samples thus obtained were used to work out the urinary loss of energy.

The calorific value of five experimental diets (on a dry basis, and in the form of "chappaties") feces and urine were determined using the Parr Oxygen Bomb Calorimeter (4).

Gross energy intake *per capita*, per day, and losses of energy in feces and urine were also determined. Digestible and metabolizable energies were computed to establish the availability of dietary energy from wheat flour supplemented with vegetable protein sources.

The data were statistically analyzed using the analysis of variance (3). Duncan's Multiple Range Test (5) was applied for significance of mean differences.

**TABLE 1**  
**COMPOSITION OF EXPERIMENTAL DIETS (ISONITROGENOUS)**  
**(EXPRESSED IN g %)**

Ingredients	Experimental diets				
	A	B	C	D	W
Wheat flour	93.413	91.912	91.912	91.912	78.125
Groundnut ( <i>Arachis hypogaea</i> )	6.587	5.666	5.936	6.016	—
Masur ( <i>Lens culinaris</i> )	—	2.422	—	—	—
Mung ( <i>Phaseolus aureus</i> )	—	—	2.152	—	—
Gram ( <i>Cicer arietinum</i> )	—	—	—	2.072	—
Maize starch	—	—	—	—	21.875
<b>TOTAL</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

### RESULTS AND DISCUSSION

The data on energy balance in human volunteers, consuming different experimental diets, are summarized in Table 2.

Maximum energy intake was found in the case of diet "D", (wheat groundnut and mung flour) indicative of the superiority of this combination, and the potentiating effect of including gram in the diet. Statistical analysis of the data, however, did not show any significant difference in regard to gross energy intake derived from the various diets. Results suggested that energy intake may not be affected to a drastic extent by the supplementation of wheat, but there is a fairly good margin to improve it by supplementation, especially through the addition of groundnut flour or gram flour. Factors such as palatability and energy availability might explain the existing variations in energy intake from supplemented wheat diets.

Gross energy requirements established according to the WHO recommendation (6) for volunteers of the present study, were 2,654 to 3,191 Cal per capita, per day, whereas the actual gross energy intake by the volunteers ranged between 2,452.81 to 2,705.33 Cal. Gross energy intake for all individuals was low, as compared to the requirement. This indicated

TABLE 2

**AVERAGE ENERGY BALANCE OF EXPERIMENTAL DIETS IN  
HUMAN VOLUNTEERS**

(Calories)

	Experimental diets				
	A	B	C	D	W
Gross energy intake	2681.78	2452.81	2554.16	2705.53	2493.22
Fecal energy loss	178.29	464.14	565.13	284.35	174.77
Urinary energy loss	28.74	20.78	31.56	25.97	29.45
Digestible energy	2503.49	1988.67	1989.03	2420.98	2318.45
Metabolizable energy	2474.75	1967.89	1957.47	2395.01	2280.00
% Digestibility of energy	93.35	81.07	77.87	89.48	92.95

that the diets under study must have some more gross energy to meet the requirements of adults at the same intake level.

*Fecal and Urinary Loss of Energy*

The fecal energy loss from the experimental diets ranged from 6.65 to 22.13% of the intake (Table 2). The energy loss in case of diet "A" (wheat and gram flour), "W" (wheat flour and maize starch), "B" (wheat, groundnut and "masur" flour) "D" (wheat, groundnut and gram flour) and "C" (wheat, groundnut and mung flour) was 6.56, 7.01, 10.51, 20.15 and 22.13% of the energy intake, respectively.

The analysis of variance indicated a significant ( $p < 0.01$ ) loss of energy in feces in case of diets "D", (wheat, groundnut and gram flour) and "C" (wheat, groundnut and mung flour) than all other diets, whereas other apparent differences were statistically non significant. It may be concluded, therefore, that supplementation of wheat with groundnut flour has no appreciable influence on the fecal loss of energy as compared to wheat alone. Mung, "masur" and gram, however, have in them some factor which depresses energy availability in a descending order. Variations in fecal energy due to individuals, were found to be non significant ( $p < 0.01$ ).

Urinary losses of energy were almost uniform and ranged from 0.85 to 1.18% of the gross energy intake, per day, per individual. These findings are in line with those of Beaton and McHenry (7) who reported a urinary

loss of energy as less than 3% of the energy intake.

### *Digestible Energy*

Diets containing groundnut flour and groundnut flour plus gram along with wheat alone (Diets "A" and "D", respectively) showed significantly ( $p < 0.01$ ) better digestible energy than other combinations (Table 2). This indicated an improvement in digestibility with groundnut flour and groundnut flour plus gram supplementation. The depressed digestibility of individuals fed on diet "B" (wheat, groundnut and "masur" flour) and "C" (wheat, groundnut and mung flour) was perhaps due to the presence of some depressing factors in these pulses.

### *Metabolizable Energy*

The metabolizable energy followed a similar pattern as the digestible energy (Table 2). Uniform loss of urinary energy indicated that the respective diets were uniformly metabolized. Metabolizable energy was also calculated by the prediction formula (8), which turned out to be 2160.65 to 2390.23 Cal *per capita*, per day. However, metabolizable energy of the experimental diets on the basis of human trials ranged from 1957.47 to 2474.75 Cal *per capita*, per day. Thus, it is suggested that the formula for the prediction of metabolizable energy may hold good in the case of children, but that it cannot be applied to adults.

## RESUMEN

### UTILIZACION DE ENERGIA PROVENIENTE DE DIETAS DE CEREALES SUPLEMENTADAS, EN VOLUNTARIOS HUMANOS

Se estudió la utilización de energía en sujetos voluntarios humanos, utilizando diferentes dietas que contenían harina de trigo suplementada con harina de maní, (*Arachis hypogaea*), "masur" (*Lens culinaris*), frijol mungo (*Phaseolus aureus*) y garbanzo (*Cicer arietinum*). En todas las dietas experimentales se determinó la energía digerible y metabolizable.

Se observó una mejor digestibilidad energética al suplementar la harina de trigo con harina de maní, y la harina de maní con harina de garbanzo, esto es, 93.35 y 89.48%, respectivamente. El por ciento de digestibilidad de energía para las otras dos dietas experimentales fue de 81.07% al suplementar la harina de trigo con harina de maní y "masur". Descendió hasta 77.87% cuando la harina de trigo fue complementada con harina de maní y de frijol mungo.

## BIBLIOGRAPHY

1. **Protein Problem of Pakistan.** Islamabad, National Science Council, 1968.
2. Hussain, M. A. A fresh look at the incidence of protein deficiency in Pakistan. *Br. J. Nutr.*, **29**(2):211-219, 1973.
3. Snedecor, G.W & W.G. Cochran. **Statistical Methods.** Ames, Iowa, The Iowa State University Press, 1967, 237 p.

4. Lorin, E.H. **Nutrition Research Techniques for Domestic and Wild Animals**. Utah, 1970, p. 1901-1903.
5. Duncan, D.B Multiple range and multiple F-test. **Biometrics**, **11**:1-42, 1955.
6. **The Health Aspect of Food and Nutrition**. Manila, World Health Organization Regional Office for Western Pacific. 1972, p. 225.
7. Beaton, G. H. & E. W. McHenry. **Nutrition**. Vol. I. London, Academic Press, Inc., 1964, p. 214.
8. Dorothy, S.S., S. T. Ehrlich, C.W. Bedell & B.R. Farthing. Prediction of metabolizable energy in pre-adolescent children. **J. Nutr.**, **91**(2):348-352, 1967.

# INGESTA ALIMENTARIA DE ESCOLARES QUE EGRESAN DE EDUCACION BASICA EN EL AREA METROPOLITANA DE SANTIAGO, CHILE<sup>1, 2</sup>

*Daniza Ivanović<sup>3</sup>, Marcela Aguayo<sup>3</sup>, Magaly Vásquez<sup>3</sup>,  
Irene Trufello<sup>3</sup>, Digna Ballester<sup>3</sup> e Isabel Zacarías<sup>3</sup>*

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

## RESUMEN

La finalidad de este estudio fue evaluar la adecuación de la ingesta alimentaria de escolares que egresan de Educación Básica, en el Area Metropolitana de Santiago de Chile. Se seleccionó una muestra aleatoria de 258 estudiantes de colegios fiscales y particulares (1:1), de ambos sexos (1:1) y de nivel socioeconómico (NSE) alto, medio y bajo (1:1:1).

La ingesta alimentaria se registró mediante una encuesta basada en el método de recordatorio de 24 horas del día anterior, y la adecuación de la ingesta de nutrientes fue estimada utilizando las Recomendaciones FAO/OMS 1973.

Los resultados mostraron que el 53.5<sup>o</sup>/o y 62.0<sup>o</sup>/o de los casos tenían una ingesta deficiente en calorías y excesiva en proteínas, respectivamente. El 13.2<sup>o</sup>/o, 27.1<sup>o</sup>/o y 59.8<sup>o</sup>/o de la energía era aportada por proteínas, lípidos e hidratos de carbono, respectivamente. Se encontró una proporción promedio de 1:1 para la ingesta de proteína de origen animal y vegetal.

De conformidad con los hallazgos, el NSE ejerció un efecto significativo en la ingesta alimentaria de los estudiantes, ya que, en ambos sexos se encontraron deficiencias en la ingesta de energía, vitamina A, riboflavina, niacina y calcio, además de hierro, en el caso de las mujeres. Se considera que estos resultados podrían ser de utilidad en la planificación de programas de alimentación dirigidos a la población escolar.

---

Manuscrito modificado recibido: 22-8-86.

- <sup>1</sup> Este trabajo fue financiado mediante Grant S 1505-853 F del Departamento de Investigación y Bibliotecas (DIB) de la Universidad de Chile.
- <sup>2</sup> Presentado en el VI Congreso Chileno de Nutrición celebrado en Los Andes, Chile, el 23 de noviembre de 1984.
- <sup>3</sup> Miembros del Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos (INTA), Universidad de Chile, Casilla 15138, Santiago 11, Chile.

## INTRODUCCION

El conocimiento de la problemática alimentario-nutricional del escolar, en el terreno mismo donde se genera, constituye un aspecto fundamental del proceso de planificación de programas de intervención nutricional, focalizados en este grupo etario.

En Chile, es escasa la información concerniente a la ingesta alimentaria de la población escolar. La Encuesta sobre el Estado Nutricional de la Población Chilena (ECEN), puso de manifiesto la existencia de inadecuación calórica y sobreadecuación proteínica (1). En efecto, otros estudios de nivel nacional e internacional, efectuados en países industrializados y en vías de desarrollo, han confirmado que un porcentaje importante de la población escolar estudiada, no satisface los requerimientos calóricos, acusando por el contrario, una ingesta excesiva de proteínas (2-4).

El impacto que los factores socioeconómicos ejercen en la ingesta alimentaria del escolar, ha sido objeto de varias investigaciones, las cuales han confirmado la existencia de una asociación directa y significativa entre ambas variables (2,5-8). En concordancia con estos hallazgos, el Programa de Alimentación Escolar (PAE), implementado en Chile por la Junta Nacional de Auxilio Escolar y Becas (JNAEB), organismo dependiente del Ministerio de Educación, cumple un rol de fundamental importancia a ese respecto. Sus beneficiarios corresponden a escolares de los niveles de pobreza 1, 2 y 3, según estratificación de los Comités de Acción Social (CAS), distribuidos en aproximadamente 7,000 Escuelas Básicas y Hogares Estudiantiles de todo el país. La "Ración Escuela Básica" aporta diariamente, en promedio, 800 calorías y 15 g de proteínas (300 calorías en el desayuno y 500 calorías en el almuerzo), cubriendo aproximadamente, un tercio de las recomendaciones calórico-proteínicas, establecidas por FAO/OMS, en 1973 (9).

En relación a la problemática planteada, los objetivos del presente estudio fueron, primero, evaluar la adecuación de la ingesta alimentaria de escolares que egresaban de Educación Básica (VIII Año Básico). Se seleccionó este grupo debido a que representa el término de este nivel de enseñanza, al cabo del cual los educandos deben haber internalizado ya una serie de objetivos educacionales que contempla el Sistema Educativo Chileno. En segundo término, nos interesaba determinar el efecto que sobre la ingesta alimentaria ejercen el nivel socioeconómico, sexo y tipo de colegio al que asiste el educando.

## MATERIAL Y METODOS

*Selección de la Muestra*

Se seleccionó una muestra aleatoria de 258 estudiantes que egresaban de Educación Básica, en el Area Metropolitana de Santiago, Chile. Dicha muestra incluyó alumnos de ambos sexos (1:1), tipo de colegio (colegios fiscales y particulares) (1:1) y de nivel socioeconómico (NSE) alto, medio y bajo (1:1:1). (Figura 1). Para tal efecto, se seleccionó intencionalmente y por área geográfica, un total de siete comunas del Area Metropolitana en donde se eligieron 13 establecimientos educacionales, en cada uno de los

cuales se eligió al azar un curso de VIII Año Básico. Dentro de cada tipo de colegio se escogió intencionalmente el mismo número de alumnos de NSE alto, medio y bajo, ya que a los colegios fiscales asisten mayoritariamente alumnos de NSE medio y bajo y a los colegios particulares, alumnos de NSE medio-alto y alto. Se utilizó así este diseño con miras a anular el efecto del NSE dentro de cada tipo de colegio (10). El estudio en el terreno se realizó el segundo semestre de 1982.

#### *Estudio Socioeconómico*

El NSE fue medido a través de una Escala Socioeconómica, la cual ha sido comúnmente utilizada en el Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos (INTA) de la Universidad de Chile. Esta escala considera la medición del nivel de escolaridad y ocupación del jefe del hogar, así como las características de la vivienda (calidad, propiedad, abastecimiento de agua, eliminación de excretas y bienes del hogar). El estudio socioeconómico permitió estratificar a los alumnos en tres categorías: NSE alto, medio y bajo (11).

#### *Encuesta Alimentaria*

La ingesta de los estudiantes se registró utilizando el método de recordatorio de 24 horas del día previo. La encuesta se llevó a cabo mediante entrevistas individuales a los alumnos, a cargo de personal capacitado para tal efecto. El consumo de alimentos se expresó en cinco grupos: Grupo I: Productos Lácteos; Grupo II: Productos Cárnicos y Huevos; Grupo III: Verduras y Frutas; Grupo IV: Cereales y derivados, leguminosas, azúcar, aceite, mantequilla y margarina, y Grupo 5: Misceláneos (té, café, bebidas y jugos, dulces, mermeladas, polvos instantáneos, salsas, helados y varios -productos para cocktail-, etc.).

Tanto el consumo de alimentos como su aporte de nutrientes se calculó utilizando la Tabla de Composición Química de los Alimentos Chilenos y la Tabla de Pesos y Medidas Prácticas de Alimentos, su Equivalencia en Gramos y Aporte Nutritivo (12,13). La adecuación de la ingesta de nutrientes se expresó en términos de porcentaje, utilizando como patrón de comparación las Recomendaciones de FAO/OMS, 1973 (14-16). En relación al porcentaje de adecuación de la ingesta de hierro, se utilizaron las Recomendaciones de la OMS (17). El porcentaje de adecuación de la ingesta de nutrientes fue expresado en tres categorías:  $\leq 90\%$  (deficiente);  $90\%$ - $120\%$  (adecuado y  $> 120\%$  (alto). En cuanto al nivel seguro de ingesta proteínica, se utilizó un puntaje de 70.

#### *Análisis Estadístico*

El estudio estadístico de los datos incluyó la prueba de chi-cuadrado, análisis de varianza; la prueba "t" de Student se utilizó para la comparación de medias (18).

### RESULTADOS

Los estudiantes de NSE bajo registraron una edad cronológica signifi-

cativamente mayor que los alumnos pertenecientes a otros estratos, siendo en su mayoría, beneficiarios del PAE (Figura 1).

El consumo de alimentos de los estudiantes de sexo masculino, según NSE, se muestra en la Tabla 1. Como puede verse, al compararlos con los alumnos de NSE bajo registraron un consumo significativamente menor de leche, carne y huevos, así como de aceites y grasas. Destaca el hecho que el consumo de pescado y mariscos fue mayor en el grupo de NSE bajo, aunque las diferencias no fueron significativas debido a la heterogeneidad de los grupos. En cuanto a Misceláneos, que agrupa a la mayor parte de golosinas, no hubo diferencias significativas a causa de la misma razón.

La Tabla 2 presenta el consumo de alimentos de estudiantes de sexo femenino, según el NSE. En este caso, las alumnas de NSE bajo registraron un menor consumo de leche, queso y carne que las de NSE alto y medio. Sin embargo, las alumnas de NSE alto tuvieron un menor consumo de pan, en comparación con las de NSE medio y bajo, y de azúcar, que las de NSE bajo. Las alumnas de NSE medio acusaron mayor consumo de huevos que las de NSE bajo. En relación a pescado y mariscos, las estudiantes de NSE medio indicaron un mayor consumo de dichos productos, aunque las diferencias no fueron significativas; lo mismo ocurrió en el caso de los estudiantes de sexo masculino. Cabe señalar que el consumo de Misceláneos no se relacionó significativamente con el NSE.

El porcentaje de nutrientes aportados por los grupos de alimentos en la dieta de los estudiantes de sexo masculino y femenino, según el NSE, se aprecia en las Tablas 3 y 4, respectivamente. En cuanto a la ingesta de nutrientes, se observa que en ambos sexos, los alimentos del Grupo I, II y V, Misceláneos, disminuyeron su contribución porcentual a medida que el NSE desciende, al mismo tiempo que aumentó el aporte de alimentos del Grupo IV, comprobándose en cuanto a los alimentos del Grupo III, un comportamiento más regular. En todos los estratos socioeconómicos, los del Grupo I tuvieron una mayor contribución en el caso de las estudiantes de sexo femenino. En los alumnos de NSE alto, más de la mitad del calcio lo aportó el Grupo I de Alimentos, para disminuir aproximadamente a un 25% en ambos sexos del grupo de NSE bajo. En lo que respecta a la ingesta de hierro, cabe señalar el hecho que en el NSE alto y medio, aproximadamente un quinto fue aportado por alimentos del Grupo II, para descender a cerca de un décimo en el NSE bajo. En este contexto, la mayor parte del hierro dietario era de procedencia vegetal.

La ingesta de nutrientes de los estudiantes de sexo masculino, según el NSE, se indica en la Tabla 5. Según se observa, en comparación con los de NSE alto y medio, los estudiantes de NSE bajo registraron una ingesta de energía, proteínas, riboflavina, niacina, ácido ascórbico y calcio significativamente menor. En la Tabla 6 se expresa la adecuación de la ingesta de nutrientes de este mismo grupo de escolares, según el NSE. Lógicamente, se advierten las mismas diferencias significativas señaladas anteriormente. Llama la atención las manifiestas deficiencias de energía, vitamina A, riboflavina, niacina y calcio en los alumnos de NSE bajo, quienes además acusan un porcentaje significativamente menor de adecuación de hierro, si bien sobrepasa el 120% de las recomendaciones.

La ingesta de nutrientes y su adecuación en estudiantes de sexo femenino, según el NSE, se detallan en las Tablas 7 y 8. En este caso, las

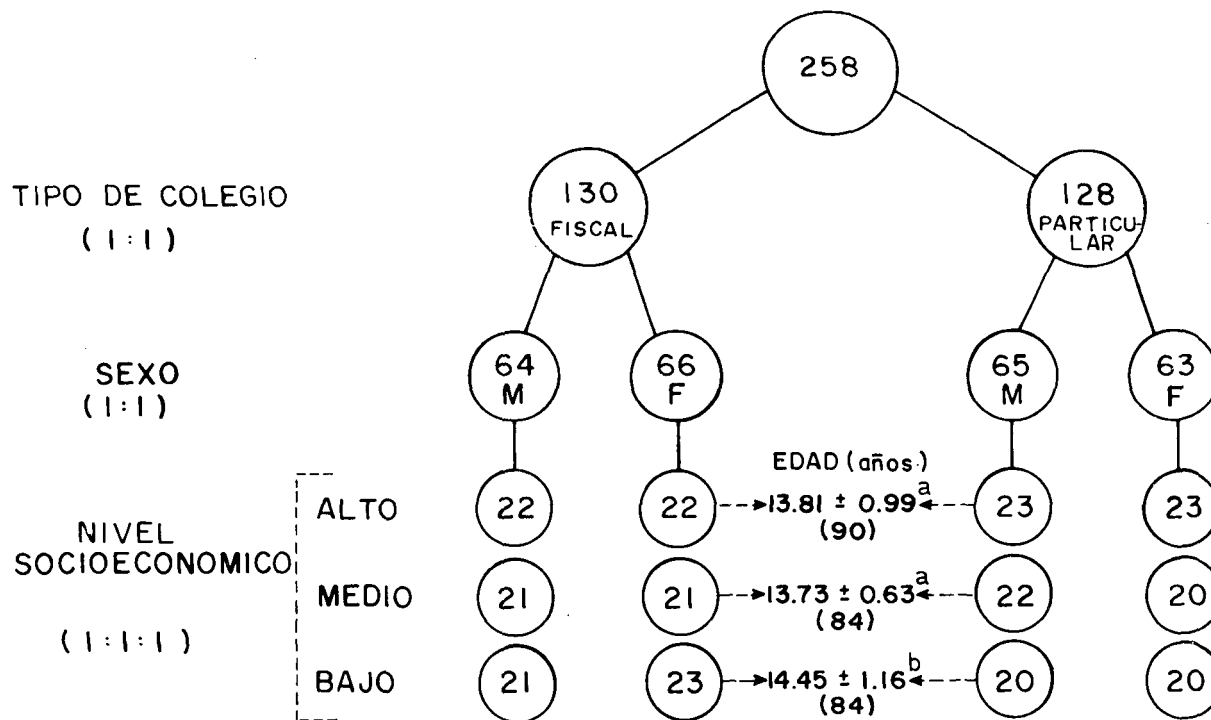


FIGURA 1

Descripción de la muestra de 258 escolares que egresaban de Educación Básica, en el Area Metropolitana de Santiago, Chile, 1982. Las letras diferentes que acompañan a las medias de la edad de los alumnos, indican diferencias significativas ( $P < 0.001$ ), según la prueba "t" de Student ( $F: 14.331 P < 0.01$ ).

TABLA 1

CONSUMO DE ALIMENTOS DE ESTUDIANTES DE SEXO MASCULINO QUE EGRESAN DE EDUCACION BASICA  
SEGUN NIVEL SOCIOECONOMICO, EN EL AREA METROPOLITANA DE SANTIAGO, CHILE, 1982

Alimento	Nivel socioeconómico			F <sub>b</sub>	Prueba "t" de Student <sup>b</sup>		
	Alto (A) (45) <sup>a</sup>	Medio (M) (43)	Bajo (B) (41)		A/M	M/B	A/B
Leche (cc)	531.11 ± 642.83 <sup>c</sup>	252.09 ± 216.25	157.32 ± 206.13	9.27**	**	*	***
Queso (g)	8.67 ± 17.91	16.79 ± 36.53	4.76 ± 14.58	2.49NS			
Quesillo (g)	0.67 ± 4.47	2.79 ± 18.30	0.0 ± 0.0	0.74NS			
Yogurt (g)	44.78 ± 96.38	23.21 ± 59.64	9.02 ± 57.78	2.49NS			
Carne (g)	154.20 ± 188.49	93.19 ± 83.73	51.39 ± 51.81	7.24**	NS	**	***
Pescado y mariscos (g)	7.78 ± 27.04	17.21 ± 59.29	33.66 ± 176.21	0.63NS			
Huevos (g)	33.36 ± 41.13	34.44 ± 49.05	12.88 ± 26.23	3.75*	NS	*	**
Leguminosas (g)	18.33 ± 53.39	26.74 ± 62.13	19.22 ± 38.81	0.33NS			
Cereales (g)	64.02 ± 57.41	74.19 ± 59.57	94.07 ± 125.44	1.32NS			
Pan (g)	274.27 ± 131.94	314.88 ± 168.19	314.63 ± 139.92	1.08NS			
Papas (g)	125.04 ± 174.90	160.84 ± 178.07	93.71 ± 106.43	1.87NS			
Verduras y frutas (g)	332.36 ± 247.66	269.49 ± 223.16	250.66 ± 215.99	1.48NS			
Frutas oleaginosas (g)	6.33 ± 21.91	5.70 ± 23.01	1.22 ± 7.81	0.88NS			
Azúcar (g)	24.16 ± 23.37	25.09 ± 15.46	33.78 ± 23.43	2.60NS			
Misceláneos (g) <sup>d</sup>	146.40 ± 154.59	93.14 ± 99.10	87.73 ± 133.08	2.61NS			
Bebidas y jugos (cc)	29.89 ± 79.03	13.26 ± 47.65	3.78 ± 19.96	2.41NS			
Aceite y grasas (g)	36.51 ± 19.77	35.40 ± 28.61	21.51 ± 20.34	5.31**	NS	*	***

a

b No. de casos en cada grupo socioeconómico.

\* P &lt; 0.05.

\*\* P &lt; 0.01.

\*\*\* P &lt; 0.001.

c Media ± desviación estándar.

d No incluye bebidas y jugos, los cuales se consideran en el rubro siguiente.

NS = No significativo.

TABLA 2

CONSUMO DE ALIMENTOS DE ESTUDIANTES DE SEXO FEMENINO QUE EGRESAN DE EDUCACION BASICA SEGUN NIVEL SOCIOECONOMICO, EN EL AREA METROPOLITANA. SANTIAGO, CHILE, 1982

Alimento	Nivel socioeconómico			F <sup>b</sup>	Prueba "t" de Student <sup>b</sup>		
	Alto (A) (45) <sup>a</sup>	Medio (M) (41)	Bajo (B) (43)		A/M	M/B	A/B
Leche (cc)	390.22 ± 203.35 <sup>c</sup>	389.27 ± 244.93	171.98 ± 181.75	14.92**	NS	***	***
Queso (g)	19.84 ± 33.03	17.95 ± 36.76	4.72 ± 13.30	3.30*	NS	*	**
Quesillo (g)	1.33 ± 6.25	2.44 ± 10.90	0.0 ± 0.0	1.19NS			
Yogurt (g)	29.76 ± 67.61	11.02 ± 41.33	12.91 ± 47.69	1.57NS			
Carne (g)	108.00 ± 88.62	92.39 ± 69.56	57.47 ± 64.11	5.05**	NS	*	**
Pescados y Mariscos (g)	6.09 ± 19.05	29.51 ± 128.43	10.05 ± 26.24	1.16NS			
Huevos (g)	18.87 ± 25.64	30.85 ± 43.11	11.47 ± 18.62	4.18*	NS	**	NS
Leguminosas (g)	15.44 ± 46.68	5.12 ± 18.99	23.33 ± 50.54	2.00NS			
Cereales (g)	48.93 ± 52.98	67.51 ± 61.24	74.44 ± 63.23	2.14NS			
Pan (g)	175.13 ± 129.96	242.44 ± 136.48	245.65 ± 126.70	3.97*	*	NS	*
Papas (g)	133.78 ± 201.85	129.98 ± 177.25	117.65 ± 197.67	0.08NS			
Verduras y frutas (g)	378.02 ± 282.42	271.34 ± 231.48	251.44 ± 260.18	2.96NS			
Frutas oleaginosas (g)	2.82 ± 10.13	0.56 ± 2.63	2.47 ± 15.26	0.53NS			
Azúcar (g)	15.24 ± 18.05	19.00 ± 14.26	23.74 ± 12.35	3.40*	NS	NS	*
Misceláneos (g) <sup>d</sup>	98.42 ± 86.52	138.42 ± 171.07	98.37 ± 156.70	1.09NS			
Bebidas y jugos (cc)	36.67 ± 123.38	10.98 ± 70.28	8.84 ± 40.54	1.39NS			
Aceite y grasas (g)	32.49 ± 30.61	35.07 ± 31.62	22.63 ± 21.29	2.25NS			

a

b No. de casos en cada grupo socioeconómico.

\* P < 0.05.

\*\* P < 0.01.

\*\*\* P < 0.001.

c Media ± desviación estándar.

d No incluye bebidas y jugos, los cuales se consideran en el rubro siguiente.

NS = No significativo.

TABLA 3

PORCENTAJE DE NUTRIENTES APORTADOS POR LOS GRUPOS DE ALIMENTOS EN LA DIETA DE ESTUDIANTES DE SEXO MASCULINO QUE EGRESAN DE EDUCACION BASICA, SEGUN NIVEL SOCIOECONOMICO<sup>a</sup>

Nutrientes	Nivel socioeconómico														
	Alto					Medio					Bajo				
	I	II	III	IV	M	I	II	III	IV	M	I	II	III	IV	M
Energía	12.2	12.2	9.0	51.5	15.0	8.5	9.4	8.8	61.6	11.7	4.7	6.6	9.0	71.4	8.2
Proteínas	18.5	34.6	8.3	32.4	6.2	14.7	28.8	8.9	42.1	5.5	9.3	23.0	7.8	54.5	5.4
Lípidos	15.3	21.4	3.6	45.0	14.8	15.8	17.6	3.2	47.7	15.7	10.9	14.8	4.7	54.5	15.1
Hidratos de carbono	8.1	1.2	13.6	58.5	18.6	4.1	0.9	12.8	70.3	12.0	2.3	0.6	12.2	77.7	7.3
Vitamina A	13.5	11.8	39.3	27.2	8.2	10.1	13.9	41.1	28.6	6.2	4.9	9.2	55.7	28.8	1.4
Tiamina	11.0	6.3	19.0	60.1	3.7	7.0	5.2	16.8	68.5	2.5	4.3	3.5	14.9	75.8	1.6
Riboflavina	31.8	21.0	13.0	29.7	4.4	23.1	19.9	11.8	41.6	3.6	16.8	13.8	13.6	53.0	2.8
Niacina	2.5	25.8	21.1	45.7	4.8	1.7	18.8	22.1	54.9	2.4	1.1	10.8	18.9	65.7	3.5
Acido ascórbico	6.2	0.0	82.4	0.0	11.3	6.6	2.7	79.8	2.2	8.7	3.3	0.9	86.6	0.0	9.1
Calcio	53.4	5.1	13.3	21.1	7.1	39.9	8.4	14.1	31.4	6.2	20.7	6.0	18.0	49.3	5.9
Hierro	1.9	21.9	18.0	51.1	7.1	1.0	18.3	16.9	56.8	7.0	0.5	11.5	14.3	68.4	5.4

<sup>a</sup>Grupos de Alimentos:

- I Productos lácteos.
- II Productos cárnicos y huevos.
- III Verduras y frutas.
- IV Cereales y derivados, leguminosas, azúcar, aceite, mantequilla y margarina.
- V Misceláneos.

TABLA 4

PORCENTAJE DE NUTRIENTES APORTADOS POR LOS GRUPOS DE ALIMENTOS EN LA DIETA DE ESTUDIANTES DE SEXO FEMENINO QUE EGRESAN DE EDUCACION BASICA, SEGUN NIVEL SOCIOECONOMICO<sup>a</sup>

Nutrientes	Nivel socioeconómico														
	Alto					Medio					Bajo				
	I	II	III	IV	M	I	II	III	IV	M	I	II	III	IV	M
Energía	15.4	12.1	12.5	45.6	14.4	12.7	10.1	9.3	53.1	14.8	6.3	7.4	9.2	67.4	9.7
Proteínas	25.4	32.2	10.0	26.8	5.7	20.2	33.2	7.6	31.7	7.3	12.7	23.5	8.1	49.7	6.0
Lípidos	19.3	18.9	4.2	41.4	16.3	20.2	15.0	4.2	44.1	16.5	11.1	15.1	5.1	53.0	15.8
Hidratos de carbono	9.1	1.1	20.8	51.8	17.2	6.8	1.0	14.5	60.4	17.2	3.0	0.6	12.8	74.6	9.0
Vitamina A	17.1	7.1	46.8	24.0	5.0	15.1	8.3	44.3	24.5	7.7	8.8	8.6	49.9	30.3	2.4
Tiamina	13.8	7.3	27.8	49.0	2.1	11.9	6.9	18.4	59.5	3.3	6.2	3.7	16.0	72.2	2.0
Riboflavina	38.6	19.5	17.2	21.6	3.1	34.2	21.3	12.7	28.1	3.8	21.1	15.0	15.9	45.5	2.6
Niacina	2.9	26.5	29.8	37.4	3.3	3.1	26.0	21.8	44.1	5.1	2.2	14.2	21.8	58.6	3.2
Acido ascórbico	3.4	0.0	88.3	0.5	7.8	12.2	0.0	77.4	0.0	10.3	6.2	4.0	77.1	4.4	8.3
Calcio	58.3	4.4	16.4	14.7	6.1	57.8	5.5	10.8	19.2	6.6	28.6	5.9	16.2	44.6	4.7
Hierro	2.3	22.6	25.5	43.2	6.4	1.8	20.9	17.3	51.8	8.2	1.0	13.3	15.4	64.6	5.8

<sup>a</sup>Grupos de Alimentos:

- I Productos lácteos.
- II Productos cárnicos y huevos.
- III Verduras y frutas.
- IV Cereales y derivados, leguminosas, azúcar, aceite, mantequilla y margarina.
- V Misceláneos.

TABLA 5

INGESTA DE NUTRIENTES DE ESTUDIANTES DE SEXO MASCULINO QUE EGRESAN DE EDUCACION BASICA  
SEGUN NIVEL SOCIOECONOMICO, EN EL AREA METROPOLITANA DE SANTIAGO, CHILE, 1982

Nutrientes	Nivel socioeconómico			F <sup>b</sup>	Prueba "t" de Student <sup>b</sup>		
	Alto (A) (45) <sup>a</sup>	Medio (M) (43)	Bajo (B) (41)		A/M	M/B	A/B
Energía (Kcal)	3026 ± 1063 <sup>c</sup>	2720 ± 987	2296 ± 842	5.931**	NS	*	***
Proteínas (g)	99.6 ± 40.8	88.0 ± 39.4	65.4 ± 32.1	8.730**	NS	**	***
Vitamina A (mcg)	730 ± 1083	552 ± 445	385 ± 340	2.436NS			
Tiamina (mg)	2.04 ± 0.67	2.10 ± 0.91	1.80 ± 0.57	1.921NS			
Riboflavina (mg)	1.85 ± 0.62	1.71 ± 0.74	1.28 ± 0.49	9.282**	NS	**	***
Niacina (mg)	16.56 ± 8.57	15.69 ± 7.84	11.68 ± 6.04	4.839**	NS	*	**
Acido ascórbico (mg)	133.6 ± 118.1	131.3 ± 131.2	71.6 ± 68.1	4.193*	NS	*	**
Calcio (mg)	1015 ± 379	863 ± 498	532 ± 353	14.658**	NS	***	***
Hierro (mg)	25.30 ± 17.46	24.41 ± 13.77	19.91 ± 10.17	1.699NS			

<sup>a</sup> Número de casos en cada grupo socioeconómico.

<sup>b</sup>

\* P < 0.05.

\*\* P < 0.01.

\*\*\* P < 0.001.

<sup>c</sup> Media ± desviación estándar.

NS = No significativo.

TABLA 6

ADECUACION DE LA INGESTA DE NUTRIENTES DE ESTUDIANTES DE SEXO MASCULINO QUE EGRESAN DE EDUCACION BASICA, SEGUN NIVEL SOCIOECONOMICO, EN EL AREA METROPOLITANA DE SANTIAGO, CHILE, 1982

Nutrientes	Nivel socioeconómico			F <sup>b</sup>	Prueba "t" de Student <sup>b</sup>		
	Alto (A) (45) <sup>a</sup>	Medio (M) (43)	Bajo (B) (41)		A/M	M/B	A/B
	% Recomendación FAO/OMS						
Energía (Kcal)	104.46 ± 36.65 <sup>c</sup>	93.69 ± 34.09	78.68 ± 29.10	6.218**	NS	*	***
Proteína (g)	193.59 ± 110.73	157.45 ± 99.48	101.39 ± 53.29	10.512**	NS	**	***
Vitamina A (mcg)	101.13 ± 149.41	76.11 ± 61.56	52.98 ± 46.98	2.436NS			
Tiamina (mg)	170.69 ± 56.50	175.31 ± 75.85	150.02 ± 47.83	1.971NS			
Riboflavina (mg)	108.63 ± 36.49	100.38 ± 43.74	74.94 ± 28.82	9.330**	NS	**	***
Niacina (mg)	86.88 ± 45.00	82.06 ± 41.06	60.77 ± 31.69	5.012**	NS	**	**
Acido ascórbico (mg)	448.49 ± 392.92	437.74 ± 437.31	238.72 ± 227.01	4.274*	NS	*	**
Calcio (mg)	156.34 ± 57.88	133.42 ± 77.17	83.17 ± 54.39	14.191**	NS	***	***
Hierro (mg)	233.80 ± 196.33	208.68 ± 139.24	150.96 ± 105.75	3.188*	NS	*	*

<sup>a</sup> Número de casos en cada grupo socioeconómico.

<sup>b</sup> \* P < 0.05.

\*\* P < 0.01.

\*\*\* P < 0.001.

<sup>c</sup> Media ± desviación estándar.

NS = No significativo.

TABLA 7

INGESTA DE NUTRIENTES DE ESTUDIANTES DE SEXO FEMENINO QUE EGRESAN DE EDUCACION BASICA, SEGUN NIVEL SOCIOECONOMICO, EN EL AREA METROPOLITANA DE SANTIAGO, CHILE, 1982

Nutrientes	Nivel socioeconómico			F <sup>b</sup>	Prueba "t" de Student <sup>b</sup>		
	Alto (A) (45) <sup>a</sup>	Medio (M) (41)	Bajo (B) (43)		A/M	M/B	A/B
Energía (Kcal)	2312 ± 1081 <sup>c</sup>	2475 ± 881	2064 ± 790	2.045NS			
Proteínas (g)	78.1 ± 35.3	82.4 ± 33.6	59.0 ± 25.4	5.879**	NS	***	**
Vitamina A (mcg)	639 ± 814	544 ± 453	341 ± 255	3.109*	NS	*	*
Tiamina (mg)	1.54 ± 0.77	1.70 ± 0.72	1.54 ± 0.67	0.671NS			
Riboflavina (mg)	1.54 ± 0.61	1.58 ± 0.04	1.15 ± 0.51	6.806**	NS	**	**
Niacina (mg)	12.25 ± 7.37	13.18 ± 5.97	10.69 ± 6.27	1.483NS			
Acido ascórbico (mg)	155.3 ± 128.9	111.2 ± 103.5	87.0 ± 96.3	4.197*	NS	NS	**
Calcio (mg)	933 ± 473	918 ± 446	488 ± 264	16.330**	NS	***	***
Hierro (mg)	18.75 ± 10.39	19.28 ± 7.88	19.76 ± 17.20	0.070NS			

<sup>a</sup> Número de casos en cada grupo socioeconómico.

\* p < 0.05

\*\* p < 0.01

\*\*\* p < 0.001

<sup>c</sup> Media ± desviación estándar

NS = No significativo.

TABLA 8

ADECUACION DE LA INGESTA DE NUTRIENTES DE ESTUDIANTES DE SEXO FEMENINO QUE EGRESAN DE EDUCACION BASICA, SEGUN NIVEL SOCIOECONOMICO, EN EL AREA METROPOLITANA DE SANTIAGO, CHILE, 1982

Nutrientes	Nivel socioeconómico			Fb	Prueba "t" de Student <sup>b</sup>		
	Alto (A) (45) <sup>a</sup>	Medio (M) (41)	Bajo (B) (43)		A/M	M/B	A/B
	% Recomendación FAO/OMS						
Energía (Kcal)	93.12 ± 43.48 <sup>c</sup>	99.40 ± 35.41	84.39 ± 32.45	1.659NS			
Proteína (g)	191.27 ± 115.56	184.61 ± 90.49	133.17 ± 81.46	4.508*	NS	**	**
Vitamina A (mcg)	88.04 ± 112.25	75.01 ± 62.51	47.01 ± 34.58	3.107*	NS	*	*
Tiamina (mg)	154.21 ± 77.26	169.81 ± 71.97	157.71 ± 68.32	0.524NS			
Riboflavina (mg)	103.15 ± 41.36	105.07 ± 42.54	77.78 ± 34.13	6.225**	NS	**	**
Niacina (mg)	74.82 ± 44.88	80.21 ± 36.40	66.33 ± 38.49	1.247NS			
Acido ascórbico (mg)	517.63 ± 429.78	370.71 ± 345.01	294.12 ± 322.63	4.059*	NS	NS	**
Calcio (mg)	145.46 ± 76.83	141.19 ± 68.55	77.69 ± 41.61	14.771**	NS	***	***
Hierro (mg)	110.72 ± 60.99	113.80 ± 50.52	95.98 ± 93.22	1.065NS			

<sup>a</sup> Número de casos en cada grupo socioeconómico.

\* P < 0.05.

\*\* P < 0.01.

\*\*\* P < 0.001.

<sup>c</sup> Media ± desviación estándar.

NS = No significativo.

alumnas de NSE bajo, en relación a las de NSE alto y medio, acusaron una ingesta significativamente menor de proteínas, vitamina A, riboflavina y calcio, y sólo en relación a las de NSE alto, una menor ingesta de ácido ascórbico. Cabe mencionar que la ingesta energética no experimentó variaciones con el NSE como ocurrió en el caso de los estudiantes de sexo masculino. Al igual que en éstos, sí hubo deficiencias en cuanto a la ingesta de energía, vitamina A, riboflavina, niacina y calcio, especialmente en las estudiantes de NSE bajo.

El porcentaje de energía aportada por proteínas, lípidos e hidratos de carbono, tanto en estudiantes de sexo masculino, como femenino, según el NSE, se ilustra en la Figura 2. Los alumnos de NSE bajo en general, registraron un aporte significativamente menor de calorías provenientes de proteínas y lípidos, y un mayor aporte de calorías originadas de los hidratos de carbono, en contraste con los de NSE alto y medio. Es interesante señalar que estos últimos son los que exhiben una mejor distribución porcentual de la energía aportada por proteínas, lípidos e hidratos de carbono (15<sup>o</sup>/o, 30<sup>o</sup>/o y 55<sup>o</sup>/o, en promedio, respectivamente), en ambos sexos. No obstante, en el grupo de NSE bajo se observa que el por ciento de calorías grasas se encuentra disminuido y el de hidratos de carbono, aumentado, elevándose este último por arriba del 65<sup>o</sup>/o, mientras que la energía aportada por las proteínas fluctúa en alrededor de 12<sup>o</sup>/o.

La ingesta de proteína animal y vegetal de los estudiantes de sexo masculino y femenino, se expone gráficamente en la Figura 3. En este caso, el porcentaje de proteína animal de la ingesta de estudiantes de sexo masculino, fue significativamente mayor en los de NSE alto, en comparación con los alumnos de otros estratos, y la ingesta de proteína vegetal, significativamente mayor en los alumnos de NSE bajo. En el caso de estudiantes de sexo femenino, la ingesta de proteína animal fue significativamente mayor en las de NSE bajo y medio, en contraste con las de NSE bajo, grupo que registró también un aporte de proteína vegetal significativamente mayor. En los estudiantes de sexo masculino de NSE alto y medio, la relación entre la ingesta de proteína animal y vegetal se mantuvo aproximadamente en la proporción de 1:1, a pesar de haberse observado un mayor aporte de proteína vegetal en los de NSE medio. En el caso de los de NSE bajo, la proporción entre proteína animal y vegetal fue de 1:2, respectivamente. En los estudiantes de sexo femenino de NSE alto y medio, el aporte de proteína animal fue levemente superior en relación a la vegetal, manteniéndose ambas en la proporción aproximada de 1:1, la cual varió a 1:2, respectivamente, en las de NSE bajo. De esta forma, en dicho estrato socioeconómico y en ambos sexos, aproximadamente sólo un tercio de la proteína ingerida era de origen animal.

En lo que a la ingesta energética concierne, el 53.5<sup>o</sup>/o de los escolares registró un por ciento de adecuación  $\leq$  90<sup>o</sup>/o, 26.0<sup>o</sup>/o, entre 90<sup>o</sup>/o-120<sup>o</sup>/o, y el 20.5<sup>o</sup>/o de los alumnos registró una ingesta energética  $>$  120<sup>o</sup>/o. La situación encontrada con respecto a la ingesta proteínica fue opuesta, ya que el 22.9<sup>o</sup>/o de los escolares exhibió un por ciento de adecuación  $\leq$  90<sup>o</sup>/o 15.1<sup>o</sup>/o entre 90<sup>o</sup>/o-120<sup>o</sup>/o, y la mayor parte de los alumnos (62.0<sup>o</sup>/o) registró un por ciento de adecuación  $>$  120<sup>o</sup>/o.

La Figura 4 ilustra la distribución porcentual de la muestra de escolares, de acuerdo al por ciento de adecuación de la ingesta de nutrientes, según sexo. Según se puede constatar, aproximadamente el 50<sup>o</sup>/o de los

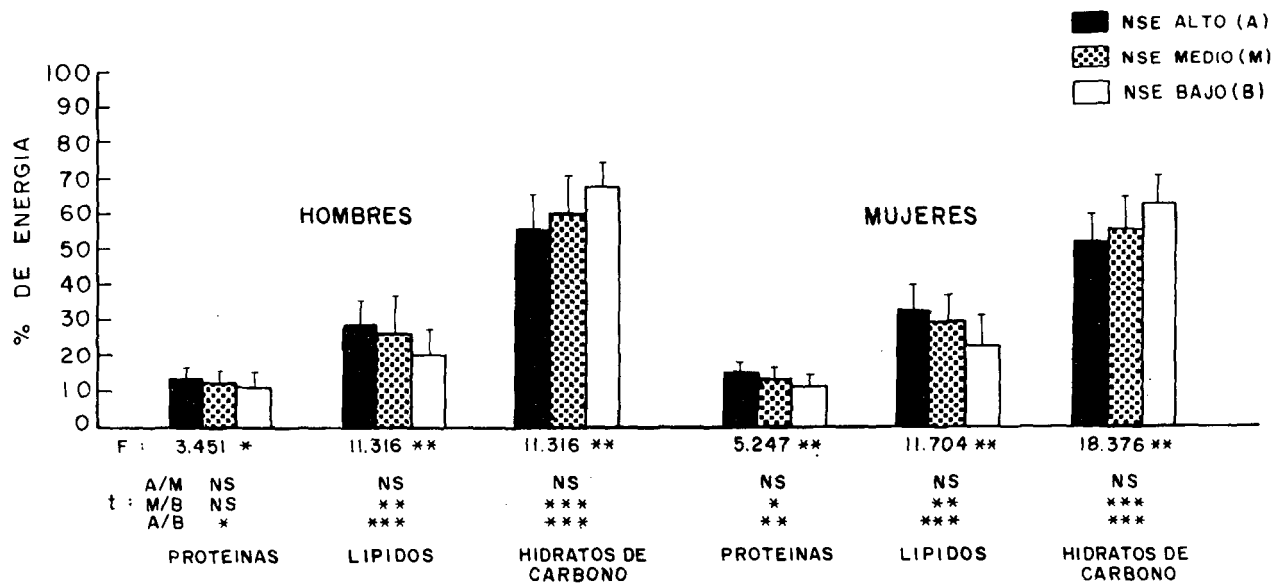


FIGURA 2

Porcentaje de energía aportada por proteínas, lípidos e hidratos de carbono en estudiantes que egresan de Educación Básica, según nivel socioeconómico (NSE) y sexo. (\*P < 0.05; \*\*P < 0.01; \*\*\*P < 0.001).

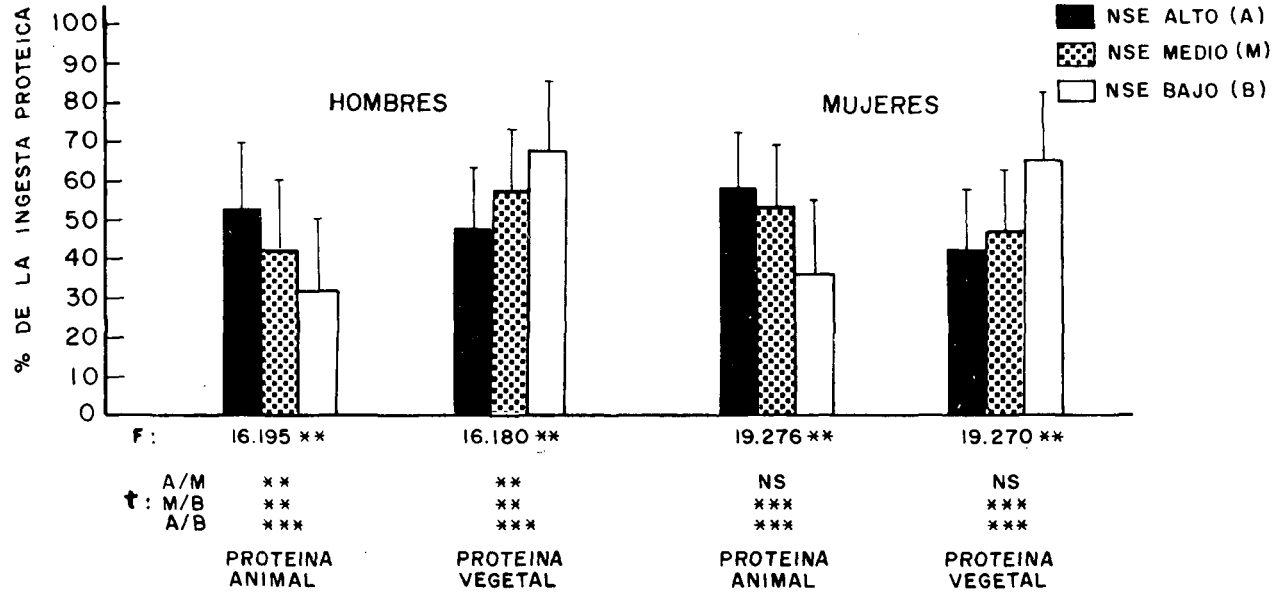


FIGURA 3

Ingesta de proteína animal y vegetal de estudiantes que egresan de Educación Básica, según nivel socioeconómico (NSE) y sexo.

(\*\*P < 0.01; \*\*\*P < 0.001)

escolares no satisfacía las recomendaciones energéticas y de riboflavina y el 70<sup>o</sup>/o, las de vitamina A y niacina, sin diferencias por sexo. El 7.0<sup>o</sup>/o de los hombres en comparación con el 20.1<sup>o</sup>/o de las mujeres, acusó una ingesta deficiente de tiamina ( $P < 0.05$ ). En relación a la ingesta de hierro, el 41.9<sup>o</sup>/o de las mujeres presentó una ingesta deficiente, en comparación con los hombres, 12.4<sup>o</sup>/o ( $P < 0.001$ ). Un 35<sup>o</sup>/o de la muestra no cubría las recomendaciones de ingesta de calcio, sin diferencias por sexo.

No se constataron diferencias significativas en cuanto a la ingesta alimentaria de los escolares en relación al tipo de colegio al cual asistían.

## DISCUSION

En el trabajo que nos ocupa, hemos podido apreciar el efecto significativo que el NSE del educando ejerce sobre su ingesta alimentaria. El consumo de leche, carne, huevos, aceite y grasas, fue significativamente mayor en los estudiantes de sexo masculino de NSE alto. Por otra parte, las estudiantes de sexo femenino de este mismo estrato tuvieron un consumo de leche, queso y carne significativamente mayor, y un menor consumo de pan y azúcar en contraste con las de NSE bajo. El mayor consumo de leche, queso, carne, huevos, aceite y grasas, a medida que el NSE asciende lo explicaría, dado el mayor costo de estos alimentos, a la vez que la explicación opuesta es válida en lo referente al mayor consumo de pan y azúcar, constatado en los estudiantes de NSE bajo de ambos sexos (Tablas 1 y 2). En estudios efectuados en América Latina y el Caribe se ha comunicado un mayor consumo de productos lácteos, carne, huevos, aceite y grasas, en los estudiantes de NSE alto (2,5-7). Por esta razón, en el presente estudio el porcentaje de nutrientes aportados por los alimentos del Grupo I y II disminuyó y el Grupo IV aumentó, a medida que el NSE desciende (Tablas 3 y 4).

En relación a lo expresado anteriormente, la ingesta de nutrientes y su porcentaje de adecuación, éste experimentó significativas variaciones con el NSE del educando, en ambos sexos (Tablas 5 a 8). Esta situación es coincidente con los hallazgos de otros investigadores (2,5,7,8,19). Los estudiantes de NSE bajo, tuvieron una menor ingesta energética, además de deficiencias en lo que a la ingesta de vitamina A, riboflavina, niacina y calcio respecta, y sólo en los estudiantes de sexo femenino, de hierro.

Con referencia al porcentaje de calorías aportadas por proteínas, lípidos e hidratos de carbono, y a pesar que se encontraron diferencias significativas en relación al NSE del educando, es preciso señalar que se han experimentado modificaciones positivas en los últimos años. Estudios realizados en Chile notificaron para adolescentes cuyas edades se aproximaban a las de nuestra muestra, porcentajes de 12.0<sup>o</sup>/o, 21.6<sup>o</sup>/o y 66.4<sup>o</sup>/o de energía total, respectivamente (2). No obstante, en el presente estudio, estos porcentajes se encontraron en el NSE bajo, y la muestra total de estudiantes presentó, correspondientemente, porcentajes promedios de 13.2<sup>o</sup>/o, 27.1<sup>o</sup>/o y 59.8<sup>o</sup>/o. Por lo tanto, hemos podido verificar que existe una tendencia sostenida al incremento del porcentaje de calorías provenientes de proteínas y lípidos, al mismo tiempo que el porcentaje de calorías aportadas por los hidratos de carbono, disminuye, con significativas diferencias de acuerdo al NSE (Figura 2). Estudios realizados

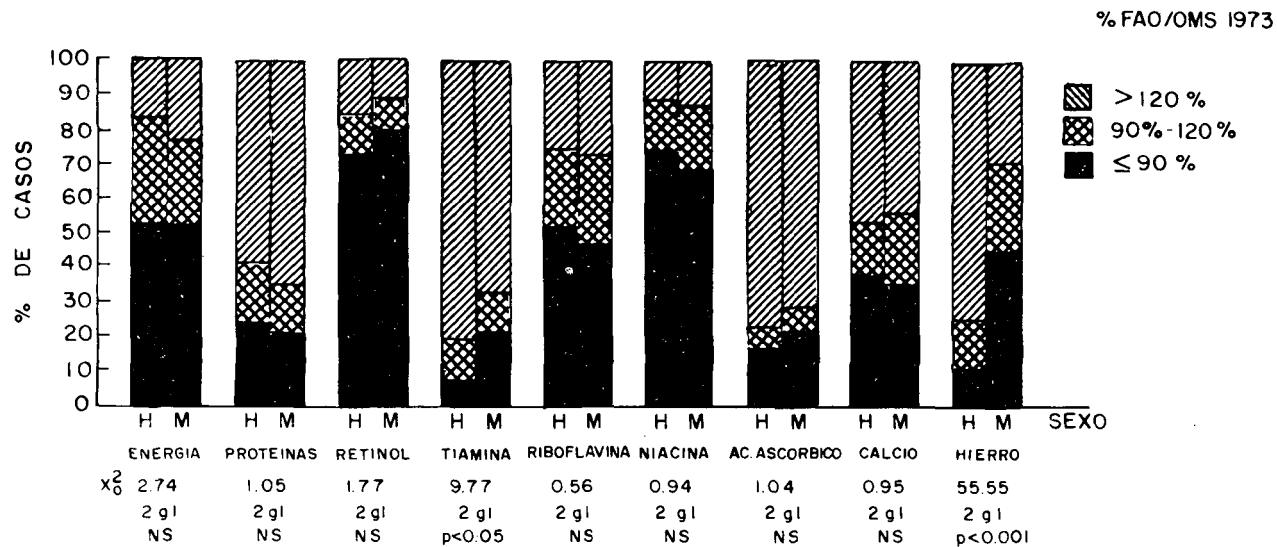


FIGURA 4

Distribución porcentual de la muestra de estudiantes que egresan de Educación Básica, de acuerdo al porcentaje de adecuación de la ingesta de nutrientes (Patrón FAO/OMS, 1973), según sexo. (H = hombres; M = mujeres).

en países desarrollados han encontrado que el porcentaje de la energía total aportada por proteínas, lípidos e hidratos de carbono, asciende a 16<sup>o</sup>/o, 35<sup>o</sup>/o y 49<sup>o</sup>/o, respectivamente, observándose en escolares de Educación Básica, valores superiores para el aporte de calorías provenientes de proteínas y lípidos y, por ende, un menor aporte de los hidratos de carbono (3). Esta relación ha sido constatada incluso a nivel de preescolares (20).

La ingesta de proteína animal y vegetal de los estudiantes varió significativamente en relación al NSE. La relación entre proteína animal y vegetal encontrada en esta muestra de escolares, en promedio fue de 1:1, siendo, por lo tanto, adecuada. Esta proporción se mantuvo en el NSE alto y medio, pero no así en el bajo, en que el 33<sup>o</sup>/o de la proteína total fue de origen animal (Figura 3). Sin embargo, aún el valor encontrado en este estrato socioeconómico es muy superior al informado para otros países de nuestra Región (8).

El elevado porcentaje de estudiantes que muestra una ingesta energética deficiente (53.50<sup>o</sup>/o y excesiva en proteína (62.00<sup>o</sup>/o), coincide con estudios efectuados en países industrializados y en vías de desarrollo (1,2,4-7,21,22). Más aún las manifiestas deficiencias en la ingesta de vitamina A, riboflavina, niacina y calcio observadas en ambos sexos, y la de hierro en estudiantes de sexo femenino, han sido descritas por otros investigadores (2-5,7,21,22). En lo que respecta al elevado porcentaje de estudiantes de sexo femenino que en nuestra muestra no cubre los requerimientos de hierro (41.90<sup>o</sup>/o), es un hecho que preocupa, ya que la mujer en edad fértil en Chile, es uno de los grupos en los que prevalece anemia nutricional. La encuesta sobre el Estado Nutricional de la Población Chilena informó una prevalencia de anemia nutricional de 4.6<sup>o</sup>/o para adolescentes mujeres (1). A pesar de ello, este hecho no es ajeno a otras poblaciones de escolares de sexo femenino, en las que se han observado porcentajes similares de mujeres adolescentes que no satisfacen las recomendaciones de ingesta de hierro (22).

En base a los resultados obtenidos en el presente estudio, puede concluirse que la ingesta alimentaria de este grupo de escolares difiere significativamente, según el NSE del educando. Resulta difícil poder formular recomendaciones generales para toda la población escolar, ya que además de las diferencias socioeconómicas y socioculturales, en esta muestra de escolares existen diferencias en el estado nutricional, hábitos alimentarios y conocimientos alimentarios (10,11,23,24). Sin embargo, cabe subrayar que en esta muestra de escolares no se registraron diferencias en el estado nutricional (o/o de peso/talla), en relación al nivel socioeconómico, observándose altos porcentajes de obesidad, 13.3<sup>o</sup>/o y 34.6<sup>o</sup>/o, en hombres y mujeres, respectivamente (10).

No se registraron diferencias en la ingesta alimentaria de escolares de colegios fiscales y particulares, debido a que —como ya se indicó— en el proceso de selección muestral se mantuvo la misma proporción de alumnos de NSE alto, medio y bajo. A los establecimientos fiscales y particulares, según se manifestó, asisten mayoritariamente alumnos de NSE medio-bajo y medio-alto, respectivamente, por lo que las posibles diferencias que en condiciones normales pudieran producirse en relación a la ingesta de alimentos de los estudiantes, son más bien atribuibles a la diferente conformación socioeconómica de ambos.

Los hallazgos de esta investigación hacen manifiesto el hecho que existe un déficit en el consumo de energía, vitamina A, riboflavina, niacina, calcio y hierro, y exceso en la ingesta de proteínas. Esta información, a nuestro juicio, constituye un aporte que podría ser de utilidad en la planificación de programas de alimentación dirigidos a la población escolar.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores desean manifestar su sincero agradecimiento a la Sra. Viola Lyon Larronde por su excelente labor secretarial en la confección de este manuscrito, así como a las Sras. Eugenia Orrego y Silvia Benavente por su valiosa colaboración en el procesamiento de los datos.

#### SUMMARY

##### DIETARY INTAKE OF STUDENTS GRADUATING FROM BASIC EDUCATION IN THE METROPOLITAN AREA OF SANTIAGO, CHILE

This study pursued to evaluate the adequacy of the dietary intake of students graduating from Basic Education in the Metropolitan Area of Santiago, Chile. A random sample of 258 students from public and non-public schools (1:1), of both sexes (1:1) and from high, medium and low socioeconomic level (SEL) (1:1:1), was selected.

Standard procedures for 24-hr dietary recall individual interviews were used to collect data. The students' dietary intake was then compared with the FAO/WHO 1973 Recommended Dietary Allowances.

Results revealed that 53.5% and 62.0% of the sample registered a deficient and excessive intake for energy and protein, respectively. Protein contributed 13.2% of the dietary energy, fat, 27.1%, and carbohydrates, 59.8%. Animal and vegetable protein intake was found in the proportion of 1:1.

As findings indicated, the dietary intake of students differed significantly according to SEL. Deficiencies in energy, vitamin A, riboflavin, niacin and calcium intake were observed, in both sexes, besides iron deficiency in the female group.

It is considered that results could be useful for food and nutrition planning in school feeding programs.

#### BIBLIOGRAFIA

1. ECEN. Encuesta sobre el Estado Nutricional de la Población Chilena, Julio 1974 - Junio 1975. Primer Informe: Perfil Encuestas. Ministerio de Salud de Chile, marzo de 1976.
2. Atalah, E., E. Díaz, J. Araya, A. Arteaga, S. Cabello, A. Campos, E. Díaz, M. Espinoza, M. Fernández, W. Vásquez, L. Cabrera, R. Godoy, E. Rosales, C. Urteaga, J. Barja, V. Gallardo, E. Gómez, A. Hurtado, C. Micheli, A. Pacheco, E. Durán, N. Luengo, A. Mateluna, E. Parra, A. Rebolledo, H. Araya, N. Pak, S. Avila, P. Camus, E. Miranda & F. San Martín. Evaluación nutricional de una población infanto-juvenil del Area Norte de Santiago. *Pediatría*, 22:227-249, 1979.

3. Lai, M., S. Shimabukuro, N. Wenkam & S. Raman. A nutrient analysis of students' diets in the State of Hawaii. *J. Nutr. Educ.*, **14**:67-70, 1982.
4. Gilbert, L., G. Newell, A. Vaden & A. Dayton. Establishing the need for nutrition education. IV. Evaluation of dietary intakes of elementary school children. *J. Am. Dietet. Assoc.*, **83**:681-686, 1983.
5. Flores, M. Niveles dietéticos de familias y niños según estrato socioeconómico en el área rural de Panamá. *Arch. Latinoamer. Nutr.*, **25**:135-162, 1975.
6. Valverde, V., G. Arroyave & M. Flores. Revisión del aporte calórico y proteínico de las dietas de poblaciones de bajo nivel socioeconómico en Centro América. ¿Existe un problema de proteínas? *Arch. Latinoamer. Nutr.*, **25**:327-349, 1975.
7. Menchú, M.T., M. Y. Lara & M. Flores. Efecto del nivel socioeconómico de la familia sobre la dieta del niño preescolar. *Arch. Latinoamer. Nutr.*, **23**:305-323, 1973.
8. Arroyave, G., M.A. Guzmán & M. Flores. El nivel socioeconómico de la familia y la nutrición en el área rural de Centro América y Panamá. *Arch. Latinoamer. Nutr.*, **26**:47-73, 1976.
9. Aguayo, M. & D. Ivanovic. Políticas Nacionales de Alimentación y Nutrición. En: *Las Proteínas en la Nutrición y en la Industria*. E. Yáñez, A. Valenzuela y P. Oliva (Eds.). Instituto Profesional de Chillán, Universidad de Chile - INTA, 1983, p. 167-183.
10. Ivanović, D., G. Barrera, M.L. Alvarez & S. Muzzo. Influencia del nivel socioeconómico en el estado nutricional de estudiantes egresados de Educación Básica y Media. *Rev. Méd. Chile*, **112**:1165-1171, 1984.
11. Alvarez, M.L., S. Muzzo & D. Ivanović. Escala para medición del nivel socioeconómico en el área de salud. *Rev. Méd. Chile*, **113**:243-249, 1985.
12. Schmidt-Hebbel, H., M. Pennacciotti, L. Masson, M.A. Mella, M.T. Zuccarelli, C. Carrasco, W. Jaña & H. Oliver. *Tabla de Composición Química de Alimentos Chilenos*. 6a. ed. Santiago, Chile, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Básicas y Farmacéuticas, 1979.
13. Gattás, V. & M. Aguayo. *Tabla de Pesos y Medidas Prácticas de Alimentos, Su Equivalencia en Gramos y Aporte Nutritivo*. Santiago, Chile, Universidad de Chile, INTA, 1977.
14. **Necesidades en Energía y en Proteínas**. Informe de un Comité Especial Mixto FAO/OMS de Expertos. Roma, Organización para la Agricultura y la Alimentación de las Naciones Unidas, 1973. (Serie de Informes Técnicos FAO/OMS No. 522).
15. **Necesidades de Vitamina A, Tiamina, Riboflavina y Niacina**. Informe de un Grupo Mixto FAO/OMS de Expertos. Roma, Organización para la Agricultura y la Alimentación de las Naciones Unidas, 1967. (Serie de Informes Técnicos FAO/OMS No. 362).
16. **Necesidades de Acido Ascórbico, Vitamina D, Vitamina B<sub>12</sub>, Folato y Hierro**. Informe de un Grupo Mixto FAO/OMS de Expertos. Roma, Organización para la Agricultura y la Alimentación de las Naciones Unidas, 1970. (Serie de Informes Técnicos FAO/OMS No. 452).
17. **Anemias Nutricionales**. Informe de un Grupo de Expertos de la OMS. Ginebra, Organización Mundial de la Salud, 1972. (Serie de Informes Técnicos No. 503).
18. Guilford, J.P. & B. Fruchter. *Fundamental Statistics in Psychology and Education*. 6th ed. New York, N.Y., McGraw Hill Book Co., Inc., 1978.
19. Windham, C., B. Wyse, R.G. Hansen & R. Hurst. Nutrient density of diets in the USDA Nation-wide Food Consumption Survey, 1977-1978. I. Impact of socioeconomic status on dietary density. *J. Am. Dietet. Assoc.*, **82**:28-34, 1983.

20. Leung, M., D. Yeung, M. Pennell & J. Hall. Dietary intakes of preschoolers. **J. Am. Dietet. Assoc.**, **84**:551-554, 1984.
21. Windham, C., B. Wyse & R.G. Hansen. Nutrient density of diets in the USDA Nation-wide Food Consumption Survey, 1977-1978. II. Adequacy of nutrient density consumption practices. **J. Am. Dietet. Assoc.**, **82**:34-43, 1983.
22. Chao, E.S.M. G.H. Anderson, G.W. Thompson, J.A. Hargreaves & R.D. Peterson. A longitudinal study of the dietary changes of a sample of Ontario children. I. Nutrient and energy intake. **J. Canad. Dietet. Assoc.**, **45**:105-111, 1984.
23. Zacarías, I., M. Aguayo, M. Vásquez, D. Ballester, M.L. Alvarez & D. Ivanović. Hábitos alimentarios de estudiantes que egresan de Educación Básica en el Area Metropolitana de Santiago de Chile. **Rev. Méd. Chile**, **122**:165-173, 1986.
24. Ivanović, D., M.L. Alvarez & I. Trufello. Conocimientos alimentarios y nutricionales de estudiantes que egresan de Educación Básica en el Area Metropolitana de Santiago, Chile. **Arch. Latinoamer. Nutr.**, **36**: 152-165, 1986.

# EFFECT OF DIETARY COLUMBINIC ACID ON THE FATTY ACID COMPOSITION AND PHYSICAL MEMBRANE PROPERTIES OF DIFFERENT TISSUES OF EFA-DEFICIENT RATS

*Elisabet C. Mandon<sup>1</sup>, Irma N.T. de Gómez Dumm<sup>1</sup>  
and Rodolfo R. Brenner<sup>2</sup>*

Instituto de Investigaciones Bioquímicas de La Plata (INIBIOLP),  
CONICET-UNLP  
La Plata, Argentina

## SUMMARY

The effect of columbinic acid (5 trans, 9 cis, 12 cis, octadeca-trienoic acid) supplemented to a fat-free diet on the fatty acid composition and its correlation to the physical properties of several tissues of rats, was studied. The absence of lipids in the diet produced the typical changes in the fatty acid composition characteristic of essential fatty acid (EFA) deficiency, namely a significant increase in the relative percentage of monoenoic fatty acids with a concomitant decrease in linoleic and arachidonic acids and a rise in eicosa-5,8,11-trienoic acid in liver, kidney, lung and spleen homogenates.

Columbinic acid supplemented to a fat-free diet for 24 or 48 hr was incorporated into the different tissues and was partially elongated to 7 trans, 11 cis, 14 cis eicosa-trienoic acid, but it was not desaturated. It modified the fatty acid spectrum of the lipids in the different tissues returning it to a similar composition of non-EFA deficient animals, except for a decrease of linoleic acid. The absence of lipids in the diet produced an increase in the 1-6 diphenyl-1,3,5-hexatriene (DPH) steady-state fluorescence anisotropy ( $r_g$ ) in liver microsomes, that was corrected by the administration of columbinic acid for 24 hr. It is concluded that columbinic acid produced a change in the pattern of total fatty acid composition of the different tissues studied which induced a favorable effect on the physical properties of the liver microsomal membranes ( $r_g$ ), leading to an improvement on the fatty acid deficiency in those mem-

---

Manuscrito modificado recibido: 28-4-86.

<sup>1</sup> Members of the Carrera del Investigador Científico, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de Argentina, Instituto de Investigaciones Bioquímicas de La Plata (INIBIOLP), La Plata, Argentina.

<sup>2</sup> Director of the Instituto de Investigaciones Bioquímicas de La Plata, (INIBIOLP), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Nacional de La Plata (UNLP), Calles 16 y 120 (1900), La Plata, Argentina.

branes. Besides, columbinic acid would also exert a favorable effect in the short term, but not in the long-term eicosanoids production.

## INTRODUCTION

Linoleic acid (18:2 $\omega$ 6) is the dietary precursor of a family of polyunsaturated acids having the same terminal  $\omega$ 6 structure where cis double bonds are alternated with  $-\text{CH}_2-$  groups. The acids of this series which includes arachidonic acid (20:4 $\omega$ 6) are considered the principal essential polyunsaturated fatty acid in mammalian tissues, since animals are unable to synthesize linoleic acid *de novo*. The absence of polyunsaturated fatty acids of this series in the diet leads to an essential fatty acid (EFA) deficiency in young rats, characterized by macroscopical and microscopical symptoms, and biochemical alterations (1-3). Supplementation of the diet with acids of linoleic family return the afore-mentioned parameters towards normality (1,3,4). This effect undoubtedly depends on the specific structure of the fatty acid molecule since other polyunsaturated acids with similar unsaturation but different double bond disposition or trans structure, do not exert the same effect. It is well-known that in animals these acids are important components of phospholipids and cholesterol esters, and then are indispensable in the structure of membranes and lipoproteins. Besides, it has been demonstrated that important physiological functions of polyunsaturated fatty acids of  $\omega$ 6 series are determined by their conversion to eicosanoids: prostaglandins, thromboxanes and leukotrienes.

Linoleic acid is converted by an alternated series of desaturating and elongating reactions to 18:3 $\omega$ 6 ( $\gamma$ -linolenic acid)  $\rightarrow$  20:3 $\omega$ 6 (dihomogamma-linolenic acid)  $\rightarrow$  20:4 $\omega$ 6 (arachidonic acid)  $\rightarrow$  22:4 $\omega$ 6  $\rightarrow$  22:5 $\omega$ 6. Dihomogammalinolenic and arachidonic acids may be converted by cyclooxygenase and lipoxygenase enzymes to eicosanoids. Therefore, on some occasions it has been proposed that probably all or at least the largest part of EFA deficiency symptoms are a consequence of eicosanoids deficiency.

To elucidate this point and to establish if linoleic acid structure *per se* has specific essential functions in animals, it is therefore important to develop an experimental model to test it.

Houtsmüller (5) introduced columbinic acid (5t, 9c, 12c 18:3) to study various functions of essential fatty acids. The most important characteristic of this acid is the  $\Delta$ 5 trans double bond present in addition to the structure of linoleic acid which blocks its  $\Delta$ 6 desaturation and the further conversion to dihomogammalinolenic acid and arachidonic acid. Therefore, it can not be a substrate for eicosanoids synthesis. However, it can be incorporated without any transformation into complex lipids. On the other hand, hydrogenation of the trans double bond of columbinic acid that would convert the fatty acid into linoleic acid, does not occur in rats (5). Columbinic acid supplemented to the diet of EFA-deficient rats improves some physiological and biochemical aspects of the deficiency: e.g. restoration of skin permeability (6), and reduction of hepatic content of fatty acid synthetase (7) as well as microsomal fatty acid  $\Delta$ 9 desaturase (8).

It has been largely suggested that the physical dynamic properties of the membrane lipid matrix can regulate several membrane-associated biological functions (9), such as substrate transport (10-12) or enzyme activities (13-15). Phospholipids are necessary constituents of membranes and their structure and physical properties depend on the fatty acid composition. The unsaturated:saturated fatty acid ratio is considered in many cases as a factor that determines transition temperature and "fluidity" changes of phospholipids (16), and it is known that this ratio is modified by many physiological and pathological agents (17-19).

Taking into account the preceding considerations, this report deals with a study of the fatty acid composition of the homogenate and microsomal fraction of several tissues, and their correlation with the physical properties of microsomal membranes of rats fed a balanced diet, a fat-free diet and a fat-free diet supplemented with columbinic acid.

## MATERIAL AND METHODS

### *Animals and Their Treatment*

The experiments were carried out with 24 male weanling rats of the Wistar strain. Animals were fed *ad libitum* for one month on either a balanced diet consisting of: (in cal) 55<sup>o</sup>/o starch, 20<sup>o</sup>/o casein and 25<sup>o</sup>/o sunflower seed oil (6 animals), or on a fat-free diet comprising 73.4<sup>o</sup>/o starch and 26.6<sup>o</sup>/o defatted casein (18 animals). Both diets were supplemented with 4g<sup>o</sup>/o of minerals and 2g<sup>o</sup>/o of a vitamins mixture (20). Water was also given *ad libitum*. After a month, the rats on the fat-free diet were divided in three groups of six animals each. One group was maintained on the same diet, while in the other groups the diet was supplemented with columbinic acid (1.5g<sup>o</sup>/o) only for 24 or 48 hr. At the end of this time all the rats were sacrificed. The control groups of rats fed the fat-free diet and those receiving the balanced diet, were also sacrificed at the same time.

### *Analytical Procedure*

The rats were killed by decapitation and exsanguinated. Blood was allowed to clot, serum was removed and the fatty acid composition analyzed. Livers, kidneys, lungs and spleens were excised, immediately placed in ice-cold homogenizing medium, and homogenized (21).

The microsomal fraction was obtained from an aliquot of the homogenate of different tissues by differential ultracentrifugation at 4<sup>o</sup>C, as already described (22). The pellet was resuspended in the corresponding homogenizing solution (1:2 v/v) and the protein content measured by the Lowry's technique (23). The lipids of the homogenates, microsomes and serum were extracted with chloroform-methanol (2:1 v/v) following the procedure of Folch, Lees and Sloane-Stanley (24). The fatty acids of lipids were converted to methyl esters and analyzed on a Hewlett-Packard, Model 5840-A, gas liquid chromatograph equipped with a flame ionization detector. The column was packed with 10<sup>o</sup>/o SP 2330 coated on Chromosorb WAW 100-120 mesh, Supelco Inc., Bellefonte, PA, USA. The

oven temperature was programmed from 140 to 220°C at 3°C/min to separate methyl esters ranging from 12 to 22:6 $\omega$ 3. Retention time and peak areas were determined electronically using a Hewlett-Packard Reporting Integrator. Identification of methyl esters was made by comparison with known methyl ester standards.

#### *Steady-State Fluorescence Anisotropy Determinations ( $r_s$ )*

The fluorescence probe 1,6-diphenyl-1,3,5-hexatriene (DPH) was purchased from Aldrich Chemical Co. The fluorescence anisotropy measurements (352 nm excitation - 435 nm emission) were done at 37°C, following the procedure of Shinitzky and Barenholz (25) in an Aminco-Bowman spectrofluorometer equipped with two glan prism polarizers. Light scattering was less than 5% and fluorescence values were corrected correspondingly. The phospholipid:diphenyl-hexatriene ratio was always maintained at more than 200:1 (mol:mol) in order to minimize probe-probe interactions and perturbations of membrane bilayer.

The steady-state fluorescence anisotropy was calculated using the equation:

$$r_s = \frac{I_{||} - G I_{\perp}}{I_{||} + 2 G I_{\perp}}$$

where  $G = I_{hv}/I_{hh}$  is a correction factor arising from instrumental factors;  $I_{hh}$  and  $I_{hv}$  are the fluorescence intensities detected with the excitation polarizer in horizontal position and the analyzer in horizontal or vertical positions, respectively.

Results were calculated as mean  $\pm$  SEM. Statistical analyses were made by the conventional "t" test.

## RESULTS AND DISCUSSION

### *Effect of EFA Deficiency*

The relative percentages of total fatty acids in serum, liver, kidney, lung and spleen of rats fed for a month, either a balanced diet or a fat-free diet are shown in Table 1. In all tissues studied (except serum) the major percentage of non-essential fatty acid was palmitic acid. The higher level of palmitic acid in lung, as compared to other tissues, may reflect the relevance of dipalmitoyl-phosphatidylcholine molecule in this tissue since it is a pulmonary surfactant (26,27) critical for the organ function.

Although it has been described that the contribution of kidney, lung and spleen on the fatty acid synthesis does not exceed 20% of the total fatty acid synthesis in the rat (28), the effect of the absence of polyunsaturated fatty acids in the diet is clearly reflected in the fatty acid composition of all of them. It resulted in a significant increase of mono-unsaturated fatty acids in all the tissues, expressing an increase in  $\Delta^9$  desaturation activity already shown in the livers of rats maintained under this kind of diet (29-31). A significant decrease in dipalmitoyl-phosphatidylcholine was also described in lungs of the EFA-deficient rats (32-34).

The relative percentages of linoleic acid as well as its metabolic product, arachidonic acid, decreased as a consequence of the absence of linoleate in the diet. Nevertheless, as the linoleic acid decrease was larger than that of arachidonic acid, the ratio 20:4 $\omega$ 6/18:2 $\omega$ 6 increased. Oleic acid was converted into eicosa-5,8,11-trienoic acid; this non-essential fatty acid increased significantly in all the tissues analyzed rising the triene:tetraene ratio (20:3 $\omega$ 9/20:4 $\omega$ 6) several folds above the control levels.

#### *Effect of Columbinic Acid*

The effect of the addition of columbinic acid for 24 and 48 hr, to the fat-free diet on the total fatty acid composition of serum, liver, kidney, lung and spleen is shown in Tables 2 and 3. It is clear that the patterns obtained reflect the dietary fatty acid administered. Columbinic acid was rapidly incorporated in all the tissues investigated, but the relative percentages of this acid in kidney, lung and spleen were lower than in liver and serum. The lower percentage incorporation of columbinic acid in those tissues can be the result of different enzyme activity or specificities in these tissues or of a delayed supply. The presence of 22:3 (9t, 13c, 16c) acid in the tissues (Tables 2 and 3) suggests that some of the columbinic acid was further metabolized via chain elongation. Nevertheless, the presence of the  $\Delta$ 5 trans double bond impedes the introduction of double bonds.

The addition of columbinic acid to the diet evoked reduced ratios of 16:1/16:0 and 18:1/18:0 in liver (Table 2) suggesting that columbinic acid in the diet can inhibit the activity of  $\Delta$ 9 desaturase, effect that was also shown in kidney and lung. These conclusions are in accordance with previous results showing that columbinic acid added to the diet produced a decrease of fatty acid synthetase, acetyl-CoA carboxilase (35) and  $\Delta$ 9 desaturase (8). Similarly, the administration of cis-unsaturated acids of the linoleic acid family also produced a deactivation of  $\Delta$ 9 desaturase previously increased by a fat-free diet (29). Columbinic acid not only evoked the afore-mentioned effect on monoenoic acid, but also produced a reduction in the relative percentages of 20:3 $\omega$ 9 in all the tissues studied in this work, suggesting that columbinic acid is able to interrupt the eicosatrienoic acid synthesis. A decrease in 20:3 $\omega$ 9 level was also shown feeding EFA-deficient rats with linoleate, linolenate or arachidonate (36,37). Therefore, columbinic acid seems to be as efficient as polyunsaturated  $\omega$ 6 fatty acids in depressing the level of 20:3 $\omega$ 9.

Columbinic acid induced a decrease on the relative concentration of linoleic acid in all the tissues studied. Since in spite of the trans  $\Delta$ 5 double bond, columbinic acid has a very similar structure to linoleic acid, this effect could be due to the replacement of linoleic acid by columbinic acid in phospholipid molecules. In consequence, the linoleic acid released can be further desaturated and elongated via arachidonic acid. Arachidonic acid would be then released to serum where the relative concentration of this acid was found to increase significantly (Table 2). This statement is agreement with the increase of 20:4 $\omega$ 6/18:2 $\omega$ 6 found in all tissues studied under columbinic acid treatment. Therefore, we may conclude that columbinic acid would produce a release of linoleic acid from depot

TABLE 1

COMPARATIVE FATTY ACID COMPOSITION (PER CENT OF TOTAL FATTY ACIDS) OF SERUM, LIVER, KIDNEY LUNG AND SPLEEN LIPIDS OF RATS FED A FAT-FREE DIET (FFD) AND A BALANCED DIET (BD) FOR A MONTH

Fatty acids	Serum		Liver		Kidney		Lung		Spleen	
	BD	FFD	BD	FFD	BD	FFD	BD	FFD	BD	FFD
14:0	0.4 ± 0.1 <sup>a</sup>	0.9 ± 0.05	0.2 ± 0.05	0.4 ± 0.1	0.7 ± 0.02	1.0 ± 0.1	1.6 ± 0.2	2.6 ± 0.3	0.5 ± 0.03	0.6 ± 0.05
16:0	17.8 ± 0.6	29.8 ± 0.6*	19.1 ± 0.8	21.4 ± 0.5	21.7 ± 0.7	22.0 ± 0.8	29.8 ± 0.8	32.5 ± 0.4	24.2 ± 0.6	23.5 ± 0.8
16:1	1.7 ± 0.1	6.6 ± 0.5*	1.5 ± 0.2	5.7 ± 0.5*	2.6 ± 0.2	7.1 ± 0.5*	4.8 ± 0.6	11.5 ± 0.6*	2.1 ± 0.5	4.6 ± 0.3†
18:0	10.0 ± 0.5	12.4 ± 0.5†	15.0 ± 0.7	13.9 ± 1.0	14.7 ± 0.8	11.0 ± 0.3†	8.2 ± 0.4	6.6 ± 0.3†	12.1 ± 0.6	15.0 ± 0.4†
18:1	18.7 ± 0.3	21.9 ± 1.0	13.6 ± 0.5	21.0 ± 1.1*	15.2 ± 0.6	24.6 ± 0.7*	18.6 ± 0.5	30.0 ± 0.7*	17.4 ± 0.7	27.0 ± 0.8*
18:2	28.1 ± 0.7	7.0 ± 0.3*	15.2 ± 0.6	7.8 ± 0.4*	14.2 ± 0.7	6.9 ± 0.6*	15.9 ± 0.6	2.8 ± 0.4*	15.3 ± 0.2	3.9 ± 0.6*
20:3ω9	0.9 ± 0.1	7.8 ± 0.5*	1.0 ± 0.1	5.8 ± 0.3*	0.8 ± 0.1	2.9 ± 0.4*	0.5 ± 0.08	2.1 ± 0.2*	1.4 ± 0.3	3.8 ± 0.5†
20:3ω6	0.9 ± 0.2	1.3 ± 0.2	1.0 ± 0.3	1.4 ± 0.1	1.1 ± 0.4	1.2 ± 0.1	0.9 ± 0.5	0.8 ± 0.4	1.0 ± 0.4	1.3 ± 0.2
20:4ω6	21.6 ± 0.8	12.3 ± 0.4*	24.7 ± 0.8	14.9 ± 0.9*	23.4 ± 0.9	17.0 ± 0.8†	10.8 ± 0.6	6.8 ± 0.3*	18.3 ± 0.5	11.9 ± 0.6*
22:4ω6	---	---	2.0 ± 0.2	1.2 ± 0.2	2.4 ± 0.3	2.0 ± 0.2	3.3 ± 0.4	1.6 ± 0.5	4.2 ± 0.3	3.6 ± 0.5
22:5ω6	---	---	3.6 ± 0.3	2.9 ± 0.1	2.1 ± 0.5	3.0 ± 0.6	2.8 ± 0.1	2.0 ± 0.6	1.6 ± 0.4	1.8 ± 0.6
22:5ω3	---	---	0.6 ± 0.1	0.6 ± 0.04	0.3 ± 0.1	tr	1.2 ± 0.2	tr	1.0 ± 0.2	1.4 ± 0.4
22:8ω3	---	---	2.8 ± 0.1	3.0 ± 0.2	0.8 ± 0.2	1.3 ± 0.1	1.6 ± 0.3	0.8 ± 0.1	0.9 ± 0.1	1.6 ± 0.3
16:1/16:0	---	---	0.08	0.27	0.11	0.32	0.16	0.35	0.09	0.20
18:1/18:0	---	---	0.91	1.51	1.03	2.23	2.27	4.55	1.44	1.80
20:4ω6/ 18:2	---	---	1.62	1.91	1.61	2.46	0.68	2.43	1.20	3.05
20:3ω9/ 20:4ω6	---	---	0.04	0.39	0.03	0.17	0.05	0.31	0.08	0.32

<sup>a</sup> Results are the mean of 6 rats ± 1 SEM. † p < 0.01 compared to the balanced diet. \* p < 0.001 compared to the balanced diet.

TABLE 2

COMPARATIVE FATTY ACID COMPOSITION (PER CENT OF TOTAL FATTY ACIDS) OF SERUM, LIVER, KIDNEY, LUNG AND SPLEEN LIPIDS OF RATS FED A FAT-FREE DIET (FFD) AND THE SAME DIET SUPPLEMENTED WITH COLUMBINIC ACID FOR 24 AND 48 Hr

Fatty acids	Serum			Liver			Kidney		
	FFD	FFD+Columb. 24 hr	FFD+Columb. 48 hr	FFD	FFD+Columb. 24 hr	FFD+Columb. 48 hr	FFD	FFD+Columb. 24 hr	FFD +Columb. 48 hr
14:0	0.9 ± 0.05 <sup>a</sup>	0.8 ± 0.1	0.7 ± 0.1	0.4 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.3 ± 0.1	1.0 ± 0.2	1.1 ± 0.3	0.7 ± 0.3
16:0	29.8 ± 0.6	22.5 ± 0.6*	22.2 ± 0.5*	21.4 ± 0.5	19.5 ± 0.2†	19.4 ± 0.6	22.0 ± 0.8	22.5 ± 0.6	21.5 ± 0.4
16:1	6.6 ± 0.5	4.8 ± 0.5	4.3 ± 0.4†	5.7 ± 0.5	4.0 ± 0.3	3.7 ± 0.2†	7.1 ± 0.5	5.7 ± 0.3	5.0 ± 0.6
18:0	12.4 ± 0.5	12.4 ± 0.5	13.0 ± 0.2	13.9 ± 1.0	15.1 ± 0.5	15.2 ± 0.9	11.0 ± 0.2	11.0 ± 0.4	11.0 ± 0.3
18:1	21.9 ± 1.0	17.5 ± 0.5†	15.5 ± 0.6*	21.0 ± 1.1	17.4 ± 0.9	16.5 ± 0.9†	24.6 ± 0.7	22.8 ± 0.7	22.0 ± 0.4†
18:2 ω6	7.0 ± 0.3	3.0 ± 0.3	3.2 ± 0.3*	7.8 ± 0.4	4.0 ± 0.1	3.5 ± 0.2*	6.9 ± 0.6	5.3 ± 0.4	5.1 ± 0.2
18:3 Columb.	—	13.4 ± 0.3	15.6 ± 0.6	—	9.4 ± 0.4	10.1 ± 0.5	—	2.3 ± 0.2	4.7 ± 0.5
20:3 ω9	7.8 ± 0.5	3.0 ± 0.2*	3.5 ± 0.1*	5.8 ± 0.3	3.1 ± 0.2*	2.3 ± 0.2*	2.9 ± 0.4	2.3 ± 0.5	2.0 ± 0.3
20:3 ω6+(7t, 11c, 14c) 20:3	1.3 ± 0.2	2.6 ± 0.1*	2.7 ± 0.2*	1.4 ± 0.1	1.4 ± 0.1*	1.2 ± 0.2*	1.2 ± 0.1	1.4 ± 0.3	1.5 ± 0.5
20:4 ω6	12.3 ± 0.4	20.0 ± 0.5	19.3 ± 0.4	14.9 ± 0.9	15.8 ± 0.5	15.1 ± 0.6	17.0 ± 0.8	16.5 ± 0.6	16.5 ± 0.4
(9t, 13c, 16c)22:3	—	—	—	—	1.6 ± 0.1	2.2 ± 0.2	—	1.4 ± 0.3	2.3 ± 0.2
22:4 ω6	—	—	—	1.2 ± 0.2	1.4 ± 0.1	2.0 ± 0.2	2.0 ± 0.2	2.1 ± 0.4	2.4 ± 0.1
22:5 ω6	—	—	—	2.9 ± 0.1	3.0 ± 0.1	4.0 ± 0.4	3.0 ± 0.6	2.5 ± 0.2	2.9 ± 0.3
22:5 ω6	—	—	—	0.6 ± 0.04	0.6 ± 0.1	0.9 ± 0.2	tr	1.0 ± 0.6	tr
22:6 ω3	—	—	—	3.0 ± 0.2	3.4 ± 0.1	3.6 ± 0.5	1.3 ± 0.1	2.1 ± 0.3	2.4 ± 0.6
16:1/16:0	—	—	—	0.27	0.20	0.19	0.32	0.25	0.23
18:1/18:0	—	—	—	1.51	1.15	1.08	2.13	2.07	2.00
20:4/18:2	—	—	—	1.91	4.02	4.31	2.46	3.11	3.23

a Results are the mean of 6 rats ± 1 SEM. † p < 0.01 compared to the fat-free diet. \* p < 0.001 compared to the fat-free diet.

TABLE 3

COMPARATIVE FATTY ACID COMPOSITION (PER CENT OF TOTAL FATTY ACIDS) OF LUNG AND SPLEEN LIPIDS OF RATS FED A FAT-FREE DIET AND THE SAME DIET SUPPLEMENTED WITH COLUMBINIC ACID FOR 24 hr AND 48 hr

Fatty acids	Lung			Spleen		
	FFD	FFD + Columb. 24 hr	FFD + Columb. 48 hr	FFD	FFD + Columb. 24 hr	FFD + Columb. 48 hr
14:0	2.6 ± 0.3	1.9 ± 0.2	2.2 ± 0.4	0.6 ± 0.05	0.7 ± 0.1	0.7 ± 0.05
16:0	32.5 ± 0.4	33.0 ± 0.4	33.5 ± 0.5	23.5 ± 0.8	23.5 ± 0.5	25.0 ± 0.7
16:1	11.5 ± 0.6	9.5 ± 0.7	9.0 ± 0.1†	4.6 ± 0.3	4.4 ± 0.3	4.5 ± 0.4
18:0	6.6 ± 0.3	8.5 ± 0.3†	9.8 ± 0.2*	15.0 ± 0.4	10.2 ± 0.6*	8.5 ± 0.6*
18:1	30.0 ± 0.7	21.0 ± 0.2*	20.0 ± 0.6*	27.0 ± 0.8	21.0 ± 0.3*	23.5 ± 0.6†
18:2ω6	2.8 ± 0.4	2.3 ± 0.4	3.1 ± 0.4	3.9 ± 0.6	2.9 ± 0.4	2.6 ± 0.5
18:3 Columb.	—	—	1.8 ± 0.2	—	1.2 ± 0.1	1.8 ± 0.3
20:3ω9	2.1 ± 0.2	1.7 ± 0.2	1.4 ± 0.4	3.8 ± 0.5	2.5 ± 0.4	2.4 ± 0.2
20:3ω6 + (7t, 11c, 14c)	0.8 ± 0.4	1.2 ± 0.3	1.3 ± 0.2	1.3 ± 0.2	1.5 ± 0.2	1.3 ± 0.1
20:3	—	—	—	—	—	—
20:4	6.8 ± 0.3	10.0 ± 0.2*	10.2 ± 0.3*	11.9 ± 0.6	18.0 ± 0.6*	16.6 ± 0.5*
(9t, 13c, 16c)	—	1.8 ± 0.4	2.0 ± 0.5	—	2.5 ± 0.2	2.7 ± 0.3
22:3	—	—	—	—	—	—
22:4ω6	1.5 ± 0.5	3.8 ± 0.4	2.6 ± 0.3	3.6 ± 0.5	4.4 ± 0.5	2.8 ± 0.4
22:5ω6	2.0 ± 0.6	2.7 ± 0.5	0.6 ± 0.1	1.8 ± 0.6	3.4 ± 0.3	3.7 ± 0.5
22:5ω3	tr	1.0 ± 0.2	1.0 ± 0.3	1.4 ± 0.4	1.5 ± 0.2	1.6 ± 0.2
22:6ω3	0.8 ± 0.1	1.6 ± 0.4	1.5 ± 0.4	1.6 ± 0.3	2.3 ± 0.1	2.3 ± 0.4
16:1/16:0	0.35	0.29	0.27	0.20	0.19	0.24
18:1/18:0	4.54	2.47	2.04	1.92	2.06	2.76
20:4/18:2	2.43	3.33	3.29	3.05	6.21	5.77
20:3ω9/20:4ω6	0.31	0.17	0.14	0.32	0.14	0.16

a. Results are the mean of 6 rats ± 1 SEM. † p < 0.01 compared to the fat-free diet.

\* p < 0.001 compared to the fat-free diet.

evoking a new supply of substrate for eicosanoids biosynthesis that would persist until the total consumption of linoleic acid. On the other hand, Elliot *et al.* (38) have recently shown that columbinic acid can be a substrate for cyclooxygenase and lipoxygenase. The products principally formed were hydroxiderivative not cyclized structures. The topical application of the lipoxygenase product to paws of EFA-deficient rats produced a resolution of the scaly dermatitis similar to that induced by columbinic acid itself.

#### *Effect on Microsomal Membrane Dynamics*

The effect of the different diets on the fluorescence anisotropy of DPH microsomal membranes is shown in Table 4. The fat-free diet produced an increase in the DPH steady-state fluorescence anisotropy in liver microsomes indicated by a decrease in the rotational mobility of the probe in the membrane lipid phase, as compared to the microsomes obtained from animals maintained on a balanced diet. The previously mentioned effect of the fat-free diet on the membrane dynamics was corrected after the administration of columbinic acid during 24 hr.

The different diets did not produce any modifications in the rotational mobility of the probe in the membrane lipid phase in lung or kidney.

In connection with these results obtained by fluorescence measurements in the rats fed a fat-free diet, it is important to remark that liver

TABLE 4

VARIATION OF FLUORESCENCE ANISOTROPY ( $r_s$ ) of 1,6-DIPHENYL-  
HEXATRIENE (DPH) BY DIFFERENT DIETS IN MICROSOMAL MEMBRANES  
OF KIDNEY, LIVER AND LUNG

Tissue	Diet	$r_s$
Kidney	BD	$0.187 \pm 0.001^a$
	FFD	$0.184 \pm 0.0006$
	FFD + Columbinic 24 hr	$0.186 \pm 0.0005$
Liver	BD	$0.114 \pm 0.0005$ $P < 0.001$
	FFD	$0.124 \pm 0.0009$ $P < 0.001$
	FFD + Columbinic 24 hr	$0.109 \pm 0.003$
Lung	BD	$0.189 \pm 0.0005$
	FFD	$0.182 \pm 0.0004$
	FFD + Columbinic 24 hr	$0.186 \pm 0.0003$

<sup>a</sup> Results are the mean of 6 rats  $\pm$  1 SEM.

microsome composition showed typical changes of EFA deficiency (Table 5), namely an increase in the levels of monoenoic acids and 20:3  $\omega$ 9, concomitantly with a decrease of linoleic and arachidonic acids. These changes altered the unsaturated:saturated fatty acid ratio from 5.13 to 3.68, value that increased to 4.92 when the animals were fed with columbinic acid.

If the relative proportion of unsaturated to saturated fatty acids could be one of the factors that control the fluidity of lipids (39), the increase

TABLE 5

COMPARATIVE FATTY ACID COMPOSITION OF LIVER MICROSOME LIPIDS OF RATS FED A BALANCED DIET, A FAT-FREE DIET AND A FAT-FREE DIET SUPPLEMENTED WITH COLUMBINIC ACID FOR 24 hr

Fatty acid	Balanced diet o/o	Fat-free diet o/o	Fat-free diet supplemented with columbinic acid o/o
14:0	0.2 ± 0.04 <sup>a</sup>	0.5 ± 0.04	0.3 ± 0.03
16:0	18.5 ± 0.5	22.4 ± 0.4	18.2 ± 0.3
16:1	1.2 ± 0.2	5.5 ± 0.5	2.8 ± 0.1*
18:0	16.0 ± 0.5	14.8 ± 0.9	16.8 ± 0.7
18:1	12.2 ± 0.3	21.1 ± 0.9	14.8 ± 0.7*
18:2 $\omega$ 6	13.8 ± 0.8	6.9 ± 0.3	3.7 ± 0.1*
18:3 (5t 9c 12c)	—	—	10.9 ± 0.6*
$\gamma$ -18:3	0.4 ± 0.1	0.5 ± 0.1	tr
20:3 $\omega$ 9	0.9 ± 0.05	5.0 ± 0.2	3.1 ± 0.2*
20:3 $\omega$ 6	1.3 ± 0.1	1.7 ± 0.4	
20:3 (7t 11a 14c)	—	—	1.5 ± 0.2
20:4 $\omega$ 6	26.1 ± 0.5	14.4 ± 0.6	17.0 ± 0.04
22:3 (9t 13c 16c)	—	—	1.7 ± 0.2
22:4 $\omega$ 6	1.8 ± 0.2	0.8 ± 0.1	1.0 ± 0.1
22:5 $\omega$ 6	3.9 ± 0.3	2.8 ± 0.1	3.3 ± 0.1
22:5 $\omega$ 3	0.8 ± 0.1	0.6 ± 0.1	0.8 ± 0.1
22:6 $\omega$ 3	2.9 ± 0.3	3.0 ± 0.2	4.1 ± 0.2
20:3 $\omega$ 9/20:4 $\omega$ 6	0.03	0.35	0.18
20:4 $\omega$ 6/18:2 $\omega$ 6	1.89	2.09	4.59
OBI/SFA <sup>b</sup>	5.13	3.68	4.92

a Results are the mean of 6 rats ± 1 SEM.

b 
$$\frac{\text{Double bond index}}{\text{Saturated fatty acid}} = \frac{\sum (\text{number unsaturated mol} \times \text{number double bonds})}{\sum \text{number saturated mol}}$$

\* p < 0.01 compared to the fat-free diet.

in the  $r_s$  observed in the liver microsomes of rats fed a fat-free diet could be attributed to a fall on the unsaturated:saturated fatty acid ratio. In this respect, it is important to state that the administration of columbinic acid returns the dynamic properties of the liver membranes towards the values obtained in the animals fed a balanced diet, in correspondence with an increase of the unsaturated:saturated fatty acid ratio.

### CONCLUSIONS

The results obtained in the present experiment clearly show that, as already known, the absence of lipids in the diet produces typical changes in the fatty acid composition, not only in the liver but also in kidney, lung and spleen, which are characteristics of EFA deficiency. Columbinic acid supplemented to a fat-free diet is rapidly incorporated into the different tissues displacing linoleic acid due to its similar structure, and permitting the conversion of the released linoleic acid to arachidonic acid. Therefore, it produces a partial return of the pattern of total fatty acid composition to normality. This effect, however, may be only effective in arachidonic acid production and eicosanoids biosynthesis until linoleic acid depot becomes exhausted, since columbinic acid is not converted to arachidonic acid.

Notwithstanding columbinic acid would apparently replace linoleic acid in EFA deficiency in membrane structures in a beneficial way, since it not only improves the skin permeability defect and the scaly dermatitis produced by EFA deficiency (4,5,38) but it also leads to a recovery of the dynamic properties ( $r_s$ ) of membrane lipid bilayers.

It is not easy to deduce if the inhibitory effect produced by columbinic acid on  $\Delta^9$  desaturation and oleic, palmitic and eicosa-5,8,11-trienoic acid (20:3 $\omega$ 9) biosynthesis is either beneficial or not. In EFA deficiency when arachidonic acid is not synthesized because of the absence of substrate (linoleic acid), the increase of oleic acid compensates the decrease of unsaturated acid (linoleic acid) in membranes and 20:3 $\omega$ 9 occupies the place of arachidonic acid in phospholipids. Therefore, although 20:3 $\omega$ 9 is not converted to eicosanoids, oleic and 20:3 $\omega$ 9 acids, it would favor membrane fluidity maintenance.

### ACKNOWLEDGEMENTS

This study was supported by grants from CIC and CONICET, Argentina. Columbinic acid was kindly provided as a gift by Dr. U.M.T. Houtsmüller, The Netherlands.

## RESUMEN

**EFFECTO DEL ACIDO COLUMBINICO ALIMENTARIO EN LA COMPOSICION DE ACIDOS GRASOS, Y PROPIEDADES FISICAS DE MEMBRANAS DE DIFERENTES TEJIDOS DE RATAS DEFICIENTES EN ACIDOS GRASOS ESENCIALES (AGE)**

Se estudió el efecto del agregado de ácido columbínico (5 trans, 9 cis, 12 cis octadeca-trienoico) a una dieta libre de grasas sobre la composición de ácidos grasos de distintos tejidos de rata, y estos datos se correlacionaron con las propiedades físicas de dichos tejidos. La ausencia de lípidos en la dieta produjo cambios en la composición de ácidos grasos que son característicos de la deficiencia de ácidos grasos esenciales (AGE). Se observó un incremento significativo del porcentaje relativo de ácidos grasos monoenoicos acompañado de una disminución de los ácidos linoleico y araquidónico y un aumento del ácido eicosa-5,8,11-trienoico en los homogenatos de hígado, riñón, pulmón y bazo.

El ácido columbínico agregado a una dieta libre de grasas durante 24 ó 48 horas se incorporó en los distintos tejidos, elongándose parcialmente al ácido eicosa-7 trans, 11 cis, 14 cis-trienoico, pero sin ser desaturado. El ácido columbínico modificó el perfil de composición de ácidos grasos de los lípidos en los distintos tejidos, de manera tal que su porcentaje de distribución fue similar al observado en los animales no deficientes en AGE, excepto por el descenso del ácido linoleico. La ausencia de lípidos en la dieta produjo un incremento en la anisotropía de fluorescencia determinada con excitación continua ( $r_g$ ) del 1,6-difenil-1,3,5-hexatrieno (DPH) en microsomas hepáticos, que se corrigió con la administración de ácido columbínico durante 24 hr.

Se concluye que el ácido columbínico produjo un efecto favorable de corto alcance sobre las propiedades físicas de la membrana microsomal hepática ( $r_g$ ) atribuible a las modificaciones en la composición de ácidos grasos. El ácido columbínico, por lo tanto, induciría también un efecto favorable a corto plazo sobre la producción de eicosanos, pero no así a largo plazo.

## BIBLIOGRAPHY

1. Holman R.T. Essential fatty acid deficiency. In: **Progress in the Chemistry of Fats and Other Lipids**. R.T. Holman (Ed.). Vol 9. Oxford, Pergamon Press, 1968, p. 279-348.
2. Mead, J.F. The non-eicosanoid functions of the essential fatty acids. **J. Lipid Res.**, 25: 1517-1521, 1984.
3. Hansen, H.S. & B. Jensen. Urinary prostaglandin E<sub>2</sub> and vasopressin excretion in essential fatty acid-deficient rats. Effect of linolenic acid supplementation. **Lipids**, 18: 682-690, 1983.
4. Hassam, A.G., J.P.W. Rivers & M.A. Crawford. Metabolism of gamma-linolenic acid in essential fatty acid-deficient rats. **J.Nutr.**, 107: 519-524, 1977.
5. Houtsmüller, U.M.T. Columbionic acid, a new type of essential fatty acid. In: **Progress in Lipid Research**. R.T. Holman (Ed.). Vol. 20. Oxford, Pergamon Press, 1981, p. 889-896.
6. Houtsmüller, U.M.T. & A. Van der Beek. Effects of topical application of fatty acids. In: **Progress in Lipid Research**. R.T. Holman (Ed.). Vol. 20. Oxford, Pergamon Press, 1981, p. 219-228.

7. Schwartz, R.S. & S. Abraham. Effect of dietary polyunsaturated fatty acids on the activity and content of fatty acid synthetase in mouse liver. *Biochim. Biophys. Acta*, **711**: 316-326, 1982.
8. Alaniz, M.J.T. de, I.N.T. de Gómez Dumm & R.R. Brenner. Effect of different acids with  $\Delta 9,12$  dienoic structure on  $\Delta 9$  desaturation activity in rat liver microsomes. *Lipids* (in press).
9. Sandermann, H. Regulation of membrane enzymes by lipids. *Biochim. Biophys. Acta*, **515**: 209-237, 1978.
10. Thilo, L., H. Trauble & P. Overath. Mechanistic interpretation of the influence of lipid phase transitions on transport functions. *Biochemistry*, **16**: 1283-1290, 1977.
11. Yuli, I., W. Wilbrandt, & M. Shinitzky. Glucose transport through cell membranes of modified lipid fluidity. *Biochemistry*, **20**: 4250-4256, 1981.
12. Yuli, I., S. Incerpi, P. Luly & M. Shinitzky. Insulin stimulation of glucosa and aminoacid transport in mouse fibroblasts with elevated membrane microviscosity. *Experientia*, **38**: 1114-1115, 1982.
13. Sinensky, M., K.D. Minneman & P.B. Molinoff. Increased membrane acyl chain ordering activates adenylate cyclase. *J.Biol.Chem.*, **254**: 9135-9141, 1979.
14. Scheel, H.G., E. Acevedo, E. Conzelmann, H. Nehrhorn & K. Sandhoff. Membranes isolated from calf brain. *Eur. J. Biochem.*, **127**: 245-253, 1982.
15. Castuma, C.E. & R.R. Brenner. Effect of fatty acid deficiency on microsomal membrane fluidity and cooperativity of the UDP-glucuronyl transferase. *Biochim. Biophys. Acta*, **729**: 9-16, 1983.
16. Brenner, R.R. Effect of unsaturated acids on membrane structure and enzyme kinetics. In: *Progress in Lipid Research*. R.T. Holman (Ed.). Vol. 23, Oxford, Pergamon Press, 1984, p. 69-96.
17. Actis Dato, S.M., A. Catalá & R.R. Brenner. Circadian rhythm of fatty acid desaturation in mouse liver. *Lipids*, **8**: 1-6, 1973.
18. Peluffo, R.O., A.M. Nervi & R.R. Brenner. Linoleic acid desaturation activity of liver microsomes of essential fatty acid deficient and sufficient rats. *Biochim. Biophys. Acta*, **441**: 25-31, 1976.
19. Holloway, C.T. & S.A. Garfield. Effect of diabetes and insulin replacement on the lipid properties of hepatic smooth endoplasmic reticulum. *Lipids*, **16**: 525-532, 1981.
20. Peluffo, R.O., R.R. Brenner & O. Mercuri. Action of linoleic and arachidonic acids upon the eicosatrienoic acid level in rat heart and liver. *J.Nutr.*, **81**: 110-116, 1963.
21. Castuma, J.C., A. Catalá & R.R. Brenner. Oxidative desaturation of eicosa-8,11-dienoic acid to eicosa-5,8,11-trienoic acid: Comparison of different diets on oxidative desaturation at the 5,6 and 6,7 positions. *J.Lipid Res.*, **13**: 783-789, 1972.
22. Brenner, R.R., H. Garda & H. Pezzano. The structure of rat microsomal membrane studied by electron spin resonance and Arrhenius curves of glucose-6-phosphate. *Anal.Asoc. Quím. Arg.*, **69**: 37-53, 1980.
23. Lowry, O.H., N.J. Rosebrough, A.L. Farr & R.J. Randall. Protein determination with the Folin phenol reagent. *J.Biol.Chem.*, **193**: 265-275, 1951.
24. Folch, J., M. Lees & G.H. Sloane-Stanley. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J.Biol.Chem.*, **226**: 497-509, 1957.
25. Shinitzky, M. & Y. Barenholz. Fluidity parameters of lipids regions determined by fluorescence polarization. *Biochim. Biophys. Acta*, **515**: 367-394, 1978.

26. Montfoort, A., L.M.G. Van Golde & L.L.M. Van Deenen. Molecular species of lecithins from various animal tissues. *Biochim.Biophys.Acta*, **231**: 335-342, 1971.
27. Fujiwara, T., F.H. Adams, S. Sipos & A. El-Salawy. "Alveolar" and whole lung phospholipids of the developing fetal lamb lung. *Am.J.Physiol.*, **215**: 375-382, 1968.
28. Gandemer, G., G. Durand & G. Pascal. Relative contribution of the man tissues and organs to body fatty acid synthesis in the rat. *Lipids*, **18**: 223-228, 1983.
29. Gómez Dumm, I.N.T. de, R.O. Peluffo, M.J.T. de Alaniz & R.R. Brenner. Role of specific fatty acids administered in the diet on rat liver microsomal  $\Delta 9$  and  $\Delta 6$  desaturation activity. *Anal.Asoc.Quím.Arg.*, **70**: 383-393, 1982.
30. Paulsrud, J.R., S.E. Stewart, G. Graff & R.T. Holman. Desaturation of saturated fatty acids by rat liver microsomes. *Lipids*, **5**: 611-616, 1970.
31. Jeffcoat, R. & A.T. James. Interrelationship between the dietary regulation of fatty acid synthetase and the fatty acyl CoA desaturases. *Lipids*, **12**: 469-474, 1977.
32. Kyriakides, E.C., D.A. Beeler, R.H. Edmonds & J.A. Balint. Alterations in phosphatidylcholine species and their reversal in pulmonary surfactant during essential fatty acid deficiency. *Biochim.Biophys.Acta*, **431**: 399-407, 1976.
33. Nakamura, M., T. Kawamoto & T. Akino. Dietary regulation of dipalmitoyl phosphatidylcholine in the lung. Effects of essential fatty acid deficiency. *Biochim.Biophys.Acta*, **620**: 24-36, 1980.
34. Alam, S.Q. & B.S. Alam. Lung surfactant and fatty acid composition of lung tissue and lavage of rats fed diets containing different lipids. *Lipids*, **19**: 38-43, 1984.
35. Abraham, S., L.A. Hillyard, C.Y. Lin & R.S. Schwartz. Effect of specific dietary fatty acids on lipogenesis in the livers and mammary glands of lactating mice. *Lipids*, **18**: 820-829, 1983.
36. Gómez Dumm, I.N.T. de, M.J.T. de Alaniz & R.R. Brenner. Effect of dietary fatty acids on  $\Delta 5$  desaturase activity and biosynthesis of arachidonic acid in rat liver microsomes. *Lipids*, **18**: 781-788, 1983.
37. Mohrhauer, H. & R.T. Holman. The effect of dose level of essential fatty acids upon fatty acid composition of the rat liver. *J. Lipid. Res.*, **4**: 151-159, 1963.
38. Elliott, W.J., A.R. Morrison, H.W. Sprecher & P. Needleman. The metabolic transformations of columbinic acid and the effect of topical application of the major metabolites on rat skin. *J.Biol.Chem.*, **260**: 987-992, 1985.
39. Stubbs, C.D. & A.D. Smith. The modification of mammalian membrane polyunsaturated fatty acid composition in relation to membrane fluidity and function. *Biochim.Biophys.Acta*, **779**: 89-137, 1984.

# EFFECTO DE LA CALIDAD Y CANTIDAD DE PROTEINA DIETARIA EN LA TASA DE DEPLECION DE VITAMINA A, Y DISPONIBILIDAD BIOLOGICA DE PRECURSORES DE VITAMINA A<sup>1</sup>

Arlene Wolzak<sup>2</sup> y Ricardo Bressani<sup>3</sup>

Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP),  
Guatemala, Guatemala, C.A.

## RESUMEN

Se evaluó el efecto de la calidad y cantidad de proteína dietética sobre la tasa de depleción de vitamina A, a través de cambios en los niveles séricos y en las reservas hepáticas de retinol en ratas adultas de ambos sexos, de la raza Wistar. Un total de 64 ratas fueron distribuidas en cuatro grupos, las que fueron alimentadas *ad libitum* con dietas adecuadas en todos los nutrientes, salvo en vitamina A. Las dietas fueron: A (91<sup>o</sup>/o de maíz común); B (91<sup>o</sup>/o de maíz Opaco-2); C (64<sup>o</sup>/o maíz común más 27<sup>o</sup>/o de harina precocida de frijol), y D (64<sup>o</sup>/o maíz Opaco-2, más 27<sup>o</sup>/o de harina de frijol).

El período de depleción duró 60 días. A los 15, 30 y 60 días se sacrificaron cuatro ratas de cada grupo para comparar la concentración del retinol sérico y hepático con el dato basal. Las 16 ratas restantes se utilizaron para evaluar la biodisponibilidad de los carotenos en la zanahoria.

Durante los primeros 15 días, la mayor tasa de depleción en las reservas hepáticas se observó con la dieta a base de maíz Opaco-2 y frijol (Dieta D) que, a su vez, mostró la mayor ganancia de peso. La menor tasa de depleción y menor ganancia ponderal se observó con la dieta a base de maíz común (Dieta A). Las dietas B (Opaco 2-

---

Manuscrito modificado recibido: 16-4-86.

1 Este trabajo fue financiado por el Programa INC-NUT-370/PN/85/CA - Bean/Cowpea CRSP-Título XII.

2 Graduada del Curso de Postgrado en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Centro de Estudios Superiores en Nutrición y Ciencias de Alimentos (CESNA), Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia/INCAP, Guatemala, C.A., agosto de 1980.

3 Coordinador de Investigación y Jefe de la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), Apartado Postal 1188, Guatemala, Guatemala, C.A.

maíz) y C indujeron valores intermedios, siendo la primera más efectiva que la segunda, a pesar de su menor contenido proteínico. A partir de los 30 días se produjeron cambios en las reservas hepáticas en función de dietas, y al final del periodo de depleción todas las dietas produjeron valores estadísticamente iguales.

A partir de los resultados obtenidos, concluimos que la concentración y calidad proteínica de la dieta influyen positivamente la movilización de reservas hepáticas de retinol, y que la calidad proteínica influye independientemente la cantidad de retinol movilizado.

La capacidad biológica de la harina de zanahoria en suplir vitamina A fue evaluada en 16 ratas adultas que habían sido depletadas durante 60 días. Se alimentaron *ad libitum* tres grupos de cuatro ratas cada uno, con dietas que contenían 14% de caseína, adicionadas de 25, 50 y 75% del requerimiento de retinol para la rata, con miras a elaborar la curva estándar de respuesta biológica.

El cuarto grupo se alimentó con una dieta análoga, pero en este caso la harina de zanahoria (67.1 mg % de caroteno total) era la fuente de vitamina A.

Al cabo de una semana, las ratas fueron sacrificadas, y se determinó en ellas el retinol sérico y hepático. La ecuación de regresión obtenida fue:

$$\text{mg \% retinol hepático por 100 g de peso de rata} = 2.47 + 0.063 (\mu \text{ retinol/ 100 g de dieta}) \quad (r = 0.585).$$

La disponibilidad biológica de carotenos en la harina de zanahoria sometida a ensayo fue de 21.8%, valor comparable a la eficiencia de utilización sugerida por FAO/OMS.

## INTRODUCCION

La deficiencia de vitamina A constituye uno de los principales problemas nutricionales en las poblaciones centroamericanas y, en general, en todos los países en desarrollo (1). Esta situación es contradictoria si se considera la amplia variedad de fuentes potenciales de precursores de vitamina A disponibles.

La influencia de diferentes niveles de caseína en la utilización de beta-caroteno fue evaluada por Jaganathan y Patwardhan (2). Las reservas hepáticas de vitamina A a partir de beta-caroteno fueron mínimas en ratas alimentadas con dietas que contenían 6% de proteína y máximas en las que recibieron la dieta con 12% de dicho nutriente.

Ruffin y Arnrich (3) y Stoecker y Arnrich (4) observaron que una mayor ingesta proteínica aumenta la utilización de caroteno pero no la de vitamina A preformada, presentes en la dieta, y que las reservas hepáticas y renales aumentaban al incrementarse el nivel de proteína en la dieta de 10 a 40%.

Gronowoska-Senger y Wolf (5) demostraron que la actividad máxima de la enzima caroteno dioxigenasa, responsable de la conversión del caroteno a retinol, ocurría cuando la ingesta proteínica a base de caseína era del 10%, y menor a ingestas de 5, 20 y 40%.

Kamath y Arnrich (6) confirmaron que la proteína ejerce efecto en el metabolismo carotenóide en la etapa en que éstos se encuentran en el intestino. Sin embargo, dichos autores informaron una mayor recuperación de ésteres de <sup>14</sup>C retinilo en animales alimentados con 40% que

con 100/o de proteína en la dieta.

En el curso de un estudio, Fraps y Meinke (7) encontraron que la absorción de caroteno de zanahoria variaba aproximadamente de 2 a 490/o del total presente.

Otro estudio efectuado en humanos por el Medical Research Council (8) reveló que el porcentaje de absorción de carotenos, o bien de aquellos que no eran excretados, fluctuaba entre 740/o en el caso de aceite de maní y 560/o en el caso de zanahorias homogenizadas y enlatadas, y a un 250/o en zanahorias en rodajas. El factor que complica la absorción es que las células que contienen el caroteno no son degradadas del todo durante la absorción.

Considerando la influencia que el tamaño de la partícula ejerce en la absorción de carotenos, Sweeney y Marsh (9) evaluaron la magnitud de reservas hepáticas y renales en ratas como indicadores de la disponibilidad del caroteno según su contenido en zanahorias sometidas a diferentes tratamientos destinados a reducir el tamaño de la partícula. Estos resultados se compararon con la absorción de beta-caroteno (all-trans) disuelto en aceite de semilla de algodón. Los hallazgos indicaron que la disponibilidad del caroteno que contenía la zanahoria era igual a la del caroteno disuelto en aceite, lo que indica que la ruptura de las células vegetales no aumentó la disponibilidad del caroteno. Estos autores notaron, además, que cuando la tasa de crecimiento en el período de ensayo se restringía disminuyendo la ingesta de alimentos, las reservas hepáticas de vitamina A ascendían.

El estudio tema de este artículo tuvo como objetivo principal, evaluar el efecto de la cantidad y calidad de la proteína dietaria, proveniente de alimentos típicos en la dieta centroamericana, sobre la tasa de depleción de vitamina A en comparación con dietas a base de caseína. El segundo objetivo fue medir a través de un método biológico, la capacidad de la zanahoria en cuanto a suplir vitamina A, ya que se considera de importancia el desarrollo de ensayos que midan la disponibilidad biológica de los precursores de vitamina A.

## MATERIAL Y METODOS

### 1. Tasa de Depleción de Vitamina A

#### a) Animales de experimentación

Se utilizaron 68 ratas en crecimiento de la raza Wistar, de ambos sexos y de aproximadamente 35 días de edad. Cuatro de ellas fueron sacrificadas al inicio del estudio para obtener datos basales referentes a su estado nutricional de vitamina A.

Las 64 ratas restantes fueron distribuidas según sexo y peso en cuatro grupos de 16 cada uno (integrados por 8 machos y 8 hembras). Los grupos presentaban un promedio ponderal inicial de aproximadamente 102 g. Las ratas fueron alojadas en jaulas de metal, y se les ofreció agua y alimento *ad libitum* durante todo el estudio.

#### b) Dietas

La composición de las dietas experimentales y su contenido proteínico

total determinado por el método de Kjeldahl (10), se muestran en la Tabla 1. El maíz utilizado fue el blanco almidonado conocido como salpor, que no contiene carotenos.

Las dietas fueron preparadas en utensilios perfectamente limpios y lavados con alcohol para evitar posible contaminación con vitamina A de dietas anteriormente preparadas en ellos.

### *c) Respuesta biológica*

Los cambios ponderales y consumo de alimentos fueron registrados semanalmente.

La depleción se realizó por un período de 60 días. A los 15, 30 y 60 días de iniciada la depleción, cuatro ratas de cada grupo (dos hembras y dos machos) fueron sacrificadas cada vez por decapitación para obtener muestras de sangre y para extirpar el hígado, con lo que se determinaron los cambios en niveles séricos y reservas hepáticas de retinol a lo largo de la depleción. A los 60 días y debido al tamaño de los animales, éstos fueron anestesiados con cloroformo durante 20 segundos, previo al sacrificio.

Las muestras se almacenaron a  $-4^{\circ}\text{C}$  por un período máximo de 15 días hasta su análisis. Las determinaciones de retinol sérico y hepático se llevaron a cabo por el método de Bessey y colaboradores (13). Las muestras de hígado fueron homogeneizadas con solución salina al 0.85% utilizando el homogeneizador de Potter-Elvehjem.

El período de depleción se finalizó con cuatro ratas (2 hembras y 2 machos) en cada grupo, las cuales fueron utilizadas en la evaluación de la disponibilidad biológica de precursores de vitamina A en zanahoria.

## *2. Disponibilidad Biológica de Precursores de Vitamina A*

### *a) Animales de experimentación*

Como se indica en la sección anterior, se emplearon 16 ratas de ambos sexos de 95 días de edad y depletadas de vitamina A. Los valores de retinol sérico y de reservas hepáticas que produjeron las diferentes dietas al finalizar el período de depleción, no fueron significativamente diferentes entre sí, por lo que se consideró a las 16 ratas como un lote homogéneo en relación a su estado nutricional de la vitamina en mención.

Los animales fueron distribuidos en cuatro grupos, dentro de los cuales se consideró una rata proveniente de cada una de las dietas experimentales provistas en el período de depleción.

Durante el ensayo, las ratas ingerían las dietas con vitamina A, y al final de la depleción se sacrificaron por decapitación para obtener la muestra de sangre y el hígado total. El suero y el hígado se conservaron en congelación hasta el momento de su análisis.

### *b) Alimento ensayo, fuente de vitamina A*

La disponibilidad biológica de los carotenos en harina de zanahoria, molida en un tamiz de 100 mallas (mesh 100), se obtuvo de la siguiente manera. Las zanahorias frescas, peladas y rodajadas se secaron en horno

TABLA 1

## COMPOSICION Y CONTENIDO PROTEINICO TOTAL DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES

Ingredientes	Dietas			
	A	B	C	D
Harina de maíz salpor <sup>1</sup>	91.0	—	64.0	—
Harina de maíz opaco-2	—	91.0	—	64.0
Harina de frijol	—	—	27.0	27.0
Minerales (11)	4.0	4.0	4.0	4.0
Aceite de semilla de algodón	5.0	5.0	5.0	5.0
<b>TOTAL</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>
Solución de vitaminas del complejo B, ml (12)	5	5	5	5
Proteína total, %	6.43	9.36	10.73	11.80

1 Maíz blanco almidonado.

con circulación de aire, a 60°C, y posteriormente fueron molidas. Su contenido de carotenos fue cuantificado (10), obteniéndose un valor de 67.1 mg de caroteno por 100 de harina.

### c) Dietas

Tres de los grupos experimentales ingirieron, durante una semana, dietas a base de caseína (% proteína por dieta: 14%) que aportaban 25, 50 y 75% del requerimiento de retinol para ratas. Este se estimó en 0.6µ de retinol/kg de dieta (14). El retinol fue adicionado como palmitato de retinilo en solución acuosa. La actividad del éster determinada experimentalmente fue de 229,551 UI de vitamina A. El cuarto grupo de ratas fue alimentado, en el mismo período, con una dieta a base de caseína, cuya fuente de vitamina A era la harina de zanahoria. La composición de las dietas y la asignación a los respectivos grupos experimentales se indica en la Tabla 2.

### d) Respuesta biológica

La respuesta biológica fue evaluada en función de reserva hepática y retinol sérico después de una semana de repleción.

Los valores de reserva hepática por 100 g de peso de rata se graficaron contra el contenido de retinol por 1,000 g de dieta. La respuesta a la dieta de ensayo fue extrapolada de la gráfica obtenida, y con este dato se calculó la disponibilidad de caroteno como precursor de vitamina A.

TABLA 2

## COMPOSICION DE LAS DIETAS SUPLEMENTADAS CON VITAMINA A

Componentes	Ratas asignadas a grupo experimental No.			
	I	II	III	IV
Caseína, g	144	144	144	144
Almidón, g	766	766	766	764.9
Minerales, g (11)	40	40	40	40
Aceite de semilla de algodón, ml	50	50	50	50
Harina de zanahoria, g <sup>2</sup>	—	—	—	1.1
Solución de vitaminas del complejo B, ml (12)	50	50	50	50
Retinol, $\mu\text{g}^3$	150	300	450	—
Retinol agregado, $^{\circ}/o$ del requerimiento	25	50	75	—

- 1 Cantidad suficiente para 1,000 gramos de dieta.
- 2 Calculada para dar una respuesta biológica capaz de ser extrapolada de la curva estándar.
- 3 Adicionado en solución acuosa, como palmitato de retinilo.

## RESULTADOS

Los datos basales del estado nutricional de vitamina A de los animales experimentales se muestran en la Tabla 3.

1. *Reservas Hepáticas*a) *Microgramos de retinol/g de hígado*

En los tres períodos de depleción, con todas las dietas, se obtuvo valores inferiores significativamente diferentes con respecto al dato inicial. A los 30 días, todas las dietas (A,B,C,D) producen menores niveles hepáticos pero que no difieren significativamente de valor a los 15 días de depleción. En cambio, las reservas hepáticas/g de tejido a los 60 días sí difieren del nivel obtenido a los 15 y 30 días, salvo en el caso de la dieta D de 30 días.

Los bajos niveles producidos a los 15 días por todas las dietas no difirieron significativamente entre sí. A los 30 días, la dieta A produjo valores más altos y diferentes a los de las dietas C, B y D, pero entre sí estos últimos no fueron diferentes. A los 60 días la depleción máxima fue producida por la dieta C ( $0.92 \pm 0.27 \mu$  retinol/g de hígado) y la depleción mínima ocurrió con la dieta A ( $2.25 \pm 1 \mu\text{g}$  retinol/g de hígado). Si se observan los valores individuales, se puede comprobar que en los animales que ingirieron la dieta D, los niveles de retinol virtualmente han desaparecido.

TABLA 3

RESERVAS HEPATICAS Y RETINOL SERICO DURANTE EL PROCESO DE DEPLECION

Dieta	Período	Reservas hepáticas <sup>1</sup>			Retinol sérico <sup>1</sup> µg/ml
		µg/g hígado	Total µg	µg/100 rata	
—	0	37.9 ± 4.33	157.2 ± 19.63	143.3 ± 15.21	44.8 ± 3.60
A	15	14.6 ± 2.94	70.6 ± 19.22	63.3 ± 16.70	42.0 ± 3.02
	30	20.1 ± 2.88	86.3 ± 11.51	66.9 ± 11.30	42.1 ± 1.96
	60	2.2 ± 1.11	11.1 ± 5.56	7.3 ± 3.50	24.7 ± 8.10
B	15	12.8 ± 4.32	69.0 ± 23.40	46.2 ± 15.66	30.6 ± 2.23
	30	11.3 ± 2.88	65.3 ± 15.93	39.1 ± 9.96	28.5 ± 7.89
	60	1.9 ± 1.36	11.2 ± 2.04	5.3 ± 0.94	20.1 ± 5.72
C	15	15.4 ± 1.64	82.4 ± 13.22	55.5 ± 5.44	54.7 ± 9.45
	30	13.0 ± 1.90	96.5 ± 15.20	46.8 ± 6.59	62.5 ± 7.53
	60	0.9 ± 0.27	7.1 ± 2.12	3.1 ± 1.08	11.2 ± 3.42
D	15	10.0 ± 2.12	61.2 ± 20.10	38.1 ± 8.78	38.3 ± 2.41
	30	7.7 ± 1.00	55.3 ± 9.00	27.4 ± 3.96	74.2 ± 3.37
	60	2.1 ± 1.35	13.1 ± 8.17	6.4 ± 4.12	16.7 ± 3.02

1 Promedio ± ES.

Sin embargo, el análisis estadístico no detectó diferencias significativas entre los niveles producidos por todas las dietas en este período final de depleción, pues la diferencia mínima requerida era de 6.685.

*b) Microgramos de retinol en hígado total*

Para este conjunto de datos la diferencia significativa resultó ser 40.13; según ello todas las dietas en cualquier período de depleción, fueron significativamente diferentes con respecto al dato inicial. Al analizar los datos obtenidos dentro de cada dieta es factible deducir que en todas las dietas la reserva hepática más baja producida a los 60 días de depleción, difiere significativamente del valor obtenido a los 15 y a los 30 días, pero los valores entre los dos períodos de depleción no acusan diferencias.

Al comparar todas las dietas entre sí, a los 15 días, ninguno de los valores obtenidos son diferentes; a los 30 días sólo los datos de las dietas C y D difieren entre sí, pero ninguno de éstos es diferente del valor correspondiente para A o B.

*c) Microgramos de retinol/100 de peso por rata*

Los resultados obtenidos con todas las dietas en los diferentes períodos de depleción, son significativamente menores con respecto al valor inicial, a un nivel ( $P < 0.001$ ). La diferencia mínima requerida era de 26.74.

Dentro de cada dieta, a los 60 días de depleción se habían producido valores menores y diferentes de los obtenidos a los 15 y 30 días con las dietas A, B y C. A los 15 y 30 días, estos resultados no son diferentes entre sí. Para la dieta D la concentración de retinol a los 60 días sólo difiere del nivel a los 15 días, mas no se observó diferencia significativa a los 15 días comparado con el valor a los 30 días, ni entre 30 y 60 días de depleción.

La comparación entre dietas permite deducir que la depleción producida por la dieta D fue mayor que aquélla originada por las dietas A, B o C las que a su vez fueron diferentes entre sí. No obstante, la disminución de las reservas hepáticas a los 30 días para cada dieta fue mayor que la producida por la dieta A, pero sin diferir de aquélla producida por las dietas B y C.

En el segundo período de depleción las dietas B y C originaron una mayor disminución que la dieta A, pero la B y C no difirieron entre sí. A los 60 días la reducción en las reservas producidas por cada una de las cuatro dietas no reveló diferencias de significado estadístico entre sí.

## *2. Niveles Séricos de Retinol*

De acuerdo a la diferencia mínima significativa, 15.2, la dieta A rindió resultados menores y diferentes con relación al dato inicial sólo a los 60 días de depleción, durante el cual la concentración de retinol se había reducido a un 55% del nivel inicial. No hubo diferencia a los 15 días, y a los 30 el nivel de retinol permanecía prácticamente igual.

Los valores obtenidos con la dieta B a los 15 días no difieren significativamente del valor inicial, pero a los 30 y 60 días, las concentraciones

sí eran significativamente menores que el dato basal. Los niveles obtenidos a los 30 días no fueron diferentes de los observados a los 15 días, pero entre los valores de 15 y 60 días sí se observó una diferencia significativa.

La dieta C ejerció un efecto contrario al provocado por las dos dietas anteriores, ya que produjo incrementos séricos, tanto a los 15 como a los 30 días. En cambio, a los 60 días hubo reducción en el nivel, hasta un 25<sup>o</sup>/o con relación al dato basal. El incremento en cuestión sólo fue significativo a los 30 días del experimento; igualmente, la reducción en el último período de depleción fue significativamente diferente de los valores obtenidos en los dos períodos anteriores.

Siguiendo un patrón similar al de la dieta C, la dieta D originó a los 15 días una disminución no significativa. El retinol sérico a los 30 días se encontró aumentado en forma significativa en 66<sup>o</sup>/o por encima del valor inicial. A los 60 días la disminución fue brusca, y el nivel sérico fue equivalente a un 37<sup>o</sup>/o del valor inicial.

La comparación entre dietas para cada período de depleción indica que, a los 15 días, el aumento en el nivel sérico de retinol, originado por la dieta C, difirió significativamente del valor inicial y que, en cambio, el valor que indica el descenso en la concentración con la dieta D, no difirió significativamente al del dato basal. Los valores para las dietas A y B no difirieron entre sí al compararlos con los valores de las dietas C y D.

Los niveles obtenidos con las dietas A y B a los 30 días fueron menores y diferentes que los de las dietas C y D, mas no hubo diferencia significativa entre los valores de las dietas A y B, ni entre los de las C y D.

Ninguna de las dietas sometidas a ensayo produjo niveles diferentes entre sí a los 60 días de depleción.

### 3. *Consumo de Alimento*

Los patrones de consumo de alimento mostraron características propias según la dieta en cuestión (Tabla 4). Para la dieta A se observó un aumento gradual en el consumo, haciéndose relativamente constante a partir de los 30 días. En cambio para las dietas B, C y D se observó un aumento de ingesta hasta los 30 días, el cual se mantuvo prácticamente constante hasta los 45 días, después de lo cual el consumo de alimento descendió.

Los niveles de consumo para la dieta A (maíz blanco salpor), fueron siempre menores que para las otras dietas experimentales, mientras que para la dieta D (maíz Opaco más frijol) se registró un mayor consumo.

Las cantidades consumidas de las dietas B y C acusaron valores intermedios, pero más cercanos a los valores de la dieta D.

### 4. *Ganancia Ponderal*

El peso de las ratas que ingirieron la dieta A reveló un aumento progresivo pequeño hasta los 45 días, a partir de los cuales hubo un descenso en la ganancia ponderal (Tabla 4). Para las dietas B, C y D se observó un incremento ponderal pronunciado durante los primeros 15 días. De los 15 a los 30 días, las dietas B y D produjeron incrementos menores, mientras que la dieta C produjo un aumento en peso similar al del primer período. De los 30 a 45 días y de los 45 a 60 días los incrementos en peso fueron

TABLA 4  
VALORES PROMEDIO DE CONSUMO DE ALIMENTO, GANANCIA PONDERAL Y EFICIENCIA DE ALIMENTO  
DURANTE LA DEPLECION

Dieta	Período	Consumo de alimento, g <sup>1</sup>	Ganancia ponderal, g <sup>1</sup>	Eficiencia de alimento promedio <sup>2</sup>
A Maíz común	0 - 15	149.6 ± 7.4 <sup>3</sup>	5.8 ± 1.3	26.02
	15 - 30	160.6 ± 7.1	12.5 ± 0.9	12.85
	30 - 45	173.9 ± 4.9	13.9 ± 1.7	12.53
	45 - 60	175.8 ± 4.1	9.9 ± 0.7	17.79
	0 - 60	660.7 ± 10.8	43.2 ± 2.5	15.28
B - Maíz opaco-2	0 - 15	222.9 ± 5.8	36.9 ± 3.9	6.04
	15 - 30	237.4 ± 7.0	34.0 ± 3.7	6.98
	30 - 45	246.0 ± 10.4	32.5 ± 3.3	7.57
	45 - 60	231.2 ± 1.9	18.6 ± 2.7	12.41
	0 - 60	936.4 ± 25.7	124.2 ± 7.7	7.53
C Maíz común + frijol	0 - 15	211.8 ± 10.6	42.3 ± 3.4	5.01
	15 - 30	243.4 ± 13.8	41.8 ± 4.1	5.83
	30 - 45	242.3 ± 15.9	30.4 ± 4.2	7.97
	45 - 60	230.8 ± 15.0	16.4 ± 2.9	14.08
	0 - 60	928.1 ± 52.0	130.8 ± 12.4	7.10
D Maíz 0-2 + frijol	0 - 15	232.0 ± 9.7	47.3 ± 3.4	4.91
	15 - 30	253.9 ± 9.7	41.6 ± 5.6	6.10
	30 - 45	251.8 ± 13.2	30.9 ± 4.3	8.15
	45 - 60	244.9 ± 13.7	21.6 ± 4.7	11.32
	0 - 60	982.5 ± 33.5	141.4 ± 14.4	6.94

1 Media ± error estándar.

2 Eficiencia de alimento promedio =  $\frac{\text{Consumo de alimento promedio, g}}{\text{Ganancia ponderal promedio, g}}$

3 Datos promedio para 4 ratas de cada grupo.

menores que los anteriores para las tres dietas (B,C,D).

Durante los primeros quince días la ganancia ponderal fue mayor para la dieta D, seguida de C, B y A, respectivamente. En el transcurso de las dos semanas siguientes, el crecimiento producido por C y D fue similar, siendo mayor que el producido por las dietas B y A. De 30 a 45 días después del inicio, el crecimiento observado para las dietas B, C y D fue esencialmente el mismo, y mayor que para A. Entre los 45 y 60 días, las dietas D y A produjeron incrementos mayor y menor, respectivamente, mientras que las dietas B y C mostraron valores intermedios.

#### 5. *Eficiencia de Alimento*

Las mayores eficiencias de alimento, exceptuando la dieta A, ocurrieron durante las primeras cuatro semanas del ensayo (Tabla 4). La dieta A acusó una eficiencia mínima durante los primeros 15 días, pero mantuvo una eficiencia mayor y constante en las cuatro semanas siguientes, con un nuevo descenso de la eficiencia hacia los últimos 15 días del estudio.

Las dietas B, C y D disminuyeron su eficiencia de los 30 a los 60 días. Esta reducción fue gradual, pero mucho mayor en los 45 a 60 días que entre los 30 y 45 días.

En general, la eficiencia de las dietas B, C y D —evaluada en función de consumo promedio e incremento en peso durante los 60 días del estudio— fue similar y mayor que la de la dieta A.

#### 6. *Evaluación de la Disponibilidad Biológica de Precursores de Vitamina A*

El lote homogéneo de las ratas depletadas tenía los valores promedio siguientes: retinol sérico,  $\mu\text{g}/100$  ml suero 18.2

retinol hepático,  $\mu\text{g}/100$  de peso de rata 5.5

Los resultados individuales obtenidos después de la semana de repleción se exponen en la Tabla 5, y el informe de los valores promedio en la Tabla 6.

La ecuación de regresión de la respuesta biológica al contenido de retinol por 1,000 g de dieta fue:  $\mu\text{g}/100$  g de peso de rata =  $2.47 + 0.063$  ( $\mu\text{g}$  retinol/1,000 g dieta) ( $r = 0.585$ ).

La actividad de la dieta ensayo obtenida por extrapolación demostró ser de  $163.97 \mu\text{g}$  por 1,000 g de dieta.

El contenido de caroteno por kg de dieta se calculó a partir de la cantidad de zanahoria empleada y su porcentaje de caroteno. El valor así obtenido fue de  $751.1 \mu\text{g}$  de beta-caroteno por kg de dieta.

Finalmente, se calculó el porcentaje de disponibilidad biológica del caroteno de la harina de zanahoria sometida a ensayo, siendo ésta de 21.80/o.

### DISCUSION

La incidencia de xeroftalmia en los países en desarrollo es la causa más importante de la ceguera en niños (1). En Indonesia, el 80% de casos de Kwashiorkor se acompaña de xeroftalmia, siendo probable que la defi-

TABLA 5  
DATOS INDIVIDUALES DURANTE EL PERIODO DE REPLECION (1 semana)

Dieta <sup>1</sup>		No. - Sexo	Peso g	Peso de hígado, g	Reserva hepática			Retinol sérico g/dl	Ganancia de peso, g	Consumo de alimentos g
Ant.	Act.				g/g	total, g	g/100g rata			
A	I	1 - M	193	7.22	3.77	27.21	14.60	28.79	35	121
B	I	2 - F	215	6.27	4.50	28.22	13.13	36.85	7	105
C	I	3 - M	296	11.57	1.94	22.51	7.60	66.21	16	138
D	I	4 - F	220	8.91	1.87	16.72	7.60	22.45	5	110
B	II	1 - M	217	9.04	4.14	37.47	15.61	52.97	23	122
C	II	2 - F	212	9.75	8.35	81.40	35.86	16.12	15	123
D	II	3 - M	160	10.02	3.47	34.81	11.64	38.00	39	140
A	II	4 - M	151	7.07	8.80	62.22	32.40	40.30	41	109
C	III	1 - M	230	8.70	3.90	33.98	14.78	36.85	21	112
D	III	2 - F	198	7.23	13.94	100.81	50.90	20.73	3	100
A	III	3 - F	139	5.75	8.36	48.06	34.58	34.54	23	94
B	III	4 - M	257	9.40	4.85	45.61	17.75	13.82	21	110
D	IV	1 - M	330	13.72	1.73	23.72	7.19	26.48	20	136
A	IV	2 - F	155	5.35	4.28	22.90	14.77	27.64	24	94
B	IV	3 - F	227	8.66	3.28	28.37	12.50	28.79	-5	102
C	IV	4 - F	185	6.16	4.91		16.42	17.27	5	99

1 Ant = Dieta anterior a repleción.  
Act = Dieta usada para la repleción.

TABLA 6

VALORES PROMEDIO<sup>1</sup> PARA EL PERIODO DE REPLECION

Dieta	Reservas hepáticas			Retinol sérico μg/dl	Consumo de alimento g	Ganancia ponderal g	Eficiencia de alimento <sup>2</sup>
	μg/g	Total, μg	μg/100 g rata				
I	3.02 ± 0.06	23.7 ± 2.63	10.7 ± 1.8	38.6 ± 9.67	118.5 ± 7.3	15.8 ± 6.9	7.5
II	6.19 ± 1.39	54.0 ± 11.0	23.9 ± 6.02	36.9 ± 7.65	123.5 ± 6.4	29.5 ± 6.29	4.2
III	7.76 ± 2.27	57.1 ± 14.9	29.5 ± 8.36	26.5 ± 5.52	104.0 ± 4.2	17.0 ± 4.69	6.12
IV	3.55 ± 0.69	26.3 ± 1.8	12.8 ± 2.01	25.1 ± 2.63	107.8 ± 9.6	11.0 ± 6.72	9.8

1 Media ± error estándar.

2 Eficiencia de alimento promedio =  $\frac{\text{Consumo de alimento promedio, g}}{\text{Ganancia ponderal promedio, g}}$

ciencia proteínica induzca cambios en la pared intestinal con la consiguiente depresión de enzimas digestivas que disminuyen el nivel de absorción de la vitamina A o de sus precursores. En otros casos, cuando el Kwashiorkor no se acompaña de xeroftalmia, el tratamiento de la desnutrición con dietas buenas en lo que se refiere a calidad y cantidad proteínica pero sin suplemento adicional de vitamina A, precipita la xeroftalmia. Consecuentemente, McLaren (15) ha recomendado que a todos los niños desnutridos se les administren dosis de vitamina A, adicional a su dieta de repleción proteínica.

Gopalan y Venkatachalam (16) han demostrado la correlación que existe entre el metabolismo de proteína y de vitamina A en niños desnutridos sometidos a tratamientos de recuperación proteínica con restricción de vitamina A. Dichos investigadores observaron que la ingesta de proteína de buena calidad producía incrementos en los niveles séricos de retinol. En el presente estudio se detectó un efecto análogo en el caso de las dietas de mayor concentración proteínica, siendo éstas la C y la D, a base de maíz salpor más frijol y maíz Opaco-2 más frijol, respectivamente. No se observó un efecto similar por calidad proteínica ya que la dieta B a base de maíz Opaco-2, produjo una mayor disminución en los niveles séricos que aquella producida por la dieta de maíz salpor, a pesar de su mejor calidad proteínica. No obstante, debe tenerse en cuenta que los niveles séricos de retinol no se consideran como un buen indicador de la concentración tisular de vitamina A (17). Las reservas hepáticas se consideran el mejor indicador del estado nutricional de vitamina A y de la capacidad potencial del organismo para hacer frente a una ingesta inadecuada de este nutriente.

A los 15 días de experimentación, la dieta D produjo la máxima tasa de depleción en las reservas hepáticas, aunada a una mayor ganancia ponderal, y a un mayor consumo de alimento por las ratas que ingerían esta dieta. En ese mismo período, se observó la menor tasa de depleción así como la menor ganancia ponderal y consumo de alimento con la dieta A, a base de maíz salpor. Estas observaciones concuerdan con los hallazgos de McLaren (15), quien sugirió que las reservas hepáticas son utilizadas más lentamente en animales cuyo crecimiento está restringido por ingestas bajas de proteína.

El efecto de calidad proteínica en la utilización de reservas hepáticas se aprecia al comparar las tasas de depleción producidas por las dietas B y C. El porcentaje de proteína de la dieta B fue de 9.36% (preparada a base de maíz Opaco-2) y el de la dieta C (maíz salpor más frijol) de 10.73%. La dieta B produjo una mayor tasa de depleción a pesar de tener un menor contenido de proteína que la dieta C. Esto permitiría que el efecto de la mayor utilización de reservas hepáticas se debiera a las diferencias en calidad proteínica dietaria. Lo anterior se corrobora al comparar las tasas de depleción producidas por las dietas A (maíz salpor) y B (maíz Opaco-2), siendo mayor la producida por esta última, cuya calidad proteínica es de reconocida superioridad (18).

Se observó una tasa de depleción similar para los 45 días restantes del experimento con las dietas B, C y D. Sin embargo, la dieta A, mostró un aumento de reservas hepáticas a los 30 días en relación al valor obtenido a los 15 días. Este aparente aumento se explica por una concentración del retinol hepático, debido al menor crecimiento de los animales (Tabla 3).

El grado de depleción es también dependiente del tiempo de ingesta de las dietas libres de vitamina A. Se pudo apreciar diferencias en las reservas hasta los 30 días, mientras que todas las dietas produjeron valores finales que no diferían significativamente entre sí.

Los datos de eficiencia de alimento (Tabla 3) y de contenido proteínico permiten suponer que la dieta B es de mejor calidad que la dieta C, puesto que ambas muestran una eficiencia de alimento similar a pesar de que el contenido de proteína de la B es aproximadamente 130/o menor que el de la C. Ello corrobora el efecto de calidad en las tasas de depleción de las reservas hepáticas.

Los resultados obtenidos señalan, pues, la importancia que tienen la cantidad y calidad de la proteína dietética en el estado nutricional de vitamina A, utilizando para ello los componentes básicos de las dietas de las poblaciones centroamericanas.

Estos hallazgos, a nuestro juicio, son de gran trascendencia, ya que indican que toda mejora nutricional de la dieta, como sería, por ejemplo, la introducción de variedades mejoradas de maíz (mejor calidad y mayor cantidad de proteína), o bien el cambio en la proporción de maíz/frijol dietario hacia la combinación óptima de valor nutritivo proteínico, no puede limitarse a un nutriente de la dieta, como sucede en este caso con la proteína. Para lograr un verdadero impacto habrá que tener en cuenta las interacciones con otros nutrientes como minerales y particularmente en este caso, vitaminas.

El presente estudio confirma investigaciones anteriores en relación a la disponibilidad biológica de caroteno como precursor de vitamina A (4, 9). Fraps y Meinke (7) encontraron que la absorción de caroteno de zanahoria en ratas variaba de 2 a 490/o. En humanos se ha informado una variación de 24 a 740/o según su procedencia (8). FAO/OMS (19) establece que la eficiencia de beta-caroteno como fuente de vitamina A es de un sexto, pero esto incluye el margen de seguridad por variabilidad individual.

Se concluye que en vista de la importancia que las verduras pueden tener como fuentes de precursoras de vitamina A y de la gran variabilidad en su biodisponibilidad, se hace necesario desarrollar condiciones experimentales óptimas, tanto en lo que se refiere a las condiciones físicas del alimento en prueba, como en la composición de la dieta y en el estado nutricional de los animales de experimentación.

#### SUMMARY

##### EFFECT OF QUANTITY AND QUALITY OF DIETARY PROTEIN ON VITAMIN A DEPLETION RATE, AND BIOLOGICAL AVAILABILITY OF VITAMIN A PRECURSORS

The effect of quantity and quality of protein from cereal and legume sources on the rate of vitamin A depletion was evaluated through changes in retinol serum levels and liver stores in male and female Wistar strain rats. A total of 64 animals were distributed into four groups and fed *ad libitum* with diets adequate in all nutrients, except vitamin A. The protein in the diets was derived from 910/o common maize (Diet A); 910/o Opaque-2 maize (Diet B), 640/o common maize plus 270/o precooked

common black bean flour (Diet C), and 64% Opaque-2 maize with 27% bean flour (Diet D).

The total depletion period lasted 60 days and four rats per group were sacrificed at 15, 30 and 60 days. A total of 4 animals were sacrificed at 0 day to count with a basal serum and hepatic retinol concentration value. The 16 depleted remaining rats were used for the carotene bioavailability study with dehydrated carrots.

During the first 15 days the greater rate of depletion was observed in animals fed the highest protein quality diet made from Opaque-2 maize and beans (Diet D), which also caused the greatest weight increase. The least depletion rate and lowest weight gain was obtained with the common corn diet (Diet A). Diets B and C caused intermediate depletion rates, with Diet B (Opaque-2 maize) being more effective than Diet C in spite of its lower protein content. At the end of 60 days all groups presented depletion levels not statistically different. Thus, these results confirm that protein quantity and quality from basic staple foods influence mobilization of retinol liver reserves.

The 16 remaining depleted rats were then divided into four groups and fed a standard 14% casein diet to which 25, 50 and 75% of the retinol requirements was added to obtain a reference standard biological response. The fourth group was fed with an amount of dehydrated and ground carrot containing 67.1 mg % of total carotenoids. After seven days, serum and hepatic retinol were obtained, from which a regression equation of liver retinol to diet retinol was calculated ( $\mu\text{g } \% \text{ liver retinol per } 100 \text{ g of rat} = 2.47 + 0.063 (\mu\text{g retinol/g diet})$  ( $r = 0.585$ ). From this equation the bioavailability of carrot carotenoids was established with a value of 21.8% comparable to the FAO/WHO value previously reported.

#### BIBLIOGRAFIA

1. IVACG. **The Symptoms and Signs of Vitamin A Deficiency and their Relationship to Applied Nutrition; a Report of the International Vitamin A Consultative Group (IVACG).** New York, The Nutrition Foundation, Inc., International, 1981.
2. Jaganathan, S. N. & V. N. Patwardhan. Dietary protein in vitamin A metabolism. I. Influence of level of dietary protein on the utilization of orally fed preformed vitamin A and  $\beta$ -carotene in the rat. **Ind. J. Med. Res.**, 48:775-784, 1960.
3. Ruffin, M. P. & L. Arnrich. The effect of different feeding patterns on carotene protein interrelationship. **Fed. Proc.**, 25:546, 1966.
4. Stoecker, B. & L. Arnrich. Patterns of protein feeding and the biosynthesis of vitamin A from carotene in rats. **J. Nutr.**, 103: 1112-1118, 1973.
5. Gronowoska-Senger, A & G. Wolf. Effect of dietary protein on the enzyme from rat and human intestine which converts  $\beta$ -carotene to retinal. **J. Nutr.**, 100: 300-308, 1970.
6. Kamath, S. K. & L. Arnrich. Effect of dietary protein on the intestinal biosynthesis of retinol from 14 C beta-carotene in rats. **J. Nutr.**, 103: 202-206. 1973.
7. Fraps, G. S. & W. W. Meinke. Digestibility by rats of  $\beta$  and neo- $\beta$ -carotenes in vegetables. **Arch. Biochem.**, 6: 323-327, 1945.
8. Medical Research Council Special Report. **Vitamin A Requirement of Human Adults, an Experimental Study of Vitamin A Deprivation in Man. A Report of Vitamin A Sub-committee of the Accessory Food Factors Committee.** London. His Majesty's Stationery Office, 1949, p. 145 (Spe. Rep. Ser. Med. Res. Coun. No. 2641).

9. Sweeney, J. P. & A. C. March. Liver storage of vitamin A by rats fed carrots in various forms. *J. Nutr.*, **104**: 1115-1120, 1974.
10. Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis of the AOAC**. 11th ed. William Horwitz (Ed.). Washington, D. C., The Association, 1970, 1094 p.
11. Hegsted, D. M., R. C. Mills, C. A. Elvehjem & E. B. Hart. Choline in the nutrition of chicks. *J. Biol. Chem.*, **138**: 459-466, 1941.
12. Manna, L. & S. M. Hauge. A possible relationship of vitamin B<sub>13</sub> to orotic acid. *J. Biol. Chem.*, **202**: 91-96, 1953.
13. Bessey, O. A., O. H. Lowry, M. J. Brock, & J. A. Lopez. The determination of vitamin A and carotene in small quantities of blood serum. *J. Biol. Chem.*, **166**: 177-188, 1946.
14. National Research Council, Committee on Animal Nutrition. Nutrient Requirements of Laboratory Animals; 2nd rev. ed. Washington, D. C., National Academy of Science, 1972. (Nutrient Requirements of Domestic Animals, cat, guinea pig, hamster, monkey, mouse, rat, No. 10).
15. MacLaren, D. S. Influence of protein deficiency and sex on the development of ocular lesions and survival time of the vitamin A deficient rat. *Brit. J. Ophthalm.*, **43**: 234-241, 1954.
16. Gopalan, C. & P. S. Venkatachalam. Studies of vitamin A deficiency in children. *Am. J. Clin. Nutr.*, **8**: 833-840, 1960.
17. High, E. G. Studies on absorption, deposition and depletion of vitamin A in rats. *Arch. Biochem.*, **49**: 19-29, 1954.
18. Bressani, R. La calidad proteica del maíz con gen Opaco-2. *Turrialba*, **18**(1): 8-13, 1968.
19. World Health Organization. **Requirements of Vitamin A, Thiamine, Riboflavin and Niacin. Report of a Joint FAO/WHO Expert Group**. Geneva, WHO, 1967 (WHO Tech. Rep. Ser., No. 362).

## EFFECTOS TOXICOLÓGICOS PRODUCIDOS POR LA INGESTA CRÓNICA DE ACEITES VEGETALES BROMADOS<sup>1</sup>

*Claudio Bernal<sup>2</sup>, María Z. Basílico<sup>2</sup> y Yolanda B. Lombardo<sup>2,3</sup>*

Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas  
Universidad Nacional del Litoral,  
Santa Fe, Argentina

### RESUMEN

Se estudiaron las alteraciones de parámetros lipídicos a nivel tisular y plasmático en un grupo de ratas macho de la cepa Wistar, alimentadas con una dieta normal de laboratorio suplementada con aceites vegetales-oliva, girasol-bromados (0.1 g/100 g de dieta), durante 15 semanas, comparando los resultados obtenidos con un grupo control. El primer grupo presentó niveles estadísticamente elevados de triglicéridos en corazón y soleus, y de colesterol total y esterificado en músculo cardíaco, acompañados por un descenso en los niveles plasmáticos de colesterol total y de la fracción de lipoproteínas de alta densidad (HDL-colesterol). Algunas de estas anomalías fueron compartidas por ratas alimentadas con la dieta normal de laboratorio suplementada con 0.5 g de aceites vegetales bromados/100 g dieta.

Los niveles hepáticos de triglicéridos, proteínas totales y glucógeno, así como la curva de crecimiento y la ingesta calórica de los animales que fueron alimentados con una dosis de aceites bromados de 0.1 g/100 g de dieta, fueron similares a los del grupo control.

En síntesis, los efectos toxicológicos observados durante la ingesta crónica de dietas suplementadas con dosis relativamente bajas de aceites bromados, señalan la necesidad de emprender un estudio bioquímico más exhaustivo de los mismos. Ello es imperativo para establecer los niveles máximos con que estos agentes podrían ser utilizados sin riesgo de producir alteraciones biológicas considerables.

---

Manuscrito modificado recibido: 22-9-86.

- 1 Este trabajo se llevó a cabo bajo los auspicios del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET), Subsidio No. 10310 a/83 y de la Secretaría de Estado de Ciencia y Tecnología (SECYT), Subsidio No. 10679/83-5, 83-6.
- 2 Todos los autores son miembros del Departamento de Ciencias Biológicas, Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional del Litoral, Santiago del Estero 2829, (3000) Santa Fé, Argentina.
- 3 Miembro de la Carrera de Investigador Científico, CONICET, Argentina.

## INTRODUCCION

Los aceites bromados son líquidos de gran viscosidad que se obtienen como producto de bromación de aceites alimenticios de distinta naturaleza (oliva, girasol, maíz, etc.). Se utilizan para el ajuste del peso específico de los aceites cítricos esenciales constituyentes de las bebidas alcohólicas refrescantes. A pesar de su considerable uso como aditivos alimentarios, existe poca información disponible en cuanto a sus propiedades toxicológicas. Al respecto, Munro *et al.* (1, 2) demostraron, en ratas alimentadas por períodos prolongados —15 semanas— con una dieta estándar de laboratorio suplementada con 2.5 g de aceite de algodón bromado/100 g de dieta, retardo en el crecimiento, con aumento en el peso de determinados órganos: corazón, hígado, y riñones; la microscopía óptica reveló, al mismo tiempo, acumulación lipídica en hígado y degeneración grasa en el miocardio. Por otro lado, los mismos autores (3) constataron una disminución en la actividad de la enzima glucosa-6 fosfato dehidrogenasa en el hígado, con dosis menores (0.1 y 0.5 g/100 g) durante el mismo período de tiempo.

Trabajos recientes realizados por nuestro grupo de investigadores demostraron, entre otras alteraciones bioquímicas, que la suplementación con 0.5 g de una mezcla de aceite bromado de oliva-girasol/100 g de dieta, durante 15 semanas, produce en ratas un incremento significativo de los niveles de triglicéridos, colesterol total y esterificado en músculo cardíaco. Se observó, a la vez, un descenso de los niveles plasmáticos de estos parámetros lipídicos. Estudios complementarios sobre la actividad de la enzima piruvato dehidrogenasa, de lipólisis *in vitro* en perfusión de corazón aislado, y de las actividades lipolíticas en plasma post-heparínico, sugieren la existencia de un efecto toxicológico en el músculo cardíaco que estaría involucrado en la biosíntesis de triglicéridos, más que en su catabolismo (4).

En relación con lo expuesto, el objetivo del presente trabajo fue determinar alteraciones de parámetros lipídicos a nivel tisular y plasmático, en animales alimentados con una dieta suplementada con aceites vegetales —de oliva-girasol bromados— (0.1 g/100 g de dieta), durante 15 semanas. Estos resultados fueron comparados con los obtenidos en animales que recibieron una dosis de los mismos al nivel de 0.5 g/100 g de dieta.

## MATERIAL Y METODOS

*Animales y Dietas*

Se utilizaron ratas macho de la cepa Wistar, cuyo peso inicial era de 70 a 80 g. Desde su arribo al laboratorio los animales fueron mantenidos para su aclimatación en el bioterio, a la temperatura estabilizada de  $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ , con ciclos de luz-oscuridad de 12 horas y libre acceso al agua y dieta normal de laboratorio (Labina-Purina S. A.). Una semana después, los animales fueron divididos al azar en tres grupos; el primero —Grupo A— continuó recibiendo la dieta normal de laboratorio suplementada con 0.5 g de aceite de maíz/100 g de comida (A: control); el segundo —Grupo B—

recibió la dieta normal de laboratorio suplementada con 0.4 g de aceite de maíz y 0.1 g de aceites vegetales bromados/100 g de comida (B: 0.10/o de aceites bromados/100 g dieta); y el tercero —denominado Grupo C— la misma dieta control suplementada con 0.5 g de aceites vegetales bromados/100 g comida (C: 0.50/o de aceites bromados/100 g dieta). Los aceites vegetales bromados utilizados corresponden a una mezcla de girasol-oliva, apto para el consumo: Densitol "A", Laboratorios Abbott, peso específico 1.305-1.315 a 25°C. Cada dieta aportó aproximadamente 365 calorías/100 g de comida; las mismas fueron administradas *ad libitum* durante un período de 15 semanas. El control de peso se registró dos veces por semana y, en forma paralela, se determinó ingesta calórica y la ganancia de peso corporal en seis animales de cada grupo, dos veces por semana. La ingesta calórica fue estimada calculando la cantidad de comida consumida de la siguiente manera: se pesó la comida ofrecida y la remanente luego de 24 horas de permanecer en la jaula previo separado de las heces. La corrección por la presencia de orina se hizo por secado en estufa, procesándose simultáneamente una muestra de referencia. El promedio de la ingesta calórica por animal y por día (calorías/día) se calculó dividiendo la ingesta calórica total de cada jaula por el número de ratas allí presentes.

El día del experimento se retiró la comida a las 6 horas y las tomas de muestra se realizaron entre las 10 y 12 horas.

#### *Métodos Analíticos*

Todos los animales en estudio fueron anestesiados con pentobarbital sódico (60 mg/kg de peso corporal), intraperitonealmente; las muestras de sangre obtenidas de la vena yugular se recogieron en tubos enfriados y se centrifugaron a 4°C. El suero así obtenido se procesó de inmediato o fue congelado a -20°C no más de 3 días. Las determinaciones de triglicéridos (TG) (5), colesterol total (CT) (6) y colesterol de la fracción de lipoproteínas de alta densidad (HDL-C) (6, 7) fueron realizadas por métodos espectrofotométricos. Se pesó el hígado y el corazón de los animales pertenecientes a los tres grupos. El contenido de TG (5) en hígado, corazón y soleus se determinó en alícuotas de homogeneizados obtenidos a partir de tejidos congelados a la temperatura del nitrógeno líquido. Los detalles de la metodología de obtención y procesamiento de los tejidos fueron descritos previamente (4). El contenido de glucógeno en hígado y corazón se cuantificó por el método enzimático de Hüjning (8), expresándose los resultados en equivalentes de glucosa. El contenido de DNA tisular se determinó por microadaptación de la técnica informada por Richard (9). Los niveles de colesterol total (CT) y de colesterol esterificado (CE) en músculo cardíaco fueron establecidos en una alícuota del homogeneizado por el método de Leffler (6). Las proteínas totales se cuantificaron por el método de Lowry *et al.* (10). Los distintos parámetros estudiados fueron analizados estadísticamente utilizando el test "t" de Student (11).

#### *Materiales Utilizados*

Las enzimas, cofactores y drogas patrones utilizados se obtuvieron de

los Laboratorios Boehringer Mannheim Biochemicals, Indianapolis, Indiana, USA; o Sigma Chemical Company, St. Louis, Missouri, USA. Los demás reactivos fueron de grado ACS.

## RESULTADOS

La Figura 1 muestra gráficamente el crecimiento y la ingesta calórica de los grupos de ratas que durante 15 semanas recibieron la dieta control y la suplementada con 0.1 y 0.5 g de aceites bromados/100 g dieta. Según puede observarse, no existen diferencias estadísticamente significativas entre los distintos grupos, para los parámetros analizados.

En la Tabla 1 se aprecian, asimismo, los niveles plasmáticos de TG, CT y HDL-C. Los niveles de CT y HDL-C se encuentran significativamente disminuidos respecto a los del Grupo A, tanto en los animales del Grupo B, como en los del Grupo C. La relación o/o HDL-C/CT permanece invariable. Por otra parte, los valores de TG correspondientes a los animales del Grupo B, son semejantes a los del Grupo A, mientras que los mismos se encuentran significativamente disminuidos en el Grupo C.

El peso y la composición del hígado en los grupos de ratas sometidos a estudio se exponen en la Tabla 2. Las alteraciones bioquímico-metabólicas observadas en los animales del Grupo C en cuanto al peso del órgano, contenido de proteínas totales y TG, no fueron evidenciados al disminuir la dosis.

En lo referente al peso y composición del corazón en los animales en estudio, éstos pueden observarse en la Tabla 3. Como los datos lo revelan, los niveles de TG, CT, CE y la relación o/o CE/CT están significativamente elevados en los animales del Grupo C respecto a los del Grupo A. Los parámetros en cuestión, continúan significativamente elevados, a pesar de que la dosis de aceites bromados empleada fue menor (0.1 g/100 g de dieta).

El contenido de TG en soleus acusó un incremento estadísticamente significativo en ambos Grupos: Grupo B ( $x \pm \text{SEM } 11.50 \pm 2.60$   $\mu\text{moles/g/tejido húmedo}$ ,  $n = 5$ ,  $P < 0.01$ ), Grupo C ( $25.33 \pm 4.03$   $\mu\text{moles/g tejido húmedo}$ ,  $n = 5$ ,  $P < 0.01$ ) respecto del Grupo A ( $5.73 \pm 1.13$   $\mu\text{moles/g tejido húmedo}$ ,  $n = 9$ ).

## DISCUSION

Los resultados del estudio que nos ocupa, demuestran que una ingesta crónica de aceites bromados 0.1 g/100 g de dieta induce un incremento significativo en el contenido de triglicéridos en corazón y soleus, y de colesterol en músculo cardíaco. Este aumento se acompaña de un descenso en los niveles plasmáticos de colesterol total y HDL-colesterol en relación con las ratas que recibieron la dieta control por un período similar de tiempo.

Las alteraciones en el contenido lipídico del músculo cardíaco de los animales alimentados con la dosis de 0.1 g, son semejantes a las observadas en las ratas alimentadas con una dosis de 0.5 g/100 g de dieta. Según hemos demostrado recientemente (4), en este último grupo, en corazón

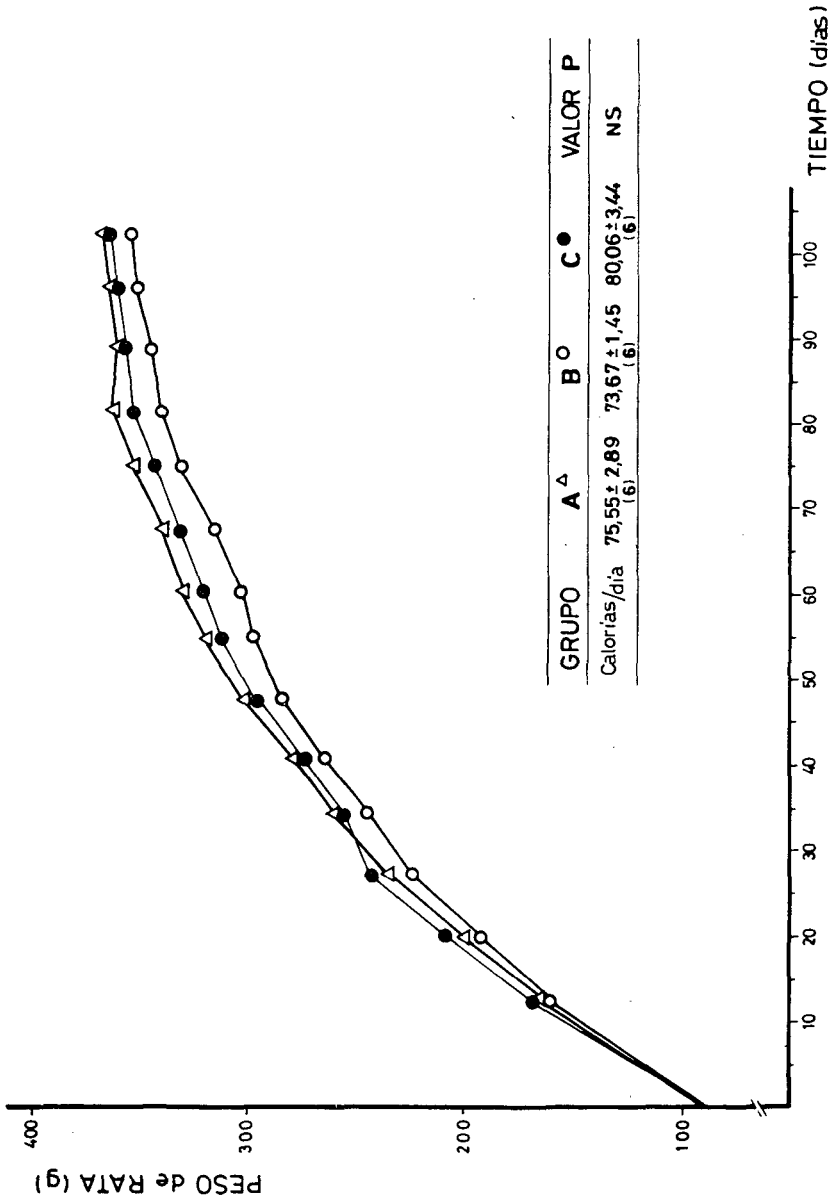


FIGURA 1

Curva de crecimiento e ingesta calórica de los grupos de ratas sometidas a estudio

TABLA 1

## PERFIL LIPIDICO DEL PLASMA

	Grupo A	Grupo B	Grupo C
Triglicéridos (mmol/l)	0.77 ± 0.08 <sup>a</sup> ( 6)	0.79 ± 0.09 ( 6)	0.29 ± 0.05*** (10)
Colesterol (mmol/l)	1.63 ± 0.07 (10)	1.25 ± 0.10** (11)	1.11 ± 0.08*** ( 7)
HDL-Colesterol (mmol/l)	1.04 ± 0.07 (13)	0.81 ± 0.05* ( 8)	0.63 ± 0.09* ( 3)
Relación o/o: $\frac{\text{HDL-Colesterol}}{\text{Colesterol}}$	56 ± 2 (10)	60 ± 2 ( 8)	52 ± 1 ( 3)

Grupo A: Dieta normal de laboratorio, suplementada con 0.5 g de aceite de maíz/100 g dieta.

Grupo B: Dieta normal de laboratorio, suplementada con 0.4 g de aceite de maíz y 0.1 g de aceite bromado/100 g dieta.

Grupo C: Dieta normal de laboratorio, suplementada con 0.5 g de aceite bromado/100 g dieta.

<sup>a</sup>  $\bar{x} \pm \text{EE}$ .

\* P < 0.05

\*\* P < 0.01

\*\* P < 0.001

Respecto del Grupo A

( ) Las cifras entre paréntesis son el número de determinaciones individuales.

EE = Error estándar.

## PESO DEL HIGADO Y COMPOSICION BIOQUIMICA

	Grupo A	Grupo B	Grupo C
Peso órgano/100 g rata	3.47 ± 0.08 <sup>a</sup> (5)	3.56 ± 0.10 ( 6)	4.41 ± 0.07*** (5)
DNA (mg/g órgano)	3.84 ± 0.20 (5)	3.73 ± 0.16 ( 5)	3.51 ± 0.22 (4)
DNA (mg/100 g rata)	14.0 ± 0.6 (5)	13.2 ± 0.5 ( 5)	17.7 ± 1.8 (4)
Proteínas totales (mg/100 g rata)	718 ± 41 (3)	640 ± 37 ( 5)	1012 ± 32*** (7)
Glucógeno (µmoles/100 g rata)	903 ± 58 (6)	1279 ± 65 ( 5)	977 ± 33 (6)
Triglicéridos (µmoles/100 g rata)	34.7 ± 2.8 (3)	29.0 ± 2.4 (12)	80.6 ± 5.2*** (8)

Grupo A: Dieta normal de laboratorio, suplementada con 0.5 g de aceite de maíz/100 g dieta.

Grupo B: Dieta normal de laboratorio, suplementada con 0.4 g de aceite de maíz y 0.1 g de aceite bromado/100 g dieta.

Grupo C: Dieta normal de laboratorio, suplementada con 0.5 g de aceite bromado/100 g dieta.

<sup>a</sup>  $\bar{x} \pm EE$ .

\* P < 0.05

\*\* P < 0.01

\*\*\* P < 0.001

Respecto al Grupo A

( ) Número de determinaciones individuales.

EE = Error estándar.

TABLA 3

## PESO DEL CORAZON Y COMPOSICION BIOQUIMICA

	Grupo A	Grupo B	Grupo C
Peso órgano/100 g rata	0.28 ± 0.03 <sup>a</sup> ( 5)	0.29 ± 0.01 (12)	0.31 ± 0.01 (5)
DNA (mg/g órgano)	2.20 ± 0.15 ( 4)	2.18 ± 0.17 ( 3)	2.21 ± 0.19 (4)
Proteínas totales (mg/g órgano)	190 ± 12 (10)	186 ± 15 ( 4)	212 ± 11 (5)
Glucógeno (µmol/g órgano)	10.5 ± 1.6 ( 5)	11.3 ± 1.1 ( 7)	6.7 ± 0.7* (5)
Triglicéridos (µmol/g órgano)	3.4 ± 0.2 ( 4)	7.4 ± 1.0** (12)	5.6 ± 0.2*** (4)
Colesterol total (µmol/g órgano)	5.06 ± 0.18 ( 6)	9.26 ± 0.41*** ( 6)	0.92 ± 0.31*** (6)
Colesterol esterificado (µmol/g órgano)	1.86 ± 0.21 ( 4)	8.11 ± 0.39*** ( 6)	4.34 ± 0.28*** (6)
Relación o/o: $\frac{\text{Colesterol esterificado}}{\text{Colesterol total}}$	36 ± 3 ( 4)	89 ± 2*** ( 6)	61 ± 1*** (6)

Grupo A: Dieta normal de laboratorio, suplementada con 0.5 g de aceite de maíz/100 g dieta.

Grupo B: Dieta normal de laboratorio, suplementada con 0.4 g de aceite de maíz y 0.1 g de aceite bromado/100 g dieta.

Grupo C: Dieta normal de laboratorio, suplementada con 0.5 g de aceite bromado/100 g dieta.

<sup>a</sup>  $\bar{x} \pm EE$ .

\* P < 0.05.

\*\* P < 0.01

\*\*\* P < 0.001

Respecto del Grupo A

( ) Número de determinaciones individuales.

EE = Error estándar.

perfundido *in vitro*, se ha constatado una respuesta lipolítica normal a la hormona glucagon, conjuntamente con niveles de actividades lipolíticas post-heparínicas del plasma dentro del rango considerado como normal.

El incremento similar en el contenido de triglicéridos del músculo cardíaco, tanto con dosis de 0.1 como de 0.5, podría deberse al menos en parte, a un descenso de la oxidación del ácido palmítico, demostrada por Munro *et al.* (12) en experiencias realizadas *in vitro* utilizando dosis agudas mayores. Al respecto, recientemente Jones y colaboradores (13) han encontrado acúmulo de ácidos grasos de 14 y 16 átomos de carbono en corazón, hígado y tejido adiposo de ratas a las que se les suministró aceite bromado de maíz, sugiriendo estos hallazgos una  $\beta$ -oxidación defectuosa en dichos órganos. Otra posibilidad que contribuiría al incremento del contenido de triglicéridos en el músculo cardíaco es la sugerida por Munro y colaboradores (2) en relación a la hipoxia. Es un hecho bien conocido que la hipoxia estimula la glucogenólisis (14), y a ese particular, nosotros encontramos una importante disminución en el contenido de glucógeno cardíaco, al alimentar a los animales con una dosis de aceites bromados de 0.5 g/100 g de dieta; sin embargo, al disminuir la dosis a 0.1, este hecho no pudo ser constatado.

Otro aspecto a tener en cuenta y que ha sido estudiado por diferentes investigadores (13, 15, 16) es el referente a que la ingesta de compuestos derivados del 9-10 dibromoestearato (DBE) y 9-10, 12-13 tetrabromoestearato (TBE) produce un acúmulo diferencial de los mismos en tejidos tales como corazón, hígado, y adiposo, sugiriendo que seguirían vías diversas de movilización y/o metabolización. No obstante, Jones *et al.* (13) observaron que el efecto tóxico de los aceites bromados vegetales es más pronunciado que el producido por los monoglicéridos sintetizados a partir de los DBE y TBE puros. Ajeno a ello, el efecto tóxico depende, al menos en cierta medida de la naturaleza del aceite bromado vegetal utilizado (2, 17), así como también del sexo del animal sometido a experimentación (2).

El control de la lipólisis en corazón puede ser el resultado de la remoción de sus ácidos grasos, o bien del suministro de un sustrato alternativo para el metabolismo energético en dicho órgano; los mecanismos que regulan la lipólisis *in vivo* en los animales que reciben aceites bromados, no se conocen al presente. Murthy y Shipp (18) demostraron recientemente un incremento en la actividad de la enzima glicerofosfato aciltransferasa en corazón de ratas diabetizadas con aloxano, en las que el contenido de triglicéridos en el músculo cardíaco está sensiblemente incrementado. Este aumento en la síntesis de triglicéridos, acompañado de una inhibición de la lipólisis por los ácidos grasos y los cuerpos cetónicos, estaría relacionado con la acumulación de triglicéridos en estas condiciones experimentales. En la actualidad, no disponemos de información sobre la actividad de la enzima glicerofosfato aciltransferasa en ratas alimentadas con dietas suplementadas con aceites bromados.

El significativo incremento observado en el contenido de triglicéridos del hígado de ratas que recibieron 0.5 g de aceites bromados, no pudo ser constatado en las que recibieron una dosis menor (0.1 g). Munro *et al.* (2), en cortes de hígado, observaron por microscopía óptica un acúmulo de sustancia grasa solamente en 20 a 40% de los animales que recibieron aceites bromados en dosis de 0.1 g/100. Se constataron diversas

modificaciones en los niveles plasmáticos de triglicéridos, colesterol total y HDL-colesterol, tanto en los animales alimentados con dietas suplementadas con 0.5 como con 0.1 g/100 g, respecto de los animales controles. Este hallazgo sugeriría una alteración a nivel hepático de la síntesis, transporte y/o catabolismo de las lipoproteínas de dicho origen, que impulsan a realizar un estudio más exhaustivo en cuanto a su secreción y composición.

En síntesis, los efectos toxicológicos observados en las ratas durante la ingesta crónica de dietas suplementadas con dosis relativamente bajas de aceites bromados, sugieren la necesidad de efectuar un estudio bioquímico más exhaustivo de los mismos. A nuestro juicio, esto sería indispensable para establecer los niveles máximos con que estos agentes podrían ser utilizados sin riesgo de producir alteraciones biológicas considerables.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento a los Sres. L. Argento y A. Ferrigutti por la valiosa asistencia técnica que tuvieron a bien brindarles. A la Srta. E. Ferrigutti agradecen, asimismo, la transcripción mecanográfica del presente trabajo.

#### SUMMARY

##### TOXICOLOGIC EFFECTS PRODUCED BY THE CHRONIC INTAKE OF BROMINATED VEGETABLE OILS

Several biochemical parameters of male Wistar rats fed during 15 weeks with standard laboratory chow, supplemented with 0.1 g of brominated vegetable oil (olive, sunflower) per 100 g of diet, were compared to those of a control group fed a normal diet during the same period of time. The former group showed a significant increase of triglyceride content in both heart and soleus muscle, as well as of total and sterified cholesterol in heart muscle. This increase was accompanied by decreased plasma levels of total and HDL-cholesterol. Some of these abnormalities were similar to those observed in rats fed the same standard laboratory chow, supplemented with 0.5 g of brominated oil per 100 g of diet.

The hepatic levels of triglycerides, total proteins and glycogen, as well as the weight gain and caloric intake of the animals which were fed 0.1 g of brominated oil per 100 g diet, were similar to those of the control group.

In summary, the toxicologic effects observed during the chronic intake of diets supplemented with relatively low doses of brominated oils, suggest the need to undertake wider and deeper biochemical studies. The authors consider that these are necessary in order to ascertain the maximum tolerance levels for the use of these compounds, to minimize the risk of inducing important biological alterations.

#### BIBLIOGRAFIA

1. Munro, I. C., F. A. Salem, T. Goodmand & S. H. Hasnain. Biochemical

- pathological changes in the heart and liver of rats given brominated cottonseed oil. *Toxicol. Appl. Pharmac.*, **19**: 62-70, 1971.
2. Munro, I. C., B. Hand, E. J. Middleton, H. A. Heggtveit & H. C. Grice. Toxic effects of brominated vegetable oils in rats. *Toxicol. Appl. Pharmac.*, **22**: 432-439, 1972.
  3. Munro, I.C., B. Hand, E.J. Middleton, H.A. Heggtveit & H.C. Grice. Biochemical and pathological changes in rats fed low dietary levels of brominated cottonseed oil. *Fd. Cosmet. Toxicol.*, **9**: 631-637, 1971.
  4. Lombardo, Y. B., A. Chicco, M. Z. Basílico, C. Bernal & R. Gutman. Abnormal lipid metabolism in the heart of rats fed a standard diet supplemented with 0.5% of brominated vegetable oils. *Lipids*, **20**: 425-432, 1985.
  5. Laurell, S. A method for routine determination of plasma triglycerides. *Scandinav. J. Clin. Lab. Investigation*, **18**: 668-672, 1966.
  6. Leffler, H. H. Estimation of cholesterol in serum. *Am. J. Clin. Pathology*, **31**: 310-313, 1959.
  7. U. S. Department of Health, Education and Welfare. National Public Health Service. *Manual of Laboratory Operations, Lipid Research Clinics Program. Lipid and Lipoprotein Analysis*. Washington, D. C., 1974, p. 56. (DHEW Publication No. (NIH) 75-628).
  8. Hüjting, F. A rapid enzymatic method for glycogen estimation in very small tissue samples. *Clin. Chim. Acta*, **30**: 567-572, 1970.
  9. Richard, G. M. Modifications of the diphenylamine reaction given increased sensitivity and simplicity in the estimation of DNA. *Anal. Biochem.*, **57**: 369-376, 1974.
  10. Lowry, O.H., M.J. Rosebrough, A.L. Farr & R.J. Randall. Protein measurement with the folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.*, **193**: 265-275, 1951.
  11. Snedecor, G. W. P. *Statistical Methods Applied to Experiments in Agriculture and Biology*. Ames, Iowa, Iowa State University Press, 1956, p. 291-292.
  12. Munro, I. C., S. Hasnain, F. A. Salem, T. Goodman, H. C. Grice & H. A. Heggtveit. Cardiotoxicity of brominated vegetable oil. In: *Miocardiology. Vol. I. Recent Advances in Studies on Cardiac Structure and Metabolism*. E. Bajusz & G. Rona (Eds.). Baltimore, London, Tokyo. University Park Press, 1972, p. 588-595.
  13. Jones, B. A., I. J. Tinsley, G. Wilson & R. R. Lowry. Toxicology of brominated fatty acids: metabolite concentration and heart and liver changes. *Lipids*, **18**: 327-334, 1983.
  14. Cornblath, M., P. J. Randle, A. Parmeggiani & H. E. Morgan. Regulation of glycogenolysis in muscle. Effects of glucagon and anoxia on lactate production, glycogen content, and phosphorylase activity in the perfused isolated rat heart. *J. Biol. Chem.*, **238**: 1592-1597, 1963.
  15. Jones, B. A., I. J. Tinsley & R. R. Lowry. Bromine levels in tissue lipids of rats fed brominated fatty acids. *Lipids*, **18**: 319-326, 1983.
  16. Wilson, G. R., I. J. Tinsley & R. R. Lowry. Fatty acid composition of liver lipids in rats fed brominated fatty acids. *Lipids*, **18**: 661-663, 1983.
  17. Lawrence, J. F., R. K. Chadha, F. Iverson, P. Mc Guire & H. B. S. Conacher. Brominated fatty acid distribution in tissues and fluids of rats fed brominated vegetable oils. *Lipids*, **19**: 704-707, 1984.
  18. Murthy, V. K. & J. Shipp. Heart triglyceride synthesis in diabetes: Selective increase in activity of enzymes of phosphatidate synthesis. *J. Mol. Cell Cardiol.*, **12**: 299-309, 1980.

## NIVEL PROTEINICO DIETARIO DURANTE LA GESTACION. SU INFLUENCIA SOBRE EL REPARTO MATERNO-FETAL DE SUSTRATOS

*Ascención Marcos<sup>1</sup>, Pilar Varela<sup>2</sup>, María Teresa Unzaga<sup>3</sup>, Emilia Muñoz  
Martínez<sup>3</sup>, Berta Jiménez-Gancedo<sup>4</sup> y Gregorio Varela<sup>5</sup>*

Facultad de Farmacia  
Universidad Complutense  
Madrid, España

### RESUMEN

En vista de la influencia que la concentración proteínica de la dieta materna tiene en el desarrollo del proceso gestacional y sus consecuencias sobre el crecimiento neonatal, se estudiaron, en ratas, las variaciones que el aporte de distintos niveles de proteína dietaria, 10<sup>o</sup>/o, 4<sup>o</sup>/o y 20<sup>o</sup>/o durante la gestación, ejerce en la eficiencia de utilización del alimento y en el reparto materno-fetal de sustratos. Con este propósito, se hicieron comparaciones entre las tres situaciones dietarias, y el efecto de la gestación se observó comparando las ratas gestantes con las no gestantes, con cada una de las dietas sometidas a estudio.

Se determinó la ingesta, parámetros ponderales y eficiencia de conversión alimentaria (ECA) en ratas adultas, así como los parámetros ponderales de los neonatos.

Según se pudo apreciar, tanto en los animales gestantes como en los no gestantes la ECA varió en función directa a la cantidad de proteína ingerida, mientras que durante la gestación se elevó en todas las situaciones dietarias. Por otra parte, la variabilidad ponderal de madres y neonatos, consecutiva a los cambios de proteína en la dieta, afectó también el reparto materno-fetal de sustratos. Este último fue modificado en los animales sometidos a las dietas que contenían 4<sup>o</sup>/o y 20<sup>o</sup>/o de proteína, dando lugar a una retención de sustratos en los tejidos maternos, en perjuicio del desarrollo neonatal.

---

Manuscrito modificado recibido: 6-3-86.

1 Becario Post-doctoral del Instituto de Nutrición del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Madrid, España.

2 Profesor Ayudante del Departamento de Fisiología Animal, Facultad de Farmacia, Universidad Complutense, Madrid, España.

3 Profesor Titular de Fisiología Animal de la citada Facultad.

4 Doctorando en el Departamento de Fisiología Animal, Facultad de Farmacia.

5 Catedrático de Fisiología Animal y Director del Instituto de Nutrición, Facultad de Farmacia, Universidad Complutense, 28040, Madrid, España.

## INTRODUCCION

El desarrollo y crecimiento fetal están condicionados por el estado nutricional de la madre, antes y durante el período gestacional.

Sin embargo, hasta el momento no se ha establecido con claridad cuáles son los requerimientos nutricionales durante dicho período, ni cómo se realiza la distribución materno-fetal de nutrientes.

En este sentido, Freinkel, Phelps y Metzger (1) afirman que la concentración de metabolitos individuales existentes en la circulación materna, determina cuáles son disponibles para el feto.

Por su parte, la placenta juega también un papel de gran importancia en el desarrollo intrauterino, ya que según Cornblath y Schwartz (2), los mecanismos de transporte placentario son los últimos en regular la disponibilidad de nutrientes para el feto.

Para su desarrollo este órgano necesita un aporte adecuado de sustratos, en especial de nitrógeno a fin de cubrir su propia síntesis proteínica (3, 4).

En este sentido, Rosso (5) y Laga, Driscoll y Munro (6) han encontrado placentas deficitarias en madres alimentadas con una dieta baja en proteínas. Como resultado, el crecimiento fetal disminuye, según han constatado Morgan y Winick (7).

Por el contrario, la suplementación dietaria de proteína a madres malnutridas mejora el crecimiento fetal (8), dado que la gestación parece requerir un mayor aporte de proteínas y energía que favorezca el *status* metabólico materno y el crecimiento fetal.

No obstante, estudios recientes han demostrado que una ingesta excesiva de proteína en mujeres gestantes normales puede deteriorar el crecimiento fetal (9).

En vista de la influencia que la concentración de proteína en la dieta parece tener sobre el proceso de la gestación, este trabajo fue orientado hacia el estudio de las variaciones que en la eficiencia alimentaria y en el reparto materno-fetal de sustratos, tiene el aporte de distintos niveles de proteína en la dieta (4<sup>o</sup>/o, 10<sup>o</sup>/o y 20<sup>o</sup>/o).

Para ello, se investigó: 1) El efecto que las distintas dietas ejercen sobre la eficiencia de utilización alimentaria en ratas gestantes y no gestantes. 2) El efecto de la gestación sobre la eficiencia alimentaria en cada una de las situaciones dietarias estudiadas y 3) El efecto de la dieta ingerida, durante la gestación, sobre la distribución materno-fetal de nutrientes.

Con dicha finalidad, se determinaron los siguientes parámetros:

a) En ratas gestantes y no gestantes: ingesta/rata/día, peso final, ganancia ponderal/rata/día, eficiencia de utilización o conversión alimentaria (ECA) (10), y ganancia neta total.

b) En ratas gestantes a término: peso post-parto, pérdida de peso por parto, y variaciones ponderales de los tejidos intrauterinos.

c) En recién nacidos: peso individual del neonato, peso de la camada, número de neonatos por camada, y la relación peso camada/peso materno.

## MATERIAL Y METODOS

Se utilizaron 60 ratas de la cepa Wistar, con un peso inicial promedio de  $160 \pm 10$  g, las que fueron divididas en tres lotes, en función del nivel proteínico de la dieta: 1) Lote Control, alimentado con una dieta basal al 100/o de proteína (caseína + DL-metionina); 2) Lote Malnutrido, sometido a una dieta con 40/o de proteína (caseína + DL-metionina) y 3) Lote Hiperproteínico, al que se administró una dieta moderadamente alta en proteína: 200/o (caseína + DL-metionina).

Según se observa en la Tabla 1, las tres dietas utilizadas eran isocalóricas entre sí (11). A su vez, cada lote fue dividido en dos grupos: a) de ratas no gestantes (NG) y b) de ratas gestantes (G).

TABLA 1

COMPOSICION TEORICA DE LAS DIETAS UTILIZADAS  
(Expresada en g/100 g dieta)

Ingredientes	Lotes		
	Malnutrido	Control (11)	Hiperproteínico
Caseína	3.80	9.80	19.80
DL-metionina	0.20	0.20	0.20
Azúcar	41.02	38.02	33.02
Almidón	41.02	38.02	33.02
Celulosa	5.00	5.00	5.00
Aceite) Oliva	5.00	5.00	5.00
) Girasol	0.50	0.50	0.50
Corrector mineral <sup>1</sup>	3.34	3.34	3.34
Corrector vitamínico <sup>2</sup>	0.12	0.12	0.12

1 El corrector mineral contiene (mg/100 g dieta): yoduro potásico 0.029; sulfato de cobre.5H<sub>2</sub>O 2.472; fluoruro sódico 0.2431; sulfato de manganeso.H<sub>2</sub>O 16.92; sulfato ferroso.7H<sub>2</sub>O 19.904; carbonato magnésico 76.978; sulfato magnésico.7H<sub>2</sub>O 225.0; fosfato bicálcico 1476.03; fosfato dipotásico 359.92; carbonato cálcico 412.40; carbonato de zinc 2.556; bicarbonato potásico 610.343; óxido de cromo 0.048; seleniato de sodio 0.024; cloruro sódico 141.10.

2 El corrector vitamínico contiene (mg/1000 g dieta): colina 1111; ácido fólico 1.11; niacina 22.22; pantotenato cálcico 8.88; riboflavina 3.33; tiamina 4.44; piridoxina 6.60; cianocobalamina 0.055; vitamina A 4444.44 U.I.; vitamina D 1111.11 U.I.; vitamina E 33.33 U.I., menadiona 0.055.

Todos los animales se sometieron a un período de adaptación a las dietas durante una semana. Con el fin de obtener las ratas gestantes, se procedió al cruce de la mitad de los animales de cada lote. Para ello, un macho fue alojado con dos hembras, comprobando la fecundación por aparición de esperma en la vagina.

A lo largo del período experimental (21 días), los animales fueron alojados en jaulas metabólicas individuales, ubicadas en una habitación termostregulada (23°C) e iluminada de 08 a 20 horas.

Durante todo el experimento se suministró agua y dieta *ad libitum*, controlando diariamente la ingesta y el peso.

Inmediatamente después del parto, los neonatos se recogieron en condiciones adecuadas, y se pesaron individualmente, y por camada.

La eficiencia de conversión del alimento (ECA), se calculó como sigue: incremento de peso rata/día/gramos sustancia seca ingerida/rata/día.

Los resultados se expresaron como valores promedio  $\pm$  EE (error estándar). El tratamiento estadístico se realizó mediante la prueba "t" de Student (12), y la probabilidad menor de 0.05 fue considerada significativa.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### *Efecto de los Distintos Niveles de Proteína Dietaria sobre la Eficiencia Nutricional, y su Repercusión en la Ingesta, y Parámetros Ponderales de Ratas no Gestantes*

A partir de la comparación entre los grupos de animales no gestantes sometidos a las dietas utilizadas en este estudio, se deduce —según se observa en la Tabla 2— que a medida que se incrementa el contenido proteínico de la dieta, la cantidad de alimento ingerido disminuye paulatinamente. Este descenso se hace significativo en los animales sometidos a la dieta con 20% de proteína al compararlos tanto con las ratas que recibían 40% como con las que consumían 10% de proteína, sin que existieran diferencias significativas entre estos dos últimos grupos.

Estos resultados sugieren que en ratas vírgenes, la malnutrición proteínica (4%) no altera los niveles de ingesta en relación a las control (10%), produciéndose un menor consumo alimentario cuando la tasa proteínica dietaria se eleva a 20%.

Esta disminución en el alimento consumido, como consecuencia de un elevado porcentaje de proteína en la dieta, ha sido también señalado por Leung y Rogers (13). A este respecto, Munro (14) indica que el exceso de aminoácidos dietarios puede deprimir los centros cerebrales del apetito, determinando así una reducción general de la ingesta.

Por otra parte, el peso final de las ratas no gestantes aumenta en proporción directa a la cantidad de proteína ingerida, lo que lleva a un incremento paulatino de la ganancia neta.

Así, la malnutrición proteínica provoca un descenso de 9.50% en el peso final, en relación a los controles. De acuerdo con Mc Lean y Graham (15), este resultado indica que la malnutrición origina una pérdida de estructuras proteínicas por carencia de este sustrato en la dieta, impidiendo así la función plástica de las proteínas.

A pesar de ello, los animales malnutridos son capaces de mantener un crecimiento positivo (14.30%) sobre su peso inicial. Por otra parte, la dieta hiperproteínica conduce a una elevación ponderal de 9.40%, respecto al grupo control, lo que se corresponde con el aumento encontrado en el incremento de peso/rata/día.

En el mismo sentido, Ward y Buttery (16) indican una ganancia ponderal diaria de 3.4 y 3.7 g, respectivamente, en ratas al destete que ingieren dietas con dos niveles distintos de proteína (15 y 25%). Además, estos

TABLA 2

## EFECTO DE LA DIETA SOBRE INGESTA, PARAMETROS PONDERALES Y ECA EN RATAS NO GESTANTES

	Lotes		
	Malnutrido	Control	Hiperproteínico
Ingesta (g s.s./rata/día)	14.24 ± 0.38	13.89 ± 0.33	12.53 ± 0.56*
Peso inicial (g)	155.36 ± 4.30	162.15 ± 4.78	164.10 ± 1.73
Peso final (g)	177.56 ± 5.38*	196.18 ± 4.76	214.66 ± 3.16**
Incremento peso/rata/día (g)	1.16 ± 0.25	1.80 ± 0.36	2.75 ± 0.34*
Ganancia neta <sup>a</sup> (g)	22.16 ± 3.67*	33.95 ± 3.80	50.11 ± 2.40**
Eficiencia de conversión del alimento (ECA)	0.08 ± 0.01*	0.13 ± 0.01	0.22 ± 0.02**

Valores medios de 10 animales ± EE.

\* Indica diferencias significativas frente al lote control.

\*\* Indica diferencias significativas entre los lotes malnutrido e hiperproteínico. Mínimo nivel,  $P < 0.05$ .

<sup>a</sup> Peso final - peso inicial.

EE = Error estándar.

resultados se podrían relacionar con un mayor depósito de grasa en el carcás, que conduciría a una cierta obesidad.

Asimismo, Donald, Pitt y Pohl (17), encuentran que una dieta alta en proteína (25%) origina un depósito de grasa superior al determinado con menores niveles de proteína en la dieta. Esto induce a los citados autores, a afirmar que las ratas sometidas a porcentajes elevados de proteína dietaria, conservan su energía más eficazmente, pudiendo transformarse en obesas.

En lo que respecta a la eficiencia de conversión alimentaria, es factible deducir la existencia de una variación similar a la encontrada en la ganancia ponderal. En otras palabras, ello significa que a medida que el tanto por ciento de proteína en la dieta se eleva, dicha razón se incrementa.

A nuestro juicio, el descenso en la ECA de los animales malnutridos parece ser consecuencia de la limitación de la proteína ingerida, a pesar de la invariabilidad en la ingesta. A ello se une la posible utilización de sus propios sustratos, impidiéndoles alcanzar los niveles de control.

En cuanto a la dieta del 20% de proteína, el mayor depósito corporal en sustratos parece estar determinado por un mejor aprovechamiento alimentario, a pesar de la menor ingesta.

Todo parece señalar, por lo tanto, que el porcentaje de la proteína dietaria puede actuar como factor limitante en lo que al aprovechamiento de la ingesta se refiere.

*Efecto de los Distintos Niveles de Proteína Dietaria sobre la Eficiencia Alimentaria, y su Repercusión en la Ingesta y Parámetros Ponderales de Ratas Gestantes*

Según se observa en la Tabla 3, tanto el exceso como la deficiencia proteínica provocan en los animales gestantes, una disminución del 19% de la ingesta en relación a los animales sometidos a la dieta control.

TABLA 3

EFFECTO DE LA DIETA SOBRE INGESTA, PARAMETROS PONDERALES Y ECA EN RATAS GESTANTES

	Lotes		
	Malnutrido	Control	Hiperproteínico
Ingesta (g s.s./rata/día)	14.60 ± 0.24*	18.04 ± 0.65	14.97 ± 0.45*
Peso pre-parto (g)	202.05 ± 4.25*	268.80 ± 2.75	281.15 ± 3.38**
Incremento peso/rata/día (g)	2.32 ± 0.38*	5.12 ± 0.08	5.58 ± 0.54
Ganancia neta <sup>a</sup> (g)	8.02 ± 3.44*	37.98 ± 4.62	60.89 ± 3.36**
Eficiencia de conversión del alimento (ECA)	0.16 ± 0.01*	0.28 ± 0.01	0.37 ± 0.03**

Valores medios de 10 animales ± EE.

\* Indica diferencias significativas frente al lote control.

\*\* Indica diferencias significativas entre los lotes malnutrido e hiperproteínico. Mínimo nivel,  $P < 0.05$ .

<sup>a</sup> Peso post-parto — peso inicial.

EE = Error estándar.

Por otra parte, y al igual que observáramos en las ratas no gestantes, el peso pre-parto de los animales gestantes acusa valores que están en función directa del porcentaje de proteína ingerida. Así, los valores más bajos corresponden a los animales que recibían 40% de proteína, mientras que los más altos corresponden a los sometidos al 20% de proteína.

No obstante, en lo que a la evolución ponderal durante la gestación se refiere (incremento peso/rata/día), no existen diferencias significativas entre los animales que ingirieron las dietas más altas en proteína (10% y 20%). En cambio, los animales malnutridos presentan una menor ganancia de peso diario. En este sentido, Morgan y Winick (7) informan un descenso en el peso materno de ratas gestantes malnutridas, frente a las bien alimentadas.

Cabe señalar, no obstante, y de acuerdo con la Figura 1, que la variación ponderal ocurre en todos los grupos sometidos a estudio, dos períodos que guardan correspondencia con las fases anabólica y catabólica de la gestación en la rata (6) (18), y cuyo límite tiene lugar el día 14 de dicho período. Este efecto se produce a consecuencia de la mayor rapidez en el crecimiento del producto de la concepción, que ocurre entre

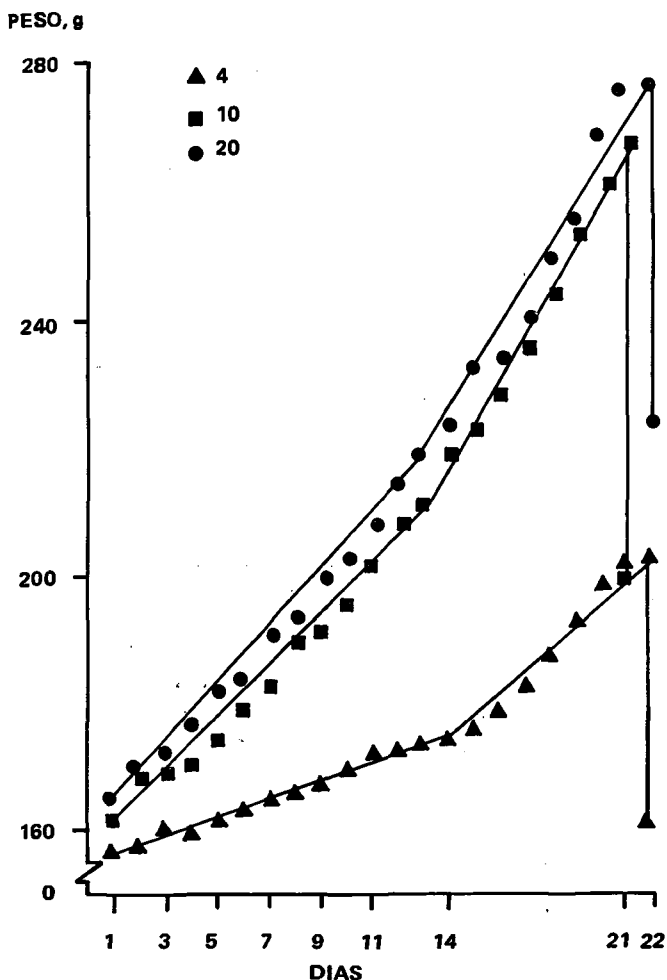


FIGURA 1

Evolución ponderal en ratas gestantes

los días 14 y 21 del proceso.

En cuanto al depósito corporal materno al postparto, éste parece estar condicionado por la dieta ingerida durante la gestación. Así, los animales malnutridos presentan un descenso de la ganancia neta de 79% respecto a las ratas control, mientras que las alimentadas con 20% de proteína acusan un incremento de 60% respecto al grupo control. Ello significa que también el depósito tisular materno después del parto está en función directa al porcentaje de proteína ingerida.

Los resultados anteriores se corresponden con los valores encontrados para la ECA, los cuales se elevan en los animales sometidos a la dieta hiperproteínica y disminuyen en las ratas malnutridas, en comparación con las ratas control. Todo ello señala que durante la gestación este parámetro parece depender básicamente del nivel proteínico de la dieta ingerida.

*Efecto de la Gestación sobre la Eficiencia Alimentaria y su Repercusión en la Ingesta, y Parámetros Ponderales en Cada Nivel Dietario*

Los resultados comparativos entre los animales no gestantes y gestantes correspondientes a cada dieta, señalan la existencia de un fenómeno de hiperfagia gestacional. Este se hace significativo en los animales bien alimentados (100/o y 200/o proteína), lo que favorece la formación de las nuevas estructuras durante la gestación (Tabla 4). Dicho incremento de ingesta durante el período de gestación, ha sido observado también en la mujer en el segundo y tercer trimestre del embarazo (5).

Sin embargo, el nivel de ingesta no se modifica en los animales gestantes malnutridos respecto a sus controles no gestantes, lo que sugiere que el aporte de una dieta baja en proteína, impide la hiperfagia gestacional.

Es obvio que la cantidad de alimento consumido por los animales malnutridos no puede satisfacer la mayor necesidad de nutrientes durante la gestación. De acuerdo con Hasting-Roberts y Zeman (19), ello es causa de una mayor deficiencia dietaria, ya que a la pérdida proteínica se une la pérdida calórica.

Por otra parte, tanto en las ratas gestantes del 100/o como en las del 200/o de proteína, el incremento de la ingesta favorece un aumento del peso final pre-parto. Este último llega a ser de 300/o aproximadamente, respecto al alcanzado por las ratas vírgenes en ambas dietas.

De acuerdo con estos datos, Beaton *et al.* (20) señalan que desde la primera semana de gestación en la rata se produce una retención de lípidos del carcás, que continúa hasta cerca del alumbramiento, momento en que se libera el exceso de proteínas.

Además, Zartarian, Galler y Munro (21) informan que los requerimientos para la ganancia ponderal durante la gestación, son mayores que para el mantenimiento del estado no gestante.

Sin embargo, esta elevación ponderal no se produce a un ritmo diario semejante en todos los lotes. Mientras que el incremento de peso/rata/día es de 1840/o en los animales sometidos al 100/o de proteína, en las ratas que ingirieron las dietas de 200/o y 40/o de proteína, éste alcanza solamente 1000/o sobre los valores de las ratas no gestantes.

Todo ello conduce a una retención materna de sustratos, que varía en función de la dieta. Así, los animales gestantes sometidos a la dieta de 200/o de proteína tienen una ganancia ponderal neta de 21.50/o mayor que sus controles no gestantes después del parto.

Por el contrario, a pesar del alto incremento diario de peso, la dieta con 100/o de proteína, no permite retener un exceso de sustratos, ya que su ganancia ponderal neta no difiere de la de las ratas no gestantes.

En cuanto a los animales gestantes malnutridos, aun cuando acusan un aumento en el peso pre-parto respecto al peso final de sus controles no gestantes, la ganancia neta es 330/o inferior en el caso de las ratas gestantes, en relación a las ratas vírgenes.

Con cualquier dieta, el aprovechamiento alimentario, determinado por el nivel de la ECA, es más alto en ratas gestantes que en no gestantes, lo que estaría en consonancia con el aumento de las necesidades nutricionales durante el período gestacional.

TABLA 4

EFFECTO DE LA GESTACION SOBRE INGESTA, PARAMETROS PONDERALES Y ECA EN CADA UNA DE LAS SITUACIONES DIETARIAS ESTUDIADAS

	Lotes					
	Malnutrido		Control		Hiperproteínico	
	NG	G	NG	G	NG	G
Ingesta (g s.s./rata/día)	14.24 ± 0.38	14.60 ± 0.24	13.89 ± 0.33	18.04* ± 0.65	12.53 ± 0.56	14.97* ± 0.45
Peso inicial (g)	155.36 ± 4.30	153.58 ± 2.21	162.15 ± 4.78	161.11 ± 1.60	164.10 ± 1.73	163.97 ± 1.79
Peso final <sup>a</sup> (g)	177.56 ± 5.38	202.05* ± 4.25	196.18 ± 4.76	268.80* ± 2.75	214.66 ± 3.16	281.15* ± 3.38
Incremento peso / rata/ día (g)	1.16 ± 0.25	2.32* ± 0.38	1.80 ± 0.36	5.12* ± 0.08	2.75 ± 0.34	5.58* ± 0.54
Ganancia neta <sup>b</sup> (g)	22.16 ± 3.67	8.02* ± 3.44	33.95 ± 3.80	37.98 ± 4.62	50.11 ± 2.40	60.89* ± 3.36
Eficiencia de conversión del alimento (ECA)	0.08 ± 0.01	0.16* ± 0.01	0.13 ± 0.01	0.28* ± 0.01	0.22 ± 0.02	0.37* ± 0.03

Valores medios de 10 animales ± EE.

\* Indica diferencias significativas entre los grupos NG y G dentro de cada lote. Mínimo nivel, P < 0.05.

<sup>a</sup> En animales gestantes se considera el peso final al peso pre-parto.

<sup>b</sup> En animales no gestantes: peso final - peso inicial.  
En animales gestantes: peso postparto - peso inicial.  
NG = No gestantes; G = Gestantes.

*Efecto de los Distintos Niveles de Proteína Dietaria sobre los Parámetros Ponderales de las Madres al Parto, y de los Neonatos. Su Influencia en el Reparto Materno-fetal de Nutrientes*

Como se ha venido observando, la malnutrición proteínica condiciona el desarrollo normal de la gestación en la rata, lo que origina efectos deletéreos sobre el crecimiento fetal.

Así, según se indica en la Tabla 5, la pérdida de peso por parto de las ratas gestantes malnutridas —que corresponde a la suma de los pesos de la camada y de los tejidos intrauterinos— disminuye 42% en relación al de las gestantes controles (100%). De ello se deduce que tanto la masa uterina como la fetal sufren el efecto de la dieta.

Los pesos de los tejidos intrauterinos y de la camada disminuyen de esta forma en 67% y 36%, respectivamente, en relación a las ratas control, lo que indica que los primeros son los más afectados por la carencia proteínica en la dieta.

TABLA 5

**EFFECTO DE LA DIETA SOBRE LOS PARAMETROS PONDERALES DE LAS MADRES AL MOMENTO DEL PARTO Y DE SUS NEONATOS**

	Lotes		
	Malnutrido	Control	Hiperproteínico
Pérdida peso por parto (g)	40.65 ± 3.20*	69.69 ± 4.11	56.29 ± 2.75**
Tejidos intrauterinos (g)	4.54 ± 0.36*	13.74 ± 1.46	6.13 ± 0.44**
Peso camada (g)	35.71 ± 1.56*	55.97 ± 2.75	50.12 ± 3.07
Peso camada/peso madre	0.17 ± 0.003*	0.21 ± 0.002	0.18 ± 0.002*
Peso individual neonato (g)	4.70 ± 0.06*	5.37 ± 0.53	5.25 ± 0.04
Número neonatos/camada	7.62 ± 0.42*	10.50 ± 0.84	9.55 ± 0.67

Valores medios de 10 animales ± EE.

\* Indica diferencias significativas frente al lote control.

\*\* Indica diferencias significativas entre los lotes malnutrido e hiperproteínico. Mínimo nivel,  $P < 0.05$ .

EE = Error estándar.

Asimismo, la razón peso camada/peso materno resulta ser 15% más baja que en las ratas control, lo que parece estar condicionado por el descenso en el peso individual y en el número de neonatos por camada.

Del mismo modo, la administración de la dieta hiperproteínica a la madre, origina una depleción de todos los tejidos relacionados con la concepción y el desarrollo fetal.

La pérdida de peso por parto, por lo tanto, desciende 19% respecto a los valores control, reflejándose en la disminución ponderal de los tejidos intrauterinos (55%). Esto se debe a que el peso de la camada, condicionado a su vez por el peso individual del neonato y el número de crías

por camada, no se modifica, a pesar de su tendencia a disminuir.

También aparece un decrecimiento muy significativo en la razón peso camada/peso materno, que llega a ser de la misma entidad que en los animales malnutridos.

Los resultados obtenidos sugieren que la ingestión de dietas de carácter tanto hipo como hiperproteínico, afectan en gran medida el crecimiento fetal y el desarrollo de los tejidos intrauterinos, condicionando negativamente el proceso gestacional.

No obstante, los mecanismos determinantes en cada caso, parecen ser de distinta naturaleza: la disminución de los sustratos necesarios podría ser la causa fundamental de los efectos de la malnutrición. A pesar de ello, cabe hacer constar que con la dieta que contenía 40% de proteína, la madre utiliza en beneficio del feto, gran parte de las reservas de nutrientes acumuladas durante la gestación, que deberían servir para su propio mantenimiento corporal.

Por el contrario, las reservas pre-gestacionales de madres malnutridas no parecen ser utilizadas en beneficio del feto, como se deduce de la ganancia ponderal positiva que presentan estos animales en relación con su propio peso inicial.

De acuerdo con lo expuesto, Frazer y Huggett (22) subrayan que el feto compite con la madre por los nutrientes, pero únicamente por aquellos que se han ingerido y almacenado durante la gestación y nunca por los que existían en los tejidos maternos al momento de la concepción.

El hecho de que las ratas gestantes malnutridas conserven una ganancia ponderal positiva sobre su peso inicial, y de que exista una disminución en el peso de los fetos frente a las del lote control, indica —de acuerdo con Rosso (23)— que la división de nutrientes no parece favorecer al producto de la concepción en relación con la madre.

Estos datos están corroborados por Rasmussen y Fellows (24), quienes observan un reparto de nutrientes más favorable para la madre que para el feto, en situaciones de malnutrición.

Por lo tanto, no se produjo el efecto de parasitismo fetal descrito por Naismith (18) en las condiciones experimentales aplicadas en nuestro estudio.

En cuanto a la madre gestante alimentada con la dieta de 20% de proteína, no parece utilizar el notable exceso de sustratos acumulados durante la gestación en beneficio del producto de la concepción. Más bien le cede una cantidad menor que la transferida por las ratas cuyas dietas contenían 10% y 40% de proteína.

Por consiguiente, la dieta hiperproteínica parece ejercer también un efecto deletéreo sobre el crecimiento fetal, a pesar del exceso de sustratos disponibles por la madre, cuyo máximo aprovechamiento nutricional parece dirigirse principalmente a incrementar sus propios depósitos, en perjuicio del feto.

A este respecto, Susser (9) señala que la ingesta incrementada de proteínas durante la gestación, puede producir un menor peso al nacimiento y un exceso de mortalidad de niños prematuros.

El efecto de ambas dietas (4 y 20%) podría originarse como consecuencia de un proceso de intercambio materno-fetal de sustratos deficiente, a través de una placenta poco desarrollada, afectándose el crecimiento normal de los fetos.

A nuestro juicio, se establece, pues, una competencia feto-materna por los sustratos, cuando la nutrición de la madre se efectúa con niveles proteínicos en la dieta de 40/o y de 200/o de proteína, que se dirime en ambos casos en favor de la madre y a expensas del feto. El reparto de nutrientes en la unidad materno-fetal, en consecuencia, parece modificarse dependiendo del nivel proteínico de la dieta ingerida por la madre durante el proceso de gestación.

### SUMMARY

#### DIETARY PROTEIN LEVEL. ITS EFFECTS ON SUBSTRATES PARTITION BETWEEN DAMS AND OFFSPRINGS

It is well known that the dietary protein level influences both the pregnancy process and development of the offspring. Therefore, a study was carried out to determine the effect that different protein percentages: 100/o, 40/o and 200/o in diets administered to rats during pregnancy, had on food efficiency and on the substrates partition between rat dams and their neonates.

Experimentation was thus carried out over a period of 21 days (pregnancy) and comparisons were made with well-nourished rats receiving 100/o protein (controls) and between one and other group. Moreover, the effect on pregnancy was observed by comparing pregnant rats with non pregnant rats within each dietary situation.

Food intake, weight parameters and food efficiency ratio were recorded in adult rats. Weight parameters were also evaluated in newborns.

As results revealed, the highest the protein level in the diet, the highest the food efficiency ratio, both in the pregnant group and in the non pregnant group. Weight changes were determined in rat dams and their neonates, as a consequence of the different protein intakes. These also involved alterations in the substrates partition between the mothers and their offspring. Such findings might lead to the retention of substrates by the maternal tissues and, hence, to impairment of neonatal development.

### BIBLIOGRAFIA

1. Freinkel, N., R. L. Phelps & B. E. Metzger. Intermediary metabolism during normal pregnancy. En: *Carbohydrate Metabolism in Pregnancy and the Newborns*. H. W. Sutherland & J. M. Stowers (Eds.). 2nd ed. Aberdeen, Int. Colloq. Berlin, Springer, 1979.
2. Cornblath, M. & R. Schwartz. *Disorders of Carbohydrate Metabolism in Infancy*. 2nd ed. Philadelphia, Saunders, 1976, p. 29-71.
3. Carroll, M. J. & M. Young. The relationship between placental protein synthesis and transfer of amino acids. *Biochem. J.*, **210**: 99-105, 1983.
4. Munro, H. N. Placenta in relation to nutrition. *Fed. Proc.*, **39**: 236-238, 1980.
5. Rosso, P. Placental growth development and function in relation to maternal nutrition. *Fed. Proc.*, **39**: 250-254, 1980.
6. Laga, E. M., S. G. Driscoll & H. N. Munro. Comparison of placentas from two socioeconomic groups. I. Morphometry. *Pediatrics*, **50**: 24-30, 1972.
7. Morgan, B. L. G. & M. Winick. The effect of malnutrition on some aspects of RNA metabolism in the maternal liver and fetal tissues at different stages of

- pregnancy in the rat. *J. Nutr.*, **107**: 1694-1701, 1977.
8. Mora, J. O., B. de Paredes, L. Wagner, L. de Navarro, J. Suescun, N. Christiansen & M. G. Herrera. Nutritional supplementation and the outcome of pregnancy. I. Birth weight. *Am. J. Clin. Nutr.*, **32**: 455-462, 1979.
  9. Susser, M. Prenatal nutrition, birth weight and psychological development: an overview of experiments quasi-experiments and natural experiments in the past decade. *Am. J. Clin. Nutr.*, **34**: 784-803, 1981.
  10. **Nutritional Evaluation of Protein Foods.** Peter L. Pellett and Vernon R. Young (Eds.). Report of a working group sponsored by the International Union of Nutritional Sciences and the United Nations University World Hunger Program. Tokyo, The United Nations University, 1980, 154 p. (WHTR-3UNUP-129).
  11. National Research Council. **Nutrient Requirements of Laboratory Animals.** 3rd. ed. Washington, D. C., Rev. National Academy of Sciences, 1978, p. 7-37.
  12. Sokal, R. R. & F. J. Rohlf. Estimación y tests de hipótesis. En: **Biometría: Los Principios y la Práctica de la Estadística en la Investigación Biológica.** H. Blume (Ed.). Madrid, Héroes, 1979, p. 145-194.
  13. Leung, P. M. B. & Q. R. Rogers. Food intake regulation by plasma amino acid pattern. *Life Sci.*, **8**: 1-7, 1969.
  14. Munro, H. N. Nutritional consequences of excess amino acid intake. En: **Nutritional Improvement of Food and Feed Proteins.** H. D. Friedman, (Ed.). London, New York, Plenum Press, 1978, p. 119-127.
  15. Mc Lean, W. L. & G. C. Graham. The effect of level of protein intake in isoenergetic diets on energy utilization. *Am. J. Clin. Nutr.*, **32**: 1381-1387, 1979.
  16. Ward, L. C. & P. J. Buttery. Dietary protein intake and 3-methyl-histidine excretion in the rat. *Br. J. Nutr.*, **44**: 381-390, 1980.
  17. Donald, P., G. C. Pitt & S. L. Pohl. Body weight and composition in laboratory rats. Effects of diets with high or low protein concentrations. *Science*, **211**: 185-186, 1981.
  18. Naismith, D. J. The requirements for protein and the utilization of protein and calcium during pregnancy. *Metabolism*, **15**: 582-595, 1966.
  19. Hasting-Roberts, M. & F. Zeman. Effects of protein deficiency pair-feeding or diet supplementation on maternal fetal and placental growth in rats. *J. Nutr.*, **107**: 973-982, 1977.
  20. Beaton, G. H., J. Beare, M. H. Ryn & E. W. Mc Henry. Protein metabolism in the pregnant rat. *J. Nutr.*, **54**: 291-299, 1954.
  21. Zartarian, G. N., J. R. Galler & H. N. Munro. Marginal protein deficiency in pregnant rats. Changes in maternal body composition. *J. Nutr.*, **110**: 1291-1297, 1980.
  22. Frazer, J. F. D. & A. St. G. Huggett. The partition of nutrients between mother and conceptus in the pregnant rat. *J. Physiol.*, **207**: 783-788, 1970.
  23. Rosso, P. Nutrition and maternal-fetal exchange. *Am. J. Clin. Nutr.*, **34**: 744-755, 1981.
  24. Rasmussen, K. M. & W. D. Fellows. Nutrient partition between underfed rat dams and their fetuses. *Fed. Proc.*, **44**: 1857, 1985.

# COMPOSICION QUIMICA Y VALOR BIOLOGICO DE TORTILLAS Y PAN PRODUCIDOS A NIVEL INDUSTRIAL EN COSTA RICA

*Emilio Vargas<sup>1</sup>, Roberto Muñoz<sup>2</sup> y Jesús Gómez<sup>2</sup>*

Instituto Costarricense de Investigación y Enseñanza  
en Nutrición y Salud (INCIENSA),  
Universidad de Costa Rica  
Tres Ríos, Costa Rica

## RESUMEN

Se llevó a cabo un estudio para evaluar la calidad nutricional del pan, las tortillas y la masa de maíz producidos industrialmente en Costa Rica. Se estudiaron seis tipos de tortillas, dos de masa y cinco de pan. Seguidamente se sometieron a análisis químicos cada uno de los productos y además, se realizó un estudio en ratas jóvenes recién destetadas, en las que se determinó la razón proteínica neta (NPR). Los resultados corroboraron estudios de otros investigadores, quienes refieren que los productos derivados del maíz son de mejor calidad proteínica que los derivados del trigo. Se encontró poca variación en el contenido de nutrientes totales y la calidad proteínica entre los diversos tipos de productos de trigo y de maíz. El contenido de proteína utilizable fue ligeramente mayor en los productos de trigo que en los de maíz; ambos fueron muy similares en cuanto a energía. Se hizo un análisis económico-nutricional de los resultados, el cual indica que la masa de maíz con soya es más económica para suministrar nutrientes (proteína y energía) a la población, que los productos de trigo.

## INTRODUCCION

El arroz, el maíz y el trigo, forman parte habitual de la dieta del costarricense y, juntamente con los frijoles, constituyen la base de la alimentación de la mayoría de la población (1).

---

Manuscrito modificado recibido: 4-11-86.

- 1 Profesor Asociado y Subdirector del Laboratorio de Nutrición Animal, Escuela de Zootecnia, Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria "Rodrigo Facio", Costa Rica.
- 2 Investigadores del Instituto Costarricense de Investigación y Enseñanza en Nutrición y Salud (INCIENSA), Tres Ríos, Costa Rica.

No obstante que la función fundamental de los cereales es suministrar energía a la dieta, éstos contribuyen en forma significativa al aporte proteínico de la población de menores ingresos, debido al volumen en que se consumen (1, 2). Asimismo, el efecto suplementario que otras fuentes de proteína tienen sobre el cereal, depende de la calidad proteínica de este último, obteniéndose mejores respuestas cuando el cereal es de mejor calidad (3, 4).

El valor proteínico del trigo y el del maíz han sido sometidos a amplios estudios (5). Sin embargo, existe evidencia de que la calidad proteínica del grano y sus productos derivados puede ser afectada por el proceso a que éste se somete. Así, se ha demostrado que la tortilla es de mejor valor nutritivo que el maíz, hecho que se asocia a una menor solubilidad de la zeína del maíz, debido al tratamiento alcalino de que es objeto (6). Por otro lado, en el proceso de horneado del pan, algunos de sus aminoácidos se inactivan, especialmente la lisina, los cuales se convierten a una forma no disponible para el organismo humano o animal (7).

La información sobre la importación de trigo y de maíz, así como la producción local de este último, indica un aumento creciente en el precio de estos granos importados, durante la década de los años setenta. En promedio, el precio del trigo es mayor que el del maíz, tanto del importado como del de producción nacional.

En Costa Rica han surgido en los últimos años industrias que producen tortillas y masa de maíz lista para ser usada por el ama de casa. Si se considera que el país está pagando más de 1,400 millones de colones<sup>4</sup> al año por la importación de trigo, salta a la vista la importancia de conocer el valor nutritivo de la tortilla y el pan producidos en el país, a fin de poder recomendar la sustitución de un cereal por el otro, sin menoscabo del estado nutricional de la población.

## MATERIAL Y METODOS

### *Muestras*

Se obtuvieron muestras en las principales fábricas productoras de tortillas terminadas y masa para tortillas, así como de cinco diferentes marcas de pan producidas en Costa Rica. Las variedades del maíz utilizadas en su fabricación no eran de nuestro conocimiento. Los materiales fueron transportados al Instituto Costarricense de Investigación y Enseñanza en Salud (INCIENSA), en donde una vez identificados, se deshidrataron en un horno con aire forzado a 50°C, por 24 horas. El material así secado, se molió en un molino de martillos, utilizando una malla de 1 mm y se guardó en bolsas plásticas selladas hasta el momento de ser utilizado en los estudios biológicos. Una de las plantas procesadoras manifestó que uno de sus productos (masa de maíz con soya) contiene entre 4 y 60/o de harina de soya. Algunas fábricas de tortillas los usan para producir tacos, mientras que otras los expenden directamente.

---

<sup>4</sup> Un dolar de los Estados Unidos de América equivale a 57.20 colones.

En general, todas las plantas industriales procesadoras de tortillas o masa de maíz, agregan carboxil celulosa como aditivo, con el objeto de darle mayor plasticidad a las tortillas, evitando que éstas se quiebren con la pérdida de humedad.

### *Análisis Químicos*

A cada una de las muestras se le determinó su contenido de humedad, proteína, grasa y energía bruta, antes de deshidratarse, siguiendo los métodos tradicionales de la AOAC (8). De igual forma, se cuantificó el contenido de calcio (Ca), magnesio (Mg), cobre (Cu) y zinc (Zn) por la técnica de absorción atómica (9), y el fósforo (P) por el método calorimétrico de Fiske y Subbarow modificado por Fick *et al.* (9).

### *Ensayos Biológicos*

En base al contenido proteínico de cada alimento sometido a estudio, se prepararon 13 dietas isoproteínicas e isocalóricas. Se elaboró además una dieta control con leche descremada, y otra libre de nitrógeno (DLN). Además, cada dieta contenía en términos de porcentaje: aceite de soya, 4.0; aceite de hígado de bacalao, 1.0; fosfato de calcio, 1.5; vitaminas y minerales, 0.5 y almidón de maíz hasta completar el 100 por ciento. El análisis de proteína (N x 6.25), grasa y cálculo de calorías indicó un contenido promedio de estos nutrientes en todas las dietas de  $7.0 \pm 0.2\%$ ,  $7.6 \pm 1.2\%$  y  $408 \pm 6$  Kcal/100 g, respectivamente.

Cada dieta así preparada, se suministró a ratas Sprague Dawley de 21 a 23 días de edad, las cuales fueron seleccionadas de modo que el peso entre grupos fuese similar ( $\pm 1$  g) y que cada grupo estuviera constituido por ocho animales, cuatro machos y cuatro hembras. Las ratas se alojaron en jaulas individuales con piso metálico levadizo. En todos los casos se suministró *ad libitum* tanto el agua como las raciones experimentales. Los animales y el alimento se pesaron al inicio y al final del experimento, el cual tuvo una duración de 10 días. Para el estudio se siguió la técnica de la razón proteínica neta (NPR) descrita por Pellet y Young (10).

### *Análisis Estadístico*

Se utilizó un diseño de bloques al azar y se compararon los efectos del tratamiento (alimentos) por medio del análisis de varianza. Para comparar las medias de los tratamientos se utilizó la prueba de Duncan (11), asociándose las diferencias significativas con un mínimo de probabilidades de 50/o.

## RESULTADOS

La composición química de las tortillas, masa y pan se detalla en las Tablas 1 y 2. Las tortillas contienen más humedad que el pan, la cual fluctúa entre 33.560/o en las tortillas para tacos y 54.290/o en las tortillas de proceso casero. Los panes acusaron valores de 23.47 a 34.260/o.

Se observó una mayor concentración de proteína cruda en los panes

TABLA 1

ALGUNAS CARACTERISTICAS QUIMICAS DEL PAN (P.) Y LA TORTILLA  
(T.) PRODUCIDOS INDUSTRIALMENTE EN COSTA RICA  
(Expresadas en base seca)

Alimento	Humedad g/100 g	Proteína cruda N x 6.25 g/100 g	Grasa g/100 g	Calorías totales <sup>1</sup> Kcal/100 g
Masa de maíz con soya <sup>2</sup>	7.36	10.52	4.96	409
Masa de maíz sin soya	8.47	8.74	4.96	409
T. proceso casero <sup>3</sup>	54.29	7.77	4.29	403
T. fábrica 1	44.11	9.56	4.44	411
T. fábrica 2	47.88	8.59	4.03	403
T. fábrica 3	45.28	8.11	3.87	404
T. fábrica 4	45.63	8.83	4.24	407
T. fábrica 5	33.56	10.04	3.46	406
P. blanco en paquete	34.26	13.94	1.27	404
P. blanco bollo	23.47	15.27	1.14	400
P. integral en paquete	33.23	14.74	1.67	407
P. blanco bollito	29.16	15.14	0.63	400
P. dulce	25.79	11.31	4.53	423

1 Energía bruta determinada con la bomba calorimétrica.

2 Masa fabricada industrialmente con harina de soya desgrasada al nivel de 4 a 6%.

3 Estas tortillas se adquirieron en dos pequeñas fábricas en las que el maíz es sometido a cocción con cal, y las tortillas se fabrican en forma manual, siguiendo las tradiciones culinarias del país.

que en los productos de origen de maíz, mientras que el contenido de grasa fue mayor en los productos derivados de maíz, con excepción del pan dulce, que mostró un valor semejante. El valor relativamente alto del contenido de grasa en los productos de maíz posiblemente se debe a que estos productos retienen el germen, lo que no sucede con las harinas de trigo. Todos los productos tenían un contenido calórico similar, salvo el pan dulce, que arrojó un valor más alto, siendo éste de 423 Kcal/100 g. Tal como se observa en la Tabla 2, la composición mineral fue semejante en todos los productos, destacándose la alta concentración de calcio en los derivados del maíz, en contraste con los valores previstos para este nutriente en el grano. La concentración de hierro fue más elevada en los panes (57 ppm) que en las tortillas y en la masa (38 ppm).

El aumento ponderal de las ratas, así como su consumo de alimento, proteína y energía se presenta en la Tabla 3. Los animales alimentados con la dieta a base de pan, consumieron significativamente ( $P < 0.05$ ) menos alimento y nutrientes que aquellos cuyas dietas eran a base de derivados de maíz. El efecto del menor consumo se tradujo en aumentos de peso sumamente pobres en los animales que consumieron las dietas a base de pan.

TABLA 2

COMPOSICION QUIMICA MINERAL DEL PAN (P.) Y LA TORTILLA  
(T.) PRODUCIDOS INDUSTRIALMENTE EN COSTA RICA

(Expresada en base seca)

Alimento	Ca	P	Mg	Fe	Cu	Zn
	mg/100 g			mg/kg		
Masa de maíz, con soya	126	329	116	33	4	26
T. proceso casero	104	294	72	35	13	46
T. fábrica 1	208	340	104	37	12	39
T. fábrica 2	157	290	108	53	38	26
Masa de maíz, sin soya	129	322	107	30	3	25
T. fábrica 3	109	256	83	31	13	21
T. fábrica 4	143	310	108	55	48	31
T. fábrica 5	226	237	99	30	12	28
P. de paquete	205	154	44	67	6	16
P. blanco hollo	96	146	59	67	3	44
P. integral de paquete	139	277	83	45	8	31
P. blanco bollito	86	151	56	55	7	18
P. dulce	8	221	26	51	5	16

La calidad proteínica de los productos estudiados se muestra en la Tabla 4. Al igual que con los otros parámetros, los productos derivados de maíz presentaron mejor calidad proteínica que los productos a base de harina de trigo. Al hacer la corrección de cantidad de proteína por su calidad, la proteína utilizable que aportan todos los productos fue semejante y con valores que fluctúan entre 3.72 y 6.60<sup>o</sup>/o.

Algunas consideraciones económico-nutricionales del pan, las tortillas y la masa comercializados en Costa Rica, se exponen en la Tabla 5. Según se observa, las tortillas por 100 g de producto fresco, son ligeramente más baratas que el pan; sin embargo, al corregir por humedad, el costo promedio de las primeras es de ₡4.58, en comparación al pan, que cuesta ₡4.37 por 100 g, ambos de producto seco. Teniendo en cuenta los costos de los productos, así como el contenido de proteína y energía utilizable de cada uno de ellos, se calculó el precio de la proteína y energía utilizable de cada alimento. Se determinó así que el costo de 100 g de proteína utilizable entregado por tortillas es, en promedio, de 109 colones, en contraste con el pan, que es de sólo 76 colones. El costo de 100 Kcal entregado por tortillas o por el pan es prácticamente el mismo, con un promedio general de 1.23 colones. Cabe destacar los costos tan bajos para proteína y energía utilizable de la masa de maíz con soya, que son sólo de 43.39 y 0.66 colones por 100 g de proteína y 100 Kcal utilizables, respectivamente.

TABLA 3

COMPORTAMIENTO DE RATAS ALIMENTADAS CON DIETAS A  
BASE DE PAN (P.) Y TORTILLAS (T.), PRODUCIDOS INDUSTRIALMENTE  
EN COSTA RICA

Alimento	Ganancia de peso (g/10 días)	Consumo		
		Alimento (g/10 días)	Proteína cruda (g/10 días)	Calorías brutas (Kcal/10 días)
Leche descremada	29.0 <sup>a</sup>	100.5 <sup>a</sup>	7.28 <sup>a</sup>	416
Masa de maíz, con soya	12.5 <sup>b</sup>	83.0 <sup>b</sup>	6.05 <sup>a</sup>	338
T. proceso casero	11.8 <sup>b</sup>	81.3 <sup>b c</sup>	5.79 <sup>b</sup>	327
T. fábrica 1	8.2 <sup>b</sup>	66.7 <sup>c d</sup>	4.88 <sup>b c</sup>	271
T. fábrica 2	8.2 <sup>b</sup>	83.0 <sup>b</sup>	5.54 <sup>b</sup>	335
Masa de maíz, sin soya	6.8 <sup>c</sup>	79.0 <sup>b c</sup>	5.62 <sup>b</sup>	316
T. fábrica 3	6.7 <sup>c</sup>	66.7 <sup>c d</sup>	4.87 <sup>b c</sup>	265
T. fábrica 4	6.3 <sup>c</sup>	66.2 <sup>c d</sup>	4.56 <sup>b c</sup>	265
T. fábrica 5	3.8 <sup>c d</sup>	67.4 <sup>b c d</sup>	4.60 <sup>b c</sup>	274
P. blanco en paquete	3.2 <sup>c d</sup>	57.3 <sup>d e</sup>	3.86 <sup>c</sup>	251
P. blanco bollito	0.8 <sup>d</sup>	61.0 <sup>d e</sup>	4.68 <sup>b c</sup>	252
P. dulce	0.7 <sup>d</sup>	50.0 <sup>e</sup>	3.60 <sup>c</sup>	204
P. blanco bollo	2.7 <sup>c d</sup>	68.0 <sup>b c d</sup>	4.73 <sup>b c</sup>	281
P. integral en paquete	2.3 <sup>c d</sup>	60.7 <sup>d e</sup>	4.08 <sup>c</sup>	251

a, b, c, d, e: Los promedios en la misma columna, con una letra en común, no difieren entre sí ( $P < 0.05$ ).

#### DISCUSION

Los resultados del presente estudio confirman los de otras investigaciones (2, 5): la calidad proteínica de la masa de maíz y la tortilla terminada es ligeramente superior a la del pan, no obstante que el grano de trigo es de calidad nutricional ligeramente superior que la del maíz. Este hecho puede explicarse por el proceso industrial que sufre cada uno de los productos. En el caso de las tortillas, por ejemplo, el tratamiento con cal, que es utilizado en Costa Rica y que fue desarrollado por la civilización maya hace varios siglos, mejora la calidad de la masa, pues produce una mejor disponibilidad de los aminoácidos de la proteína del maíz para su hidrólisis enzimática. Esto lo explica la menor solubilidad de la zeína, y un mejor balance de leucina/isoleucina (6). Asimismo, el tratamiento con carbonato de calcio mejora el contenido de este elemento en la tortilla, en comparación con el grano de maíz; cabe señalar que, generalmente, nuestras poblaciones de bajos ingresos son deficientes en calcio. Por su parte, en la fabricación de pan, el proceso de horneado implica un tratamiento a temperaturas altas (150 a 175°C) por períodos prolongados

TABLA 4

**CALIDAD PROTEINICA DE LAS TORTILLAS (T.) Y PAN (P.)  
PRODUCIDOS EN COSTA RICA**  
(Expresada en base seca)

Alimento	Proteína cruda o/o	NPR <sup>1</sup>	Valor nutritivo relativo o/o	Proteína <sup>3</sup> utilizable o/o
Leche descremada <sup>2</sup>	36.50	5.39 <sup>a</sup>	75.00	27.38
Masa de maíz, con soya	10.52	3.82 <sup>b</sup>	53.15	5.60
T. proceso casero	7.77	3.79 <sup>b</sup>	52.74	4.09
T. fábrica 1	9.56	3.74 <sup>b</sup>	52.04	4.97
T. fábrica 4	8.83	3.57 <sup>bc</sup>	49.68	4.39
T. fábrica 3	8.11	3.45 <sup>bc</sup>	48.01	3.89
P. blanco, en paquete	13.94	3.40 <sup>bc</sup>	47.31	6.60
T. fábrica 2	8.59	3.33 <sup>bc</sup>	46.34	3.98
P. integral, en paquete	14.74	3.98 <sup>bc</sup>	42.86	6.32
P. dulce	11.31	3.06 <sup>bc</sup>	42.58	4.82
Masa de maíz, sin soya	8.74	3.06 <sup>bc</sup>	42.58	3.72
T. fábrica 5	10.04	2.90 <sup>bc</sup>	40.45	4.06
P. blanco bollo	15.27	2.73	37.99	5.80
P. blanco bollito	15.14	2.45 <sup>c</sup>	34.09	5.16

1 Razón proteínica neta = 
$$\frac{\text{Ganancia peso dieta en el estudio} - \text{ganancia peso DLN}}{\text{Proteína consumida}}$$

La ganancia de peso de DLN fue de -10.0 g/10 días.

2 Expresado en función de un puntaje de 75 o/o para la leche = 
$$\frac{\text{NPR producto} \times 75}{\text{NPR de la leche}}$$

3 o/o Proteína utilizable = o/o proteína cruda x valor nutritivo relativo /100.

a, b, c Los promedios en la misma columna, con una letra en común, no difieren entre sí ( $P < 0.05$ ).

(45 a 60 minutos), lo cual afecta en forma negativa la disponibilidad de aminoácidos, especialmente la lisina que, además, es deficiente en el grano de trigo (5).

No se encontró una diferencia apreciable entre los diferentes tipos de tortillas o panes, en lo referente al valor nutritivo y contenido de nutrientes, es decir, tanto de proteína utilizable como de energía y minerales. Por lo tanto, es factible utilizar cualquier tipo de tortilla o pan con resultados semejantes en lo que a la cantidad de nutrientes que proporcionan al consumidor concierne.

TABLA 5

## ALGUNAS CONSIDERACIONES ECONOMICAS DEL PAN (P.) Y LA TORTILLA (T.) PRODUCIDOS EN COSTA RICA

Alimento	Precio en colones <sup>1</sup>			
	100 g de producto	100 g de producto seco	100 g de proteína utilizable	100 Kcal utilizable <sup>2</sup>
Masa de maíz, con soya	2.25	2.43	43.39	0.66
Masa de maíz, sin soya	2.25	2.46	66.13	0.66
T. proceso casero	2.42	5.29	129.34	1.46
T. fábrica 1	2.23	3.99	80.28	1.08
T. fábrica 2	2.50	4.80	120.60	1.32
T. fábrica 3	2.21	4.04	103.86	1.11
T. fábrica 4	2.28	5.30	120.73	1.45
T. fábrica 5	2.71	4.08	100.49	1.12
P. blanco paquete	2.84	4.32	65.45	1.19
P. blanco bollo	3.30	4.31	74.31	1.20
P. integral paquete	3.35	5.32	84.18	1.45
P. blanco bollito	3.50	4.94	95.74	1.37
P. dulce	2.18	2.94	61.00	0.77

1 Un dólar de los Estados Unidos de América equivale a 57.20 colones.

2 100 Kcal utilizables =  $\frac{\text{Precio por 100 g de producto seco}}{\text{Kcal/100 g de producto seco}} \times \frac{10,000}{90}$

Se asume una utilización energética del 90% (14).

El análisis económico-nutricional de los panes y las tortillas industrializadas en Costa Rica (Tabla 5) revela que los panes son más caros que las tortillas por cada 100 g de producto; sin embargo, al corregir por humedad, el precio promedio de las tortillas es mayor que el de los panes (4.58 y 4.37 colones por 100 g de peso seco, respectivamente). Asimismo, el precio de 100 g de proteína utilizable es más alto en las tortillas que en los panes. Considerando que el precio del maíz es inferior al del trigo, y que el proceso para producir tortillas es más sencillo y menos costoso que el de pan, se sugiere hacer una revisión de los precios de estos dos productos de la canasta básica de los costarricenses. Destaca el alto valor nutricional y el bajo costo de proteína y energía utilizable de la masa de maíz con soya, el cual resultó ser el producto de más bajo costo estudiado. Es más que conocido el efecto complementario del maíz y la soya (3, 4, 12), así como el efecto positivo que una mayor densidad energética ejerce sobre la utilización de la proteína y la dieta en general (12, 13). En consecuencia, a partir de los resultados del presente trabajo y otros datos de la literatura (3, 4, 12, 13), el agregado de 6 a 10% de soya integral a la masa para la fabricación de tortillas, sería una excelente alternativa para contribuir al mejoramiento de la dieta del costarricense. De esta manera

se mejoraría la cantidad y la calidad de la proteína, así como la cantidad de energía de la masa y, por consiguiente, de la tortilla fabricada en forma casera con ese producto.

Los hallazgos del trabajo aquí descrito indican que las tortillas producidas a nivel industrial en Costa Rica, constituyen un alimento de calidad nutricional semejante, y que son capaces de entregar a los pobladores, una cantidad de nutrientes equivalente a los del pan.

## SUMMARY

### CHEMICAL COMPOSITION AND NUTRITIONAL VALUE OF TORTILLAS AND BREAD PRODUCED AT INDUSTRIAL LEVEL IN COSTA RICA

A study was conducted to evaluate the nutritive value of tortilla, wheat bread, and tortilla meal. Six types of tortillas, five breads and two tortillas meal were thus studied. Chemical composition of each product was determined, and biological trials in laboratory rats were also carried out with each of them. Results demonstrated that the corn products had a better protein quality than the wheat products. Furthermore, little variability in nutrient content and protein quality (NPR) between the different corn and wheat products was found. The utilizable protein content of the wheat products was higher than that of the corn products, while the gross energy content was similar for both. An economical-nutritional analysis revealed that the corn-soybean tortilla meal is the most nutritive and economic product to provide basic nutrients (protein and energy) to the population.

## BIBLIOGRAFIA

1. C. R. Ministerio de Salud. Departamento de Nutrición. Encuesta Nacional de Nutrición 1978. San José, Departamento de Publicaciones e Impresos. 1980.
2. Bressani, R. El valor nutricional del arroz en comparación con el de otros cereales en la dieta humana de América Latina. En: Políticas Arroceras en América Latina. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 1972, p. 1-20.
3. Bressani, R., E. Hernández, A. Colón, A. Wolzak & R. Gómez-Brenes. Efecto suplementario de tres fuentes de proteína de soya sobre diferentes selecciones o productos de maíz. Arch. Latinoamer. Nutr., 31: 52-62, 1981.
4. Bressani, R. El sistema alimentario cereal-leguminosa de grano. Interciencia, 4: 253-259, 1979.
5. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Contenido en Aminoácidos de los Alimentos y Datos Biológicos sobre las Proteínas. Roma, FAO, Interprint (Malta) Ltd., 1976, p. 385.
6. Bressani, R. & N. S. Scrimshaw. Effect of lime treatment on *in vitro* availability of essential amino acids and solubility of protein fractions in corn. J. Agric. Food Chem., 6: 774-778, 1958.
7. Proncsuk, A., D. Parulowska & J. Bartnik. Effect of heat treatment on the digestibility and utilization of protein. Nutritional Metabolism, 15: 171-180, 1978.
8. Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis of the AOAC. 12th ed. Washington, D. C. The Association, 1975.

9. Fick, K. R., S. M. Miller, J. D. Funk, Mac Dowell & R. H. Houser. Methods of mineral analysis for plant and animal tissues. Gainesville University of Florida, Animal Science Department, 1976, p. irr.
10. **Nutritional Evaluation of Protein Foods.** Peter L. Pellett and Vernon R. Young (Eds.). Tokyo, The United Nations University World Hunger Programme, 1980, 154 p. (WHTR-3/UNUP-129)
11. Little, T. M. & F. J. Hills. **Statistical Methods in Agricultural Research.** California, Little and Hills, 1971
12. Bressani, R., B. Murillo & L. G. Elías. Whole soybeans as a mean of increasing protein and calories in maize-based diets. *J. Food Sci.*, **19**: 577-580, 1977.
13. Murillo, B., M. T. Cabezas & R. Bressani. Influencia de la densidad calórica sobre la utilización de la proteína en dietas elaboradas a base de maíz y frijol. *Arch. Latinoamer. Nutr.*, **26**: 233-241, 1974.
14. Merril, A. L. & B. K. Watt. **Energy Value of Foods. Basis and Derivation.** U. S. Department of Agriculture, Handbook No. 74, 1973.

## AMINO ACID COMPOSITION OF SOME *Amaranthus* sp. GRAIN PROTEINS AND OF ITS FRACTIONS<sup>1</sup>

*Angelita Duarte Correa*<sup>2</sup>, *Lieselotte Jokl*<sup>3</sup> and *Rolf Carisson*<sup>4</sup>

Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais,  
Brazil, and  
University of Lund, Lund, Sweden

### SUMMARY

This study was carried out to determine the protein content of several *Amaranthus* sp. grains. Findings revealed this has a high lysine (5.3 to 6.3 of the protein) and sulphur amino acids content (3.4 - 4.0<sup>o</sup>/o), while leucine could well be limiting when those seeds are used as a sole protein source in food. Using the correction for *in vitro* protein digestibility, the chemical score varied from 50 to 67. The calculated protein efficiency ratios and biological values ranged from 1.39 to 1.80 and 53 to 68, respectively. Considering that amaranth grain is a good supplement to cereal grain, the protein of *A. hypochondriacus* HH5 (yellow seeds) and *A. anclanctus* (black seeds) was fractionated into albumin, globulin, prolamin and glutelin. The average proportions between those soluble proteins were 65:17:11:7, respectively. Albumin had the highest lysine content (7.3 - 8.2<sup>o</sup>/o), and globulin the highest methionine (4.1 - 5.3<sup>o</sup>/o) and phenylalanine (6.0 - 6.1<sup>o</sup>/o) content. Prolamin had the highest threonine (4.6 - 5.4<sup>o</sup>/o) and leucine (6.8 - 6.9<sup>o</sup>/o) content, while glutelin had a very low methionine content (0.6 - 1.0<sup>o</sup>/o).

Based on the above-mentioned findings, the authors conclude the variation in the amino acid composition of the protein fractions can be used for genetic protein improvement.

---

Manuscrito modificado recibido: 21-11-85.

- 1 This work was supported by Grants from CAPES-PI, FINEP/UFMG (No. 323) and CNPq (Proc. No. 3736/81). This paper was extracted from the thesis of A. D. Corrêa, prepared as partial requirement for her M. S. degree, submitted to the Department of Biochemistry and Immunology - ICB/UFMG.
- 2 Presently at the Departamento de Química, Faculdade de Ciências Agrárias/FETA, Caixa Postal 23, Alfenas, MG, 37.200, Brasil.
- 3 Departamento de Alimentos, Faculdade de Farmácia/UFMG, Ave. Olegário Maciel, 2360, Belo Horizonte, MG, 30.180, Brasil (Address for reprint requests).
- 4 Department of Plant physiology, Institute of Physiological Botany, University of Lund, Box 7007, S 22007, Lund, Sweden.

## INTRODUCTION

Cereals are the major food source for human diets. Nevertheless, their mean protein content is low (about 10<sup>o</sup>/o) and generally imbalanced. Lysine is particularly limiting, but other amino acids such as threonine (sorghum, wheat) and tryptophan (corn, millet) are limiting as well. On the other hand, there could be an excess of leucine which increases the need for niacin, being also partially responsible for pellagra (1).

The pseudo-cereal *Amaranthus* is one of 23 tropical plants, recommended for studies aimed to enhance food quality in the tropics (2). The present investigation on amaranth grain protein and its soluble-protein fractions constitutes part of such a study. Their amino acid composition was therefore determined, and some parameters for nutritive value estimated.

## MATERIAL AND METHODS

### *Plant Material*

A general description of the *Amaranthus* species studied and its cultivation conditions are given in Table 1. A more detailed description of those conditions was provided in a previous work (3). The seeds were dried at 60°C and ground to pass a 35 mesh sieve.

### *Analytical Methods*

For their amino acid analysis, samples were hydrolyzed with 6N HCl in sealed tubes for 20 hr, at 110 ± 20°C, with and without previous oxidation with performic acid. The vacuum-dried hydrolysate was then dissolved in 0.2 M sodium citrate buffer, pH 2, filtered, and an aliquot applied on a Beckman 120 C automatic amino acid analyzer (4, 5). Tryptophan levels were obtained by a colorimetric method, after alkaline hydrolysis (6) and the nitrogen conversion factors were also determined (4, 5).

### *Nutritional Value*

The nutritive value was estimated taking some parameters based on the amino acid composition of amaranth grains and of the ANRC casein (o/o protein: 7.2 lysine; 4.1 threonine; 0.9 cysteine; 2.2 methionine; 6.4 valine; 5.0 isoleucine; 9.8 leucine; 5.3 tyrosine; 5.4 phenylalanine, and 1.2 tryptophan). The following parameters were calculated: amino acid score - AAS (8), protein efficiency ratio - CPER (9) and biological value - CBV (10). When necessary, the *in vitro* protein digestibility values were taken from a previous experiment (3).

### *Protein Fractionation*

NaCl and Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> in different concentrations (0.5, 1.0, 5 and 10<sup>o</sup>/o) were tested, so as to establish the best extraction conditions of the soluble

TABLE 1

**AMARANTHUS SPECIES USED IN THIS EXPERIMENT AND  
CULTIVATION CONDITIONS**

Fertilizer level (kg N/ha)	Latin name	Seed coat color	Other cultivation conditions <sup>a</sup>
0	<i>A. anclancalius</i>	Black	Brazil ( <i>Belo Horizonte, Minas Gerais</i> ): Dry, tropical climate, at high altitude (1000 m above sea level). No irrigation.
	<i>A. gangeticus</i>	Black	
	<i>A. hypochondriacus</i> HH5	Yellow	
	<i>A. cruentus</i> HH1	Yellow	
100	<i>A. anclancalius</i>	Black	Puerto Rico ( <i>Mayaguez</i> ): Hot, humid, rainy subtropical climate, at lowland area. No irrigation.
	<i>A. hypochondriacus</i> HH5	Yellow	
	<i>A. mantegazzianus</i>	Yellow	
200	<i>A. anclancalius</i>	Black	California ( <i>Davis</i> ): Hot, temperate climate, at dry lowland area. Irrigation (every 2 weeks).
	<i>A. gangeticus</i>	Black	
	<i>A. hypochondriacus</i> HH5	Yellow	
	<i>A. mantegazzianus</i>	Yellow	

<sup>a</sup> More details are presented in a previous paper (3).

proteins from *A. hypochondriacus* HH5 (yellow-coated seed) and *A. anclancalius* (black-coated seed). The fractionation into albumin, globulin, prolamin and glutelin was performed according to Padhye & Salunkhe (11). The amount of extracted protein from each fraction was also determined (12). The amino acids of the protein fractions were analyzed without performic acid oxidation, which means that the sulphur amino acids values are underestimated. A standard deviation of  $\pm 8\%$  was used for comparison purposes between the amino acid values determined.

## RESULTS AND DISCUSSION

### *Whole Grain Protein*

The amino acid composition of grains from different *Amaranthus* species and a reference protein (13) are presented in Table 2. Because no differences were detected in the seed amino acid compositions under different cultivation conditions, and considering a standard deviation of  $\pm 8\%$ , only the mean values for each *Amaranthus* species are given. Evidently, the fertilization level did not affect the particular amino acid values, without no differences observed between species. On the other hand, Carlsson (14) noted slightly higher values for some essential amino acids infertilized (200 kg N/ha) samples, in contrast with non-fertilized samples (*A. cruentus* HH3 and *A. hypochondriacus* HH 4/5).

TABLE 2  
MEAN AMINO ACID COMPOSITION OF AMARANTH SEEDS  
(g/100 g PROTEIN)

Amino acids	Samples <sup>a</sup>					Reference protein <sup>b</sup>
	Ahy	Aab	Agb	Amy	Acy	
Lysine	6.1	5.7	6.1	6.2	6.2	5.1
Threonine	4.6	4.4	4.3	4.3	4.5	4.1
1/2 cystine	2.1	2.0	2.1	2.0	2.0	
Methionine	1.7	1.7	1.8	1.8	1.7	
(Met + Cys)	3.9	3.7	3.9	3.8	3.7	2.6
Valine	4.4	4.6	4.5	4.6	4.8	4.8
Isoleucine	4.0	4.0	3.9	3.9	4.2	4.2
Leucine	6.2	6.0	6.0	6.3	6.1	7.0
Tyrosine	4.3	4.3	4.3	4.3	4.4	
Phenylalanine	4.8	4.7	4.6	4.8	4.7	
(Tyr + Phe)	9.1	9.0	8.9	9.1	9.1	7.3
Tryptophan	1.3	1.2	1.2	1.4	1.4	1.1
Histidine	2.7	2.8	3.2	3.0	2.7	
Arginine	8.1	8.1	8.5	9.4	7.9	
Aspartic acid	8.1	8.1	8.1	8.6	8.0	
Serine	8.0	8.7	8.6	7.1	7.9	
Glutamic acid	16.6	16.9	16.3	16.6	17.1	
Proline	4.6	4.5	4.4	4.5	4.5	
Glycine	8.4	8.6	8.8	7.4	8.3	
Alanine	3.9	3.8	3.7	3.9	3.6	
CF <sup>c</sup>	6.00	6.00	5.92	5.92	6.02	

<sup>a</sup> Ah (*A. hypochondriacus* HH5), AA (*A. anclancalius*), Ag (*A. gangeticus*), Am (*A. mantegazzianus*), Ac (*A. cruentus* HH1), y (yellow-coated seed), b (black-coated seed).

<sup>b</sup> FNB (13).

<sup>c</sup> Nitrogen to protein conversion factor.

The black-coated seeds (*A. anclancalius* and *A. gangeticus*) contained more serine and less tryptophan than the yellow-coated ones (Table 2). Higher values for serine, glycine and sulphur amino acids have been determined in black-coated seeds (14) when compared to "white" (yellow) seeds. Comparison of the present amino acid levels with those obtained by Carlsson (14) for *A. hypochondriacus* HH5 (white), *A. gangeticus* (black) and *A. cruentus* HH1 (white) as well as HH3 (brown), revealed some divergent results: slightly lower values for lysine (5.2 - 5.50/o), leucine (5.6 - 5.70/o), and phenylalanine (3.9 - 4.00/o), while the methionine values were higher (2.3 - 2.60/o). As to *A. cruentus*,

somewhat lower results were observed (15, 16) for tyrosine, threonine, and tryptophan, while the methionine and cysteine values were higher in spite of the fact that one of the samples was a black-coated variety. In *A. hypochondriacus* much lower values were reported for lysine, phenylalanine and tyrosine (16, 17) and quite higher ones for proline and glycine (17). These divergencies could probably be attributed to differences in analytical methods and/or in seed varieties.

The average nitrogen-to-protein conversion factor of all samples analyzed was 5.97 (Table 2). Values comprised between 5.4 and 5.8 have been reported for several *Amaranthus* species (14) and 5.85 for *A. edulis* (*A. caudatus*) and *A. cruentus* (15).

#### *Estimated Nutritive Value*

When compared to a reference protein (13), the primary limiting amino acid of the *Amaranthus* studied, was leucine (Table 3), finding which is in accordance with the literature (14, 15, 18-22).

The amino acid score (AAS) of the *Amaranthus* species included in this work, varied from 0.81 to 0.90, i.e., values similar to those of animal proteins. Vegetable proteins present a delayed or incomplete digestion when compared to those of animal origin. Therefore, a digestibility factor should be considered to estimate protein utilization (1, 8). Using the *in vitro* protein digestibility values (Table 3), obtained in a preceding work (3), the corrected amino acid score (CAAS) ranged from 50 to 67 (Table 3). The black-coated seeds had a lower CAAS than the yellow ones.

Considering that the *in vivo* methods for nutritive value analysis of proteins are expensive and time consuming, a calculated protein efficiency ratio (CPER) and biological value (CBV) were used as a first approach (Table 3). Nevertheless, as happens with other *in vitro* methods, these may not give a completely true judgement of the proteins' nutritional value. The average CPER values were 1.45 for *A. anclanalius* and 1.39 for *A. gangeticus*, both black-coated seeds, while those values were 1.80 for *A. cruentus* HH1, 1.79 for *A. hypochondriacus* HH5, and 1.66 for *A. mantegazzianus*, all three of them with yellow-coated seeds. The digestibility factor is taken into account for calculation of the CPER. Therefore, those values could be compared to PER results from biological assays; *in vivo* PER values equal to 1.50 for *A. cruentus* and *A. hypochondriacus* have been reported (19, 20). Furthermore, Carlsson (14) showed that *A. hypochondriacus* HH5 with "white" seeds (yellow) gave higher daily weight gains (3.7 g/d) than *Amaranthus* sp. with black seeds (1.7 g/d  $\pm$  0.8).

The equation for calculated biological value (CBV) (10) gave values of 0.73 - 1.00 (Table 3). When these were corrected for the digestibility factor (CCBV) they now varied from 0.53 to 0.68. Again, black-coated seeds gave lower CCBV values than the yellow ones. *A. hypochondriacus* exhibited a biological value of 0.74 and a true digestibility of 0.76 (23).

The CAAS and CCBV values are similar if two samples are excluded (AhBy and AmCy, Table 3), for which very high and very low threonine values were recorded (4.8 and 4.20/o, respectively). Since threonine plays a major role in the equation for CBV (10), a respective sub- and super-estimation of the CCBV may result. The linear correlation coefficient

TABLE 3

## ESTIMATION OF THE NUTRITIVE VALUE OF AMARANTH SEED PROTEIN

Parameters <sup>b</sup>	Sample <sup>a</sup>											
	AhBy	AhPRy	AhCy	AaBb	AaPRb	AaCb	AgBb	AgCb	AmPRy	AmPRy	AcBy	
LAA												
First	Leu	Leu	Leu	Leu	Leu	Leu	Leu	Leu	Leu	Leu	Leu	Leu
Second	Val	Val	Val	Ile	Ile	Ile	Ile	Ile	Ile	Ile	Ile	Ile
Third	Ile	Ile	Ile	Val	Val	Val	Val	Val	Val	Val	Val	Val
AAS	0.89	0.87	0.89	0.89	0.81	0.89	0.84	0.86	0.89	0.90	0.87	0.87
i. v. PD	0.76	0.70	0.70	0.64	0.61	0.64	0.62	0.62	0.67	0.68	0.70	0.70
CAAS	0.67	0.61	0.62	0.57	0.50	0.57	0.52	0.53	0.59	0.61	0.61	0.61
CPER	1.80	1.74	1.76	1.49	1.31	1.54	1.38	1.40	1.65	1.08	1.80	1.80
CBV	0.73	0.84	0.91	0.87	0.87	0.88	0.85	0.87	0.91	1.00	0.91	0.91
CCBV	0.55	0.59	0.64	0.56	0.53	0.56	0.53	0.54	0.61	0.68	0.64	0.64

<sup>a</sup> Ah (*A. hypochondriacus* HH5), Aa (*A. anclancalius*), Ag (*A. gangeticus*), Am (*A. mantegazzianus*), Ac (*A. cruentus* HH1); B (Brazil), PR (Puerto Rico), C (California); y (yellow), b (black).

<sup>b</sup> LAA: limiting amino acids; AAS: amino acid scoring (8); i. v. PD: *in vitro* protein digestibility (3); CAAS: corrected AAS; CPER: calculated protein efficiency ratio (9); CBV: calculated biological value (10); CCBV: corrected CBV.

between CAAS and CCBV (8) was 0.91 ( $n = 9$ ). The same statistical analysis for CAAS and CPER gave a correlation coefficient of 0.97 ( $n = 11$ ).

In view of the fact that cereal proteins have low lysine and high leucine contents, and *Amaranthus* grain proteins exhibit high lysine and low leucine levels, a combination of those two protein sources would give a food with a relative good nutritional value. Rat assays showing this fact have been reported (16,23). The same was observed with cereal flours mixed with *Chenopodium quinoa* flour, another pseudo-cereal (Carlsson & Harczakowski, unpublished results).

### *Protein Fractionation*

A 5% NaCl solution was chosen as extraction medium, as it gave the highest yields, 11.4% of the seed dry weight. A yield of 15.9% has been notified (25), but using another extraction method.

The protein fractions albumin, globulin, prolamin and glutelin from *A. hypochondriacus* HH5 (yellow seeds) and *A. anclancalius* (black seeds) presented the following average proportions of total solubilized protein, by dry weight, 65:17:11:7, respectively.

Seed proteins of species grown under three different cultivation conditions, were fractionated to examine environmental effects on the amino acid composition of the fractions. No major differences were observed. Average values are given in Table 4. As observed, in all fractions the glutamic acid was higher than in the whole seed protein. The amount of essential amino acids was higher in the globulin and prolamin fractions (about 40% of the protein), while it was lower for albumin and glutelin (34%, approximately).

Differences between fractions from yellow seeds (*A. hypochondriacus* HH5) and those from black seeds (*A. anclancalius*) were detected. As Table 4 depicts, therefore, the yellow seed fractions albumin, prolamin and glutelin were higher in their lysine, threonine, leucine and tyrosine content. If certain differences between yellow and black seed protein fractions are not taken into account, some differences between the fractions can be noted. Albumin, for example, had high contents of methionine, leucine, phenylalanine, and histidine, and a low level of glycine. Prolamin had high contents of threonine, valine, isoleucine, leucine and proline, and was low in arginine. Glutelin presented high levels of leucine and aspartic acid, but had lower levels of methionine and tyrosine. Thus, although differences in amino acid composition among species were difficult to notice, there do exist large differences between amino acids from different protein fractions, and in fractions between two species, selected for having different morphological seeds.

A high lysine content in the Opaque-2 variety of maize was also appreciated, this being related to an increase of the glutelin fraction and a reduction of prolamin (zein). More basic amino acids were present in the acid-soluble fraction than in that from the hybrid corn (25). By crossing Opaque-2 with other mutants with relatively higher contents of albumin, globulin and glutelin, all with relatively high lysine contents, the lysine levels could be increased further, as compared to hybrid maize (26,27). A similar relation was also observed for barley (28).

TABLE 4

MEAN AMINO ACID CONTENTS OF SEEDS AND PROTEIN FRACTIONS OF *A. HYPOCHONDRIACUS* HH5 AND  
*A. ANCLANCALIUS* (g/100 g PROTEIN)

Samples <sup>a</sup> Amino acids	Protein fractions										
	Seeds		Protein fractions								
	Ahy	Aab	Albumin		Globulin		Prolamin		Glutelin		
		Ahy	Aab	Ahy	Aab	Ahy	Aab	Ahy	Aab	Ahy	Aab
Lysine	6.1	5.7	8.2	7.3	6.0	6.1	5.7	4.3	6.3	4.8	
Threonine	4.6	4.4	3.5	2.8	3.0	3.1	5.4	4.6	4.5	4.0	
Methionine	1.7	1.7	1.9	2.2	5.3	4.1	2.2	2.1	0.6	1.0	
Valine	4.4	4.6	4.2	3.9	4.7	4.7	8.0	7.2	5.9	5.0	
Isoleucine	4.0	4.0	3.8	4.0	3.9	4.1	4.8	5.0	4.0	4.0	
Leucine	6.2	6.0	5.1	4.6	6.2	6.4	6.8	6.9	6.6	6.2	
Tyrosine	4.3	4.3	3.8	3.8	4.2	4.4	4.9	3.9	3.2	2.9	
Phenylalanine	4.8	4.7	3.6	3.6	6.0	6.1	3.9	4.7	4.4	4.7	
Histidine	2.7	2.8	2.2	2.1	2.8	2.9	1.9	1.8	1.7	1.9	
Arginine	8.1	8.1	11.3	14.0	11.3	11.2	5.8	7.7	7.3	10.0	
Aspartic acid	8.1	8.1	8.3	6.6	9.1	9.0	8.2	7.1	11.4	8.8	
Serine	8.0	8.7	4.7	3.9	4.4	4.6	4.5	3.6	5.1	4.8	
Glutamic acid	16.6	16.9	24.3	27.6	21.6	21.2	16.2	20.8	19.8	24.6	
Proline	4.6	4.5	3.7	3.6	4.2	4.2	6.1	6.0	4.6	4.7	
Glycine	8.4	8.6	7.8	7.2	4.4	4.5	7.8	7.5	8.5	7.5	
Alanine	3.9	3.8	3.5	2.6	3.0	3.4	7.7	6.8	6.1	5.0	

a — Ahy: *A. hypochondriacus* HH5, yellow coated; Aab: *A. anclancalius*, black coated.

From the above-mentioned findings, the authors conclude that it seems possible to increase the level of the first limiting amino acid of the *Amaranthus* seed, leucine, by thorough genetic engineering or through selection means, by increasing the leucine-rich fractions.

#### ACKNOWLEDGEMENTS

The authors wish to express their appreciation to Cássio Mario Ferreira Costa and Eloiza de Oliveira Simões Saliba, for their valuable technical help in the amino acid analyses.

#### RESUMEN

##### COMPOSICION AMINOACIDICA DE LA PROTEINA DE SEMILLAS DE ALGUNAS VARIÉDADES DE *Amaranthus* sp. Y DE SUS FRACCIONES

La proteína de diversas semillas de *Amaranthus* sp. tiene un elevado contenido de lisina (5.3 - 6.3<sup>o</sup>/o de la proteína) y amino ácidos azufrados (3.4 - 4.0<sup>o</sup>/o); la leucina, en cambio, puede ser limitante cuando esas semillas son utilizadas como fuente única de proteína en el alimento. Empleando la corrección para digestibilidad *in vitro* de la proteína, el puntaje químico varía de 50 a 67. Los valores calculados para el índice de eficiencia proteínica y del valor biológico variaron de 1.39 a 1.80 y de 53 a 68, respectivamente. Considerando que la semilla de amaranto es un buen suplemento para los cereales se acordó fraccionar proteínas de *A. hypochondriacus* HH5 (de semillas amarillas) y *A. anclancalius* (de semillas negras) en albúmina, globulina, prolamina y glutelina. Las proporciones promedio entre estas proteínas solubles demostraron ser de 65:17:11:7, respectivamente. La albúmina acusó el mayor contenido de lisina (7.3 - 8.2<sup>o</sup>/o); la globulina, en metionina (4.1 - 5.3<sup>o</sup>/o) y fenilalanina (6.0 - 6.1<sup>o</sup>/o) y la prolamina, en los aminoácidos treonina (4.6 - 5.4<sup>o</sup>/o) y leucina (6.8 - 6.9<sup>o</sup>/o). Según se constató, la glutelina tiene un nivel muy bajo de metionina (0.6 - 1.0<sup>o</sup>/o).

A partir de los hallazgos mencionados, los autores concluyen que la variación de las fracciones proteínicas puede ser utilizada con propósitos de mejoramiento genético de la proteína.

#### BIBLIOGRAPHY

1. Bressani, R., L.G. Elias & R.A. Gómez-Brenes. Improvement of protein quality by amino acid and protein supplementation. In: *Protein and Amino Acid Functions*. E.J. Bigwood (Ed.). Oxford, Pergamon Press, 1972, p. 475-540.
2. Sauer, J.D. The history of grain *Amaranthus* and their use and cultivation around the world. In: *Proceedings of the First Amaranth Seminar*. Emmaus, PA, Rodale Press Inc., 1977, p. 9-13.
3. Corrêa, A.D., L. Jokl & R. Carlsson. Chemical constituents, *in vitro* protein digestibility, and presence of antinutritional substances in amaranth grains. *Arch. Latinoamer. Nutr.*, **36**: 319-326, 1986.
4. Spackman, D.H., W.H. Stein & S. Moore. Automatic recording apparatus for the use in chromatography of amino acids. *Anal. Chem.*, **30**:1190-1206, 1958.
5. Spackman, D.H. Accelerated methods. In: *Methods in Enzymology*. C.H.W.

- Hirs (Ed.), Vol. XI. New York, Academic Press, 1967, p. 3-15.
6. Miller, E.L. Determination of the tryptophan content of feedingsuffs with particular reference to cereals. *J. Sci. Food Agric.*, 18:381-386, 1967.
  7. Tkachuck, R. Nitrogen-to-protein conversion factors for cereals and oilseed meals. *Cereal Chem.*, 46:419-423, 1969.
  8. Pellett, P.L. & V.R. Young. **Nutritional Evaluation of Protein Foods**. Tokyo, The United Nations University, 1980, p. 26-40.
  9. Hsu, H.W., N.E. Sutton, M.O. Banjo, L.D. Satterlee & J.G. Kendrick. The C-PER and T-PER assays for protein quality. *Food Technol.*, 32:69-73, 1978.
  10. Mørup, I.L.K. & E.S. Olesen. New method for prediction of protein value from essential amino acid pattern. *Nutr. Repts. Internat.*, 13:355-365, 1976.
  11. Padhye, V.W. & D.K. Salunkhe. Biochemical studies on black gram (*Phaseolus mungo*): I-Solubilization and electrophoretic characterization of the protein. *J. Food Biochem.*, 1:111-129, 1977.
  12. Hartree, E.F. Determination of protein: a modification of the Lowry method that gives a linear photometric response. *Anal. Biochem.*, 48:422-427, 1972.
  13. Food and Nutrition Board. **Recommended Dietary Allowances**. 9th ed. Washington, DC., National Academy of Sciences – National Research Council, 1980.
  14. Carlsson, R. Quantity and quality of *Amaranthus* grain from plants in temperate, cold and hot, and subtropical climates – a review. In: **Proceedings of the Second Amaranth Conference**. Emmaus, PA, Rodale Press, 1980, p. 48-58.
  15. Becker, R., E.L. Wheeler, K. Lorenz, A.E. Stafford, O.K. Grosjean, A.A. Betschart & R.M. Saunders. A compositional study of amaranth grain. *J. Food Sci.*, 46: 1175-1180, 1981.
  16. Pant, K.C. Studies on the nutritional quality of grain amaranths. *Nutr. Repts. Internat.*, 28:1445-1456, 1983.
  17. Misra, P.S., R.M. Pandey & M. Pal. Amino acid composition in *Amaranthus*. *Fitoterapia*, 54:135-139, 1983.
  18. Dowton, W.J.S. *Amaranthus edulis*: a high lysine grain amaranth. *World Crops*, 25:20, 1973.
  19. Betschart, A.A., D. Wood-Irving, A.D. Shepherd, E.L. Wheeler & R.M. Saunders. Nutritional studies on *Amaranthus hypochondriacus* and its milling fractions. In: **Proceedings of the Second Amaranth Conference**. Emmaus, PA, Rodale Press, 1980, p. 59-60.
  20. Senft, J.P. Protein quality of amaranth grain. In: **Proceedings of the Second Amaranth Conference**. Emmaus, PA, Rodale Press, 1980, p. 43-47.
  21. Betschart, A.A., D. Wood-Irving, A.D. Shepherd & R.M. Saunders. *Amaranthus cruentus*: milling characteristics, distribution of nutrients within seed components, and the effects of temperature on nutritional quality. *J. Food Sci.*, 46:1181-1187, 1981.
  22. Sánchez-Marroquín, A. Dos cultivos olvidados de importancia agroindustrial: el amaranto y la quinua. *Arch. Latinoamer. Nutr.*, 33:11-32, 1983.
  23. Sánchez-Marroquín, A. **Potencialidad Agroindustrial del Amaranto**. México, DF, Centro de Estudios Económicos y Sociales del Tercer Mundo, 1980, 238 p.
  24. Abdi, H. & M.K. Sahib. Distribution of lysine in different legumes and some species of *Amaranthus* seeds. *J. Food Sci. Technol.*, 13:237-239, 1976.
  25. Mertz, E.T. & L.S. Bates. Mutant gene that changes protein composition and increases lysine content of maize endosperm. *Science*, 145:279-280, 1964.
  26. Misra, P.S. & E.T. Mertz. Studies on corn proteins. VI – Endosperm protein changes in single and double endosperm mutants of maize. *Cereal Chem.*, 52: 161-166, 1975.

27. Misra, P.S. & E.T. Mertz. Studies on corn proteins. IX – Comparison of the amino acid composition of Landry-Moureaux and Paulis-Wall endosperm fractions. **Cereal Chem.**, 53:699-704, 1976.
28. Ingversen, J., B. Kjøie & H. Doll. Induced seed protein mutant of barley. **Experientia**, 29:1151-1152, 1973.

## CONTENIDO DE SODIO Y POTASIO DE ALGUNOS VEGETALES FRESCOS, CONGELADOS Y ENLATADOS<sup>1</sup>

*María Teresa Zuccarelli<sup>2</sup> y Leyla Faraj<sup>3</sup>*

Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas,  
Universidad de Chile  
Santiago, Chile

### RESUMEN

Se determinó el contenido de sodio y potasio en arvejas, choclos (maíz) y porotos verdes en estado fresco, congelado y enlatado, así como en tomates frescos y enlatados. El método de análisis utilizado fue el de fotometría de llama, recomendado por la AOAC.

Entre los productos frescos, el poroto verde acusó los contenidos más bajos de sodio y potasio, con 2.2 y 150.2 mg/100 g, respectivamente. El mayor aporte de sodio lo presentaron las arvejas, con 31.8 mg/100 g, y el valor más alto de potasio se encontró en tomates y arvejas, con 271.7 y 271.3 mg/100 g, valores que no difieren significativamente entre sí.

Respecto a los productos congelados, el poroto verde es también el que tuvo los valores más bajos, con 3.0 mg/100 g de sodio y 111.0 mg/100 g de potasio. Los mayores promedios se detectaron en las arvejas con 149.4 mg/100 g de sodio y 145.1 mg/100 g de potasio.

En general, todos los productos enlatados sometidos a análisis mostraron un mayor contenido de sodio y un menor aporte de potasio que en estado fresco o congelado. El mayor valor de sodio (317.3 mg/100 g) se encontró en arvejas enlatadas, y el más bajo (127.4 mg/100 g) en tomates. Respecto al potasio, el valor más alto correspondió a los tomates, con 168.8 mg/100 g, y el menor a los choclos, con 71.6 mg/100 g.

---

Manuscrito modificado recibido: 14-2-86.

- <sup>1</sup> Este trabajo fue financiado por el Departamento de Investigación y Biblioteca de la Universidad de Chile, con fondos del Proyecto M 1611.
- <sup>2</sup> Profesor de Química y Análisis de Alimentos, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, Universidad de Chile, Casilla 233, Santiago, Chile.
- <sup>3</sup> Estudiante de pregrado, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas de la misma Universidad.

## INTRODUCCION

Existe creciente preocupación a nivel mundial por establecer el contenido de sodio y potasio en los alimentos de consumo diario. Esta inquietud ha surgido principalmente de la relación que existe entre estos dos elementos y la hipertensión.

Aun cuando no se ha demostrado una relación directa de causa-efecto, se sabe que el sodio puede agravar una hipertensión preexistente (1-6). Por otra parte, ciertos estudios apoyan la teoría de que al aumentar la ingesta de potasio, la presión sanguínea se reduce en pacientes hipertensos (2, 7), no obstante se esté en presencia de un exceso de sal. Asimismo, se ha observado en animales que el potasio ejerce una acción protectora en contra de la hipertensión inducida por sal (2, 8). Se ha estimado que la prevalencia de hipertensos en Chile alcanza alrededor de 200/o de la población, superando los dos millones de habitantes (9). Considerando que la presión arterial alta constituye un factor de riesgo para el desarrollo de ciertas patologías, por ejemplo, falla coronaria, paro cardíaco y falla hepática, este tema, con razón, se ha convertido en un verdadero problema de salud pública.

Muchos enfermos requieren de cierta terapia que se acompaña de una dieta especial en lo que a su contenido de sodio y potasio se refiere. Por ello, y con el objeto de complementar la Tabla de Composición Química de Alimentos Chilenos, se estimó de importancia determinar el contenido de sodio y potasio de algunos alimentos vegetales de mayor consumo en Chile.

Ya que hoy día en nuestro país existe gran demanda por consumir productos enlatados y congelados, se juzgó de interés conocer también su aporte en estos cationes, y compararlo con el del producto fresco respectivo.

## MATERIAL Y METODOS

Se analizó el contenido de sodio y potasio del choclo o maíz (*Zea mays*), arvejas o guisantes (*Pisum sativum*) y de porotos verdes (*Phaseolus vulgaris*) frescos, congelados y enlatados, al igual que los tomates (*Lycopersicon esculentum*) en estado fresco y enlatado.

Las muestras fueron adquiridas en distintos supermercados de la ciudad de Santiago, en las mismas condiciones en que llegan al consumidor.

El número de réplicas para cada producto se determinó calculando la desviación estándar para cuatro muestras iniciales. Luego se aumentó en dos el número de muestras hasta obtener una desviación estándar constante, la que en todos los casos, se alcanzó, con ocho repeticiones. Los valores informados en las tablas, aquí incluidas, por lo tanto corresponden al promedio del total de ocho muestras.

La humedad se determinó a 105°C en una estufa de aire forzado hasta obtener peso constante (10), y la determinación de sodio y potasio se llevó a cabo de acuerdo al método de la AOAC (11). Este consiste en obtener la pulpa del producto finamente dividida, de la cual se extraen ambos iones con 800 ml de agua bidestilada. Se hierva una hora, reponiendo constantemente el agua perdida por evaporación. Luego se trans-

fiere a un matraz de dos litros, se deja enfriar, y finalmente se enrasa y se filtra. La determinación cuantitativa se realiza por fotometría de llama, para lo cual se utilizó un fotómetro marca Eppendorf. Las lecturas se interpolan en una curva patrón de rango 1 a 10 ppm para sodio, y de 10 a 100 ppm para potasio.

La comparación estadística de los promedios obtenidos se hizo mediante la prueba "t" de Student, al 50/o de significación (12).

### RESULTADOS Y DISCUSION

Los valores promedio ( $\bar{x}$ ) y desviación estándar (DE) de los contenidos de humedad, sodio y potasio de la muestra de los productos estudiados, tanto en estado fresco como congelado y enlatado, se consignan en las Tablas 1 y 2.

TABLA 1

#### VALORES PROMEDIO Y DESVIACION ESTANDAR DE LOS CONTENIDOS DE HUMEDAD, SODIO Y POTASIO (100 g PARTE COMESTIBLE) EN PRODUCTOS FRESCOS Y CONGELADOS

	Humedad g/100 g $\bar{x} \pm DE$	Sodio mg/100 g $\bar{x} \pm DE$	Potasio mg/100 g $\bar{x} \pm DE$
<i>Productos frescos:</i>			
Porotos verdes	88.8 $\pm$ 0.5	2.2 $\pm$ 0.7	150.2 $\pm$ 33.6
Tomates	94.2 $\pm$ 0.4	11.8 $\pm$ 1.3	271.7 $\pm$ 21.8
Choclos	76.2 $\pm$ 4.6	23.8 $\pm$ 13.7	220.7 $\pm$ 7.3
Arvejas	78.3 $\pm$ 0.6	31.8 $\pm$ 7.7	271.3 $\pm$ 11.7
<i>Productos congelados:</i>			
Porotos verdes	91.1 $\pm$ 0.4	3.0 $\pm$ 0.6	111.0 $\pm$ 5.8
Choclos	72.5 $\pm$ 0.4	6.6 $\pm$ 1.7	132.0 $\pm$ 10.2
Arvejas	79.2 $\pm$ 0.2	149.4 $\pm$ 4.1	145.1 $\pm$ 11.6

n = Ocho repeticiones.

$\bar{x}$  = Promedio.

DE = Desviación estándar.

Por su parte, la Tabla 3 muestra la razón sodio-potasio, para todos los productos analizados. A este respecto, entre los vegetales frescos, el poroto verde es el que acusa el aporte más bajo de sodio, seguido en orden creciente por los tomates, choclos y arvejas. Con respecto al potasio, de nuevo es el poroto verde el que tiene el menor contenido; la mayor contri-

TABLA 2

VALORES PROMEDIO Y DESVIACION ESTANDAR DE LOS CONTENIDOS DE HUMEDAD, SODIO Y POTASIO (100 g PARTE COMESTIBLE) EN PRODUCTOS ENLATADOS

	Humedad g/100 g $\bar{x} \pm DE$	Sodio mg/100 g $\bar{x} \pm DE$	Potasio mg/100 g $\bar{x} \pm DE$
<i>Productos enlatados:</i>			
<b>Porotos verdes</b>			
— sólido drenado	89.9 ± 0.8	255.5 ± 24.0	90.0 ± 10.5
— líquido empaque		273.8 ± 22.9	98.9 ± 12.5
<b>Tomates</b>			
— sólido drenado	94.1 ± 0.6	127.4 ± 9.1	168.8 ± 7.7
— líquido empaque		126.2 ± 8.8	162.2 ± 8.6
<b>Choclos</b>			
— sólido drenado	74.5 ± 1.1	285.8 ± 28.2	71.6 ± 14.1
— líquido empaque		404.7 ± 23.0	93.8 ± 13.7
<b>Arvejas</b>			
— sólido drenado	68.1 ± 2.2	317.3 ± 15.9	75.5 ± 8.7
— líquido empaque		448.8 ± 29.1	142.3 ± 14.5

n = Ocho repeticiones.  
 $\bar{x}$  = Promedio.  
 DE = Desviación estándar.

TABLA 3

RAZON SODIO:POTASIO

	Frescos	Congelados	Enlatados (sólido drenado)
Porotos verdes	1:68	1:37	1:0.4
Tomates	1:23	—	1:1.3
Choclos	1:9	1:20	1:0.2
Arvejas	1:8.5	1:1	1:0.2

bución corresponde a las arvejas y los tomates, con valores promedio que no presentan diferencias estadísticamente significativas. En todos los casos el contenido de potasio es siempre muy superior al de sodio.

La relación sodio:potasio es de 1:68 para los porotos verdes, 1:23 para tomates, 1:9 para choclos, y 1:8.5 para arvejas.

En los productos congelados, era de prever valores promedio de sodio muy semejantes a los que acusaron los productos frescos, ya que normalmente no se agrega ningún aditivo que contenga este catión durante el proceso de congelación.

En el caso del poroto verde esta suposición se vió confirmada, ya que no se encontró diferencia significativa alguna entre los promedios. Sin embargo, el contenido de sodio en el choclo congelado fue de 6.6 mg/100 g, valor muy inferior a los 23.8 mg/100 g del producto fresco. Ello se debió a que las industrias procesadoras utilizan para el producto congelado sólo la variedad americana, que es la menos salada.

En las arvejas ocurrió lo contrario, el aporte promedio de sodio de las muestras congeladas fue muy superior al obtenido para el producto fresco, manteniéndose un porcentaje de humedad similar. No se encontró una explicación satisfactoria a este hecho, ya que las industrias congeladoras declararon no agregar aditivos a sus productos.

Para los tres vegetales analizados, se observa un menor contenido de potasio en el estado congelado. La relación sodio:potasio cambia, obteniéndose valores de 1:37 para porotos verdes, 1:20 para choclos y 1:1 para arvejas.

En el caso de los productos enlatados el aumento del contenido de sodio del producto sólido drenado respecto al fresco es drástico, como también lo es el descenso en el contenido de potasio. La razón sodio:potasio se invierte, existiendo para porotos verdes, choclos y arvejas más de dos partes de sodio por una de potasio. En el caso de los tomates enlatados, la relación también cambia aunque el contenido de potasio sigue siendo levemente superior al de sodio. Estas variaciones se deben a que el líquido de empaque de los enlatados, es una solución de salmuera.

En cuanto a los tomates y porotos verdes, no se observan diferencias significativas entre los promedios obtenidos para ambos cationes al comparar el sólido drenado respecto al líquido de empaque. No ocurre lo mismo en el caso de los choclos y las arvejas, ya que en ambos existe una mayor concentración de sodio y potasio en el medio de empaque.

En consideración a los resultados obtenidos en este estudio, para pacientes que necesiten dietas hiposódicas se recomienda el consumo de estos vegetales preferentemente en su estado fresco o congelado, salvo en el caso de arvejas, en las que se constató un alto contenido de sodio en el producto congelado.

En resumen, y debido a la alta cantidad de sodio presente en los productos enlatados, éstos obviamente, quedarían contraindicados en pacientes con dietas restringidas en este catión. En cambio, los vegetales frescos analizados constituyen una buena fuente de potasio, recomendándose su ingesta a pacientes que deben recurrir a dietas hiperpotásicas.

#### SUMMARY

#### SODIUM AND POTASSIUM CONTENT IN SOME FRESH, FROZEN OR CANNED VEGETABLES

Sodium and potassium content was determined in fresh, frozen and canned green

peas, corn and green beans, as well as in fresh and canned tomatoes. Flame photometry was the method used for this analysis, as the AOAC recommends.

Among the fresh products tested, green beans yielded the lowest sodium and potassium contents, with 2.2 and 150.2 mg/100 g, respectively. The highest sodium content was found in green peas, with 31.8 mg/100 g, and the highest potassium values were determined in tomatoes and green peas, with 271.7 and 271.3 mg/100 g, values which are not statistically different.

In regard to frozen products, green beans also presented the lowest values of these cations, with 3.0 mg/100 g sodium, and 111.0 mg/100 g potassium. The highest averages were detected in green peas, with a sodium content of 149.4 mg/100 g, and 145.1 mg/100 g potassium.

In general, all canned products tested showed higher sodium and lower potassium values than those found in fresh or frozen products. The highest sodium content (317.3 mg/100 g) was found in canned green peas, and the lowest (127.4 mg/100 g), in canned tomatoes. With respect to potassium, the highest values corresponded to canned tomatoes, with 168.8 mg/100 g, and the lowest to corn, with 7.6 mg/100 g.

#### BIBLIOGRAFIA

1. Marsh, A. C. Processes and formulations that affect the sodium content of foods. *Food Technol.*, **37**: 45-49, 1983.
2. Fregly, M. J. Estimates of sodium and potassium intake. *Ann. Int. Med.*, **98**: 792, 799, 1983.
3. Wolf, I. D., N. R. Raper & J. C. Rosenthal. USDA activities in relation to the sodium issue 1981-83. *Food Technol.*, **37**: 59-63, 1983.
4. Andres, C. Sodium. *Food Proc.*, **43**: 75-78, 1982.
5. Mac Gregor, G. A. *Salt and High Blood Pressure*. New York, N. Y., Brown Press, 1984, p. 265-269.
6. Voors, A. W., E. R. Dalferes, *et al.* Relation between ingested potassium and sodium in young Blacks and Whites. *Am. J. Clin. Nutr.*, **37**: 583-594, 1983.
7. Ophir, O., G. Peer, J. Gilad, M. Blum & A. Aviram. Low blood pressure in vegetarians: the possible role of potassium. *Am. J. Clin. Nutr.*, **37**: 755-762, 1983.
8. McNeely, G. R. Toxic effects of dietary sodium chloride and the protective effect of potassium. En: *Toxicants Occurring Naturally in Foods*. Washington, D. C., National Academy of Sciences-National Research Council, 1966, p. 267-279.
9. Rodríguez, H. *Proporción de Hipertensos Tratados Según Edad*. Tablas Estadísticas. Chile, Ministerio de Salud, 1978.
10. Schmidt-Hebbel, H. *Avances en Ciencia y Tecnología de los Alimentos*. Santiago de Chile, Editorial Alfabet, 1981, p. 63.
11. Association of Official Analytical Chemists. *Official Methods of Analysis of the AOAC*. 13th ed. Washington, D. C., The Association, 1980, p. 364.
12. Bender, F., L. Douglass & A. Kramer. *Statistical Methods for Food and Agriculture*. Westport, Conn., The Avi Publishing Co., 1982, p. 68.

# ESTUDO DO CONCENTRADO PROTEICO DA FOLHA DE MANDIOCA. OBTENÇÃO, ANÁLISES QUÍMICAS E SUPLEMENTAÇÃO COM AMINOÁCIDOS

*Jocelem Mastrodi Salgado<sup>1</sup> e Avany Corrêa Santos<sup>2</sup>*

Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ)  
Universidade de São Paulo,  
São Paulo, Brasil

## RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo obter um concentrado proteico de folhas de mandioca através de modificações na metodologia já existente. O valor nutricional da folha de mandioca e do concentrado proteico foi avaliado através de análises químicas, ensaio biológico e suplementação da proteína tanto do concentrado como da folha com os aminoácidos limitantes lisina e metionina.

Dos resultados obtidos foram sugeridas as seguintes conclusões:

- A folha de mandioca e o concentrado proteico da folha apresentaram um teor proteico elevado, 25,20% e 34,0%, respectivamente.
- Ensaio biológico tanto do concentrado como da folha com o aminoácido lisina mais metionina mostrou ser eficiente, dando maiores valores para PER, NPU e digestibilidade.
- A adição do aminoácido lisina não mostrou ter nenhum efeito significativo na melhora do valor nutricional da proteína.
- Exames anátomo patológico dos órgãos dos animais não revelaram nenhuma alteração, indicando não haver fatores tóxicos na folha e no concentrado.

## INTRODUÇÃO

Aumentar o suprimento da proteína para o consumo humano tem sido a preocupação de muitos pesquisadores. Constitui uma tarefa difícil prin-

---

Manuscrito modificado recebido: 2-6-86.

<sup>1</sup> Professor Adjunto, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Departamento de Química, Área de Nutrição Humana, Piracicaba - CEP - 13.400, São Paulo, Brasil.

<sup>2</sup> Professor Assistente Doutor, Departamento de Química - Área de Nutrição Humana, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

principalmente se considerar as dificuldades da produção da proteína animal em termos econômicos e políticos.

Portanto um aumento na produção e utilização das fontes de proteína vegetal está mais de acordo com a realidade. Os esforços mais recentes, consistem em melhoramentos genéticos das fontes convencionais, utilização das fontes não convencionais e procura de novas fontes como de folhas verdes e organismos unicelulares. Destas os concentrados proteicos de folhas tem merecido particular atenção devido ao baixo custo de produção, elevado valor nutritivo e disponibilidade durante o ano todo. A proteína de folha tem elevado teor de lisina e triptofano; por isso seu emprego pode ser um suplemento benéfico de dietas à base de cereais (1-3).

A mandioca é um alimento básico para o consumo humano em algumas regiões do Brasil *in natura* ou processada, sendo que parte da produção é utilizada na alimentação animal e no Programa Nacional do Alcool, para produção de energia alternativa, quando a fécula é convertida em etanol.

Se considerada integralmente (raiz, haste e folha), a mandioca é uma planta rica do ponto de vista alimentar. Mas sua riqueza potencial é muito pouco aproveitada pois as folhas são muito mais ricas em proteínas do que as raízes; o teor de proteínas nas folhas é em torno de 14<sup>o</sup>/o, enquanto que a parte amilácea é de 1 a 2<sup>o</sup>/o (4). Embora as folhas contêm menos metionina que a raiz, os níveis de outros aminoácidos essenciais excedem o padrão de referência pela FAO (5).

Como o homem não está equipado biologicamente para digerir células de folhas, especialmente suas paredes de celulose, a produção de concentrados é a melhor solução para aproveitar a proteína folhear, visando completar a alimentação humana.

Vários métodos tem sido descritos para a obtenção de concentrados proteicos a partir de folhas. Edwards *et alii* (6), Miller e Bender (7) e Parrish (8), descreveram sequências de operações de processamento do concentrado proteico de folhas de alfalfa. Fafunso e Oke (9, 10) extraíram proteína de 15 litros de mandioca em precipitação a 80°C. Cheeke *et alii* (11) estudaram o valor de concentrados preparados da seleção de plantas tropicais através da extração do suco de plantas verdes e coagulação da proteína solúvel no suco. Esses pesquisadores não obtiveram resultados satisfatórios na utilização do concentrado proteico de folhas de mandioca avaliado através de ensaio biológico.

## OBJETIVOS

O presente trabalho teve por objetivos:

1. Obter um concentrado proteico da folha de mandioca em maiores proporções daqueles obtidos pelos métodos tradicionais através de modificações existentes.
2. Estudar o concentrado sob ponto de vista de assimilação ou absorção pelas células intestinais (digestibilidade) e do ponto de vista químico.
3. Suplementar o concentrado proteico com os aminoácidos limitantes.

## MATERIAIS E METODOS

*Matéria Prima*

As folhas que foram utilizadas para o experimento foram coletadas de mandioca amarela (*Manihot utilissima*, Pohl), cultivadas na área pertencente ao Departamento de Agricultura da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" ESALQ.

*Preparo das folhas de mandioca* — As folhas de mandioca foram pesadas, lavadas e postas para secar em estufa de circulação forçada a 60°C até atingir peso constante.

*Métodos*

*Extração da Proteína* — Foram testados quatro métodos de extração da proteína que resumidamente constituem no seguinte:

*Método 1* — *Com acerto de pH e sem centrifugação* — A extração foi feita com água em liquidificador industrial. As folhas foram lavadas com água deionizada e homogeneizadas com 3 (três) volumes de água por 10 (dez) minutos. O pH foi ajustado para 7 com NaOH 0.1N e o suco, filtrado através de gaze a fim de remover as fibras. As fibras residuais foram homogeneizadas com 2 (dois) volumes de água e o tratamento repetido. Os filtrados foram misturados e passados através de peneira mesh-200. O pH foi ajustado para 4 com HCL 0.1N. O aquecimento a 50°C facilitou a precipitação da proteína. Após a precipitação, o material ficou em repouso durante uma noite a 4°C, a suspensão foi filtrada e o resíduo seco a 60°C, em estufa de circulação forçada. Após secagem o material foi moído e armazenado a -20°C.

*Método 2* — *Sem acerto de pH e sem centrifugação* — As folhas verdes após lavadas foram homogeneizadas por 10 (dez) minutos em liquidificador industrial. O homogeneizado foi filtrado, através de tecido de algodão. O suco filtrado foi aquecido a 60-65°C, a fim de coagular a proteína. A proteína coagulada foi deixada esfriar em temperatura ambiente.

Após esfriar, o coagulado foi filtrado a fim de separar a proteína. Lavou-se o precipitado com água quente a fim de remover resíduos que aderem ao papel de filtro. Após a lavagem o material foi levado para secar a 60°C em estufa de circulação forçada, moído e armazenado a -20°C.

*Método 3* — Exatamente igual ao método 1, exceto que após o repouso de uma noite a 4°C foi centrifugado por 10 (dez) minutos a 3,000 rpm e essa centrifugação foi repetida 5 (cinco) vezes com H<sub>2</sub>O deionizada. Após secagem e moagem o material foi armazenado a -20°C.

*Método 4* — Exatamente como descrito no método 2, exceto que o material após coagulação e esfriamento à temperatura ambiente foi centrifugado a 3,000 rpm por 10 (dez) minutos. Essa centrifugação foi repetida 5 (cinco) vezes com H<sub>2</sub>O deionizada. Após isso, o material foi posto para secar em estufa de circulação forçada a 60°C e após seco foi moído e armazenado a -20°C.

### Análises

Foram feitas análises de proteína e aminograma nos concentrados obtidos pelos 4 métodos descritos acima. No concentrado obtido pelo método escolhido para o presente trabalho, além dessas análises foram obtidos valores para umidade, matéria seca, extrato etéreo, fibra bruta e cinzas, segundo os métodos tradicionais da AOAC, 1970 (12).

O perfil de aminograma foi determinado em analisador automático (Beckman Urichron Amino Acid Analyzer) pela hidrólise ácida usando-se as técnicas descritas para esse tipo de análises.

### Ensaio Biológico

*Preparo das dietas* — As dietas experimentais e de controle foram formuladas ao nível de 100% e constituída de mistura salina (40%), mistura vitamínica (10%), óleo de milho (80%) e amido para completar 100.

Foram feitas 9 (nove) dietas experimentais, ou seja: controle (caseína), folha de mandioca, folha + 0.5 metionina, folha + 0.7 lisina, folha + 0.7 lisina + 0.5 metionina, concentrado, concentrado + 0.5 metionina, concentrado + 0.7 de lisina, concentrado + 0.5 metionina + 0.7 de lisina. Inclui-se uma dieta aprotéica a fim de corrigir a proteína consumida e eliminada para fins de cálculo da digestibilidade. Amostras dessas dietas foram submetidas a análise química.

### Animais

Para a análise biológica, utilizou-se 60 ratos (*Rattus norvegicus*), variedade albinus, da raça Wistar, procedentes do Biotério do setor de Nutrição Humana da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", ESALQ, cuja idade variou de 21-23 dias e a variação do peso entre os animais, bem como entre os grupos não excedeu 5 gramas.

A experiência teve 28 dias de duração; os ratos foram colocados em gaiolas individuais recebendo água e alimento *ad libitum*. Os animais foram pesados três vezes por semana. As fezes excretadas por animal foram coletadas, pesadas, postas para secar em estufa de circulação forçada à 105°C, durante 3 dias, moídas e armazenadas em sacos plásticos em refrigerador. As amostras das fezes foram analisadas para verificar o teor de nitrogênio de acordo com os métodos AOAC, 1970, a fim de calcular a digestibilidade.

Ao final do experimento, após jejum de 12 horas os animais foram sacrificados, as cavidades abdominais e torácicas abertas e colocadas na estufa à 105°C, durante 72 horas.

As carcaças secas foram moídas em liquidificador tipo industrial, armazenadas em sacos plásticos e mantidas sob refrigeração, para determinação da utilização da proteína líquida (NPU).

Os métodos baseados no crescimento do animal foram: PER (Protein efficiency ratio) de acordo com a metodologia de AOAC (1970). Digestibilidade, NPU (utilização da proteína líquida) e valor biológico segundo Miller e Bender (7).

*Teste de Toxidez*

Para verificar a toxidez da folha de mandioca, do concentrado, da folha e do concentrado suplementado com lisina, e lisina mais metionina, foram utilizados 60 (sessenta) animais, sendo 10 (dez) para cada dieta que receberam água e alimento *ad libitum*, durante 30 (trinta) dias.

Ao final do experimento, os animais foram sacrificados, e foi feita observação microscópica dos órgãos.

Para estudo anátomo patológico, amostras de órgãos como fígado, baço, rins, intestino grosso e delgado, coração, pâncreas e pulmões foram removidos, conservados em formol a 10<sup>o</sup>/o e enviados para o Laboratório de Análise Patológica, para exames histopatológicos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 indica os valores da proteína obtida pelos 4 métodos testados para obtenção do concentrado proteico. Os valores do aminograma aparecem dispostos na Tabela 2.

TABELA 1

## VALORES PROTEICOS OBTIDOS NOS DIFERENTES METODOS PARA OBTENÇÃO DO CONCENTRADO PROTEICO

Método	Proteína <sup>o</sup> /o
1	25.1
2	32.5
3	27.9
4	37.1

Pelos resultados da Tabela 1, observa-se que o concentrado obtido pelo método 4, ou seja, da coagulação da proteína pelo calor sem acerto de pH e com 5 (cinco) lavagens sucessivas do precipitado com água deionizada, foi que deu maior teor proteico. Provavelmente essa lavagem tenha removido algumas impurezas e concentrado a proteína.

Embora esse método tenha dado um maior valor proteico, optamos pelo método 2, que embora com menor valor proteico, foi mais simples e de mais rápida execução.

Os resultados da análise química da folha de mandioca e do concentrado proteico da folha obtida pelo método 2, aparecem dispostos na Tabela 3.

Segundo o valor proteico da folha de mandioca e do concentrado da folha, foram elaboradas as dietas experimentais ao nível de 10<sup>o</sup>/o.

A Tabela 4, indica a composição percentual das dietas experimentais, de controle e aprotéica por cálculos e pela análise química.

**TABELA 2**  
**COMPOSIÇÃO DE AMINOACIDOS DE CONCENTRADO PROTEICO DE FOLHAS DE MANDIOCA OBTIDO**  
**POR DIFERENTES MÉTODOS E EXTRAÇÃO**  
**g/100 g de proteína**

Métodos p/obten. concent.	Lis	His	Arg	Ac. asp.	Tre	Ser	Ac. glu.	Pro	Gli	Ala	Val	Iso	Leu	Tir	Fen	Cis	Met
1	5.5	2.53	7.7	18.2	7.0	7.3	21.1	6.6	9.4	8.7	6.5	5.3	15.5	6.4	7.4	0.8	1.7
2	7.2	2.6	8.3	19.8	6.8	7.3	22.0	6.5	9.3	8.8	6.4	4.9	14.7	5.3	7.8	1.4	2.5
3	8.9	3.3	11.6	26.6	10.3	10.1	29.0	9.1	15.1	13.5	9.2	7.8	26.9	8.7	10.6	1.5	2.3
4	5.8	2.2	8.0	16.1	6.5	6.3	18.0	6.6	9.1	8.1	6.5	4.9	15.6	6.3	7.1	0.8	1.9

Lis = Lisina

His = Histidina

Arg = Arginina

Ac. asp. = Acido aspártico

Tre = Treonina

Ser = Serina

Ac. glu. = Acido glutâmico

Pro = Prolina

Gli = Glicina

Ala = Alanina

Val = Valina

Iso = Isoleucina

Leu = Leucina

Tir = Tirosina

Fen = Fenilalanina

Cis = Cistina

Met = Metionina

TABELA 3

## ANALISE QUIMICA DA FOLHA DE MANDIOCA E DO CONCENTRADO DA FOLHA

Análises	Folha mandioca	Concentrado folha mandioca
Matéria seca	91.1	90.6
Extrato etéreo	10.4	14.3
Fibra bruta	8.1	1.0
Proteína	25.2	34.0
Cinzas	6.78	5.18

A Tabela 6 indica um resumo das análises biológicas, baseadas no crescimento dos animais (PER) e na retenção do nitrogênio (Digestibilidade, NPU e valor biológico).

A folha de mandioca e o concentrado proteico da folha apresentaram um teor proteico de 25, 2, e 34<sup>o</sup>/o, respectivamente. Embora esse valor proteico não seja tão baixo; os dados do ensaio biológico revelaram ser essas proteínas de baixo valor nutricional.

Pelos resultados da Tabela 6, observa-se que quando a folha e o concentrado proteico da folha foram usados como única fonte proteica, os animais perderam peso. Quando o concentrado da folha e a folha de mandioca foram fortificados com metionina, a taxa de eficiência proteica (PER), pode ser medida.

A adição do aminoácido lisina, em quantidade assinalada na Tabela 6, não desempenhou nenhuma ação corretiva, indicando ser um aminoácido limitante, mas não o primeiro limitante e sim limitante secundário.

Quando se adicionou lisina mais metionina, os resultados foram melhores do que com o acréscimo de metionina somente, indicando ter havido uma complementação entre esses dois aminoácidos e o padrão de aminoácidos da proteína da folha como do concentrado proteico melhorando a taxa de eficiência proteica (PER).

A fortificação com metionina, e metionina mais lisina também promoveu aumento no valor da utilização da proteína líquida (NPU). A digestibilidade do concentrado foi baixa (42<sup>o</sup>/o) quando comparada à caseína, mas foi maior que os resultados apresentados por Vieira e Tupinambá (13).

O concentrado de folha de mandioca mostrou ser uma proteína de valor nutricional muito pobre. Esse fato pode ser explicado pela baixa quantidade de metionina. Acreditávamos que o método usado na extração poderia tornar a lisina indisponível devido a reação desse aminoácido com aldeídos, quinonas e polifenóis frequentemente encontrado no extrato da folha. Mas, parece que isso não ocorreu porque quando o concentrado foi acrescido de lisina, não houve melhora na taxa de eficiência proteica (PER).

Os resultados dos exames anátomo patológico dos animais alimentados com o concentrado de folhas e folhas de mandioca não



TABELA 5

## ANÁLISE QUÍMICA DAS DIETAS

Análise \ Dietas	Ca-seína	Folha mandioca	Folha + 0.5 metionina	Folha +0.7 lisina	Folha +0.5 met. +0.7 lisina	Concen-trado	Concen. +0.5 metioni-na	Concen. + 0.7 lisina	Concen. +0.5 metionina + 0.7 lisina	Aproteica
Matéria seca	93.2	92.0	92.0	92.0	92.0	92.0	92.0	92.0	93.0	91.0
Estrato etéreo	8.0	9.2	9.0	9.0	9.5	9.3	9.0	8.8	9.1	7.8
Proteína	10.0	10.0	10.2	10.6	9.7	10.9	10.5	10.0	10.0	1.7
Cinzas	4.3	5.7	6.0	6.5	6.0	4.3	4.0	4.9	4.2	3.8
Fibra	—	0.7	0.6	0.6	1.0	0.2	0.2	0.2	0.2	—

TABELA 6

GANHO EM PESO, CONSUMO DE RAÇÃO, CONSUMO DE PROTEINAS, PER, DIGESTIBILIDADE, NPU,  
VALOR BIOLÓGICO, PARA CADA UMA DAS DIETAS

Dietas	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Ganho ou perda de peso (g)	Consumo ração (g)	Consumo proteico (g)	PER	NPU	Digestibilidade	VB
Folha mandioca	41.5	38.2	-3.35	136.6	13.6	-0.24	4.8	60.2	8.0
Folha + 0.5 metionina	40.9	56.9	16.0	200.0	20.4	0.78	23.9	53.9	44.0
Folha + 0.7 lisina	41.5	24.8	1.36	151.5	16.0	0.08	11.0	40.6	27.0
Folha + 0.5 metionina + 0.7 lisina	39.9	54.3	14.4	165.3	16.05	0.89	23.0	42.0	55.0
Concentrado folhas	39.6	32.4	-7.18	114.0	12.4	-0.57	8.54	48.5	18.0
Concentrado + 0.5 metionina	39.2	47.3	8.05	139.9	14.6	0.55	23.8	37.9	63.0
Concentrado + 0.7 lisina	39.7	35.3	-4.47	102.1	10.5	-0.42	16.0	28.9	55.0
Concentrado + 0.5 metionina + 0.7 lisina	38.3	52.1	13.7	156.7	16.6	0.82	24.5	38.0	64.0
Caseína	38.8	112.9	74.0	250.0	24.9	2.97	67.8	95.5	71.0
Aproteica	44.1	35.0	-9.1	115.5	1.9	-	-	-	-

PER = Protein efficiency ratio.

NPU = Net protein utilization.

Digest. = Digestibilidade.

VB = Valor biológico.

revelou nenhuma alteração em comparação com os órgãos dos animais que receberam a dieta caseína.

Portanto, essa perda de peso dos animais não foi devida à presença de fator tóxico na folha ou no concentrado proteico da folha de mandioca.

Embora, a fortificação com metionina, e metionina mais lisina, aumentasse o valor nutricional da proteína, tanto da folha como do concentrado de folha, esse resultado não foi tão bom quanto os obtidos com os concentrados de *Pereskia* (14). A digestibilidade foi muito baixa comparada com o valor de 50 a 79% reportado para concentrados de outras fontes.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores expressam seus agradecimentos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico CNPq, pelo suporte financeiro concedido para o desempenho desta pesquisa, sem o qual não seria possível sua realização.

#### SUMMARY

##### STUDY OF MANIOC LEAF PROTEIN CONCENTRATE. OBTENTION, CHEMICAL ANALYSIS AND AMINO ACID SUPPLEMENTATION

The purpose of this work was to prepare a manioc leaf protein concentrate introducing some new procedures on the known methods developed by other authors.

Chemical composition and biological quality (PER, Digestibility, NPU and BV) of the protein content were measured for diets prepared with leaf protein concentrate and leaf. Histological studies were carried out in some organs.

The protein concentrate and the powdered leaves were supplemented with methionine and lysine, alone and combined.

The protein content (N x 6.25) of the concentrate and the leaf was 34% and 25.2%, respectively.

Addition of either methionine or lysine alone did not improve the growth of the rats. A better response was obtained when both methionine and lysine supplemented the test materials as indicated by the biological criteria, protein efficiency ratio (PER) true digestibility (TD) and biological value (BV).

Histological tests for the organs examined, proved to be normal.

#### BIBLIOGRAFIA

1. Sgarbieri, V. C. Potencial das proteínas de folhas na alimentação animal e humana. *Bol. SBCTA*, 38: 18-25, 1976.
2. Subba, B. H. Raw & N. Singhi. Studies on nutritive value of leaf protein from Lucerne (*Medicago sativa*). III. Supplementation of rats diets based on wheat. *J. Sci. Food Agric.*, 28: 569, 1971.
3. Woodham, A.A. The world protein shortage: prevention and cure. Em: *World Review of Nutrition and Dietetics*. Geoffrey H. Bourne (Ed.). Vol. 13. Atlanta, Ga, 1971, p. 22.

4. Figueiredo, A. A. & M. Maciel do Rego. Conteúdo de proteínas e minerais em raízes e folhas de mandioca. *Bol. Tec. Cent. Tecnol. Agric. R. J. No. 5*, 23, 1973.
5. **Protein Requirements.** Report of a Joint FAO/WHO Expert Group. Geneva, World Health Organization, 1965.
6. Edwards, R. H., R. H. Miller, D. Fremery, B. E. Knuckles, E. M. Bickoff & G. O. Kohler. Pilot plant productions of an edible white fraction leaf protein concentrate from alfalfa. *J. Agric. Food Chem.*, 23: 620, 1975.
7. Miller, D. S. & A. E. Bender. The determination of the net utilization of proteins by a shortened method. *Br. J. Nutr.*, 9: 382-388, 1955.
8. Parrish, G. K. The prospects of leaf protein as a human food. And a close look at alfalfa. *CRC. Crit. Rev. Food Tech.*, 5(1): 1-13, 1974.
9. Fafunso, M. A. & O. L. Oke. Leaf protein from different cassava varieties. *Nutr. Repts. Internat.*, 14: 629, 1976.
10. Oke, O. L. Leaf protein as solution to protein shortage in developing countries. *J. Nutr. Dietet.*, 6: 37, 1969.
11. Cheeke, P. R., L. Telekm, E. Carlsoon & J. J. Evans. Isolation of cassava leaf protein determination of its nutritive value. *Nutr. Int.*, 19: 249, 1979.
12. Association of Official Agricultural Chemists. **Official Methods of Analysis of the AOAC.** 10th ed. Washington, D. C., The Association, 1970, 956 p.
13. Tupinambá, M. L. V. C. & E. C. Vieira. Isolation of cassava leaf protein and determination of its restrictive value. *Nutr. Repts. Internat.*, 19(2): 249-259, 1979.
14. Dayrrel, M. S. & E. C. Vieira. Leaf protein concentrate of the cactacea *Pereskia aculeata* mill. II. Nutritive value. *Nutr. Repts. Internat.*, 15: 539, 1977.

## INFLUENCIA DE LOS PROCESOS DE COCCION Y DESECACION A DISTINTA TEMPERATURA SOBRE EL VALOR NUTRITIVO DE LA PROTEINA DEL MEJILLON (*Mytilus edulis*)

María Lourdes Lema<sup>1</sup>, María del Pilar Navarro<sup>2</sup>, Francisco José Mataix<sup>3</sup>  
y Gregorio Varela<sup>4</sup>

Facultad de Veterinaria,  
Universidad Complutense  
Madrid, España

### RESUMEN

Se estudió la influencia de la cocción al vapor (96°C durante 15 minutos) y de la desecación a dos temperaturas, 70°C y 110°C, sobre el valor nutritivo de la proteína de mejillón.

Las determinaciones se llevaron a cabo mediante técnicas de balance de nitrógeno en ratas en crecimiento y se estudiaron los siguientes parámetros nutricionales: DC, BV y NPU.

Los valores de digestibilidad cruda (DC) obtenidos fueron  $87 \pm 1$  y  $82 \pm 1$ , y los valores biológicos (BV)  $80 \pm 1$  y  $74 \pm 1$ , para los mejillones crudos, desecados a 70°C y a 110°C, respectivamente. Ello supone un descenso significativo en el valor nutricional de la proteína del mejillón, desecado a mayor temperatura.

La cocción previa a la desecación mejoró significativamente la digestibilidad y el valor biológico de la proteína del mejillón. En efecto, influyó de tal manera, que la diferente temperatura de desecación no afectó de distinto modo al producto previamente cocido. Así, las DC ( $94 \pm 1$  y  $94 \pm 1$ ) y los BV ( $90 \pm 1$  y  $90 \pm 2$ ), fueron iguales para la proteína del mejillón cocido desecado a 70°C ó a 110°C.

---

Manuscrito modificado recibido: 21-1-86.

- 1 Becaria de Formación de Personal Investigador del Ministerio de Educación y Ciencia, Madrid, España.
- 2 Colaborador Científico del Instituto de Nutrición, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Facultad de Farmacia, Ciudad Universitaria, Madrid 2, España.
- 3 Catedrático de Fisiología, Departamento de Fisiología Animal, Facultad de Veterinaria, Universidad Complutense, Madrid, España.
- 4 Catedrático y Director del Instituto de Nutrición del CSIC.

## INTRODUCCION

Trabajos recogidos en la bibliografía (1-3) indican que las proteínas de origen animal apenas son dañadas por procesos similares a la cocción, e incluso, su valor nutritivo puede aumentar. Ello se debe tanto a la hidrólisis y desnaturalización beneficiosas que en dichos procesos se producen, como al hecho de que en el agua de cocción se disuelvan —aparte de algunos aminoácidos esenciales— lo que sería negativo, diferentes compuestos no nitrogenados y compuestos nitrogenados no aminoácidos. Por una parte, éstos podrían interaccionar con la proteína por acción del calor y por la otra, los últimos también podrían incrementar falsamente el porcentaje proteínico en el producto crudo, al hacer el cálculo de la proteína sobre la base del nitrógeno total (4).

Por otra parte, puede ser que los cambios nutricionales atribuibles a la deshidratación sean ocasionados por pérdidas directas de aminoácidos o por cambios en la disponibilidad biológica de los mismos (5). Esos cambios dependen de la temperatura y del rango de humedad en función del tiempo (6), sin olvidar la variación que también introducen factores como tamaño y composición del material alimenticio, pH y presencia de oxígeno o de sustancias reductoras. Estas últimas, cabe señalar, contribuyen a que la pérdida nutricional proteínica sea mayor o menor (6).

El mejillón, molusco de gran producción y comercialización en Galicia, acusa un alto valor nutritivo, comparable al de otras fuentes proteínicas de pescado consideradas de excelente calidad (7), cuyo consumo directo o bajo la forma de diferentes preparados comerciales, debería incrementarse y fomentarse. Para ello, la tecnología culinaria o industrial debería someterlo, entre otros procesos, a cocción o desecación. De ahí que en el presente trabajo nos propusiéramos estudiar la influencia que la aplicación de calor húmedo y seco ejerce sobre el valor nutricional de la proteína de este molusco.

## MATERIAL Y METODOS

*Preparación de las Muestras*

En los experimentos se utilizaron ejemplares de *Mytilus edulis* procedentes de las rías gallegas, recolectados a principios del mes de diciembre. Se formaron cuatro lotes experimentales, cada uno de los cuales se sometió a un tratamiento diferente, como se indica seguidamente:

Mejillón crudo, desecado a 70°C  
Mejillón crudo, desecado a 110°C  
Mejillón cocido, desecado a 70°C  
Mejillón cocido, desecado a 110°C

Las muestras de mejillón crudo se prepararon a partir de mejillón separado de las valvas el que, después de escurrido, se sometió a desecación.

La desecación a 70°C se llevó a cabo en estufa a dicha temperatura, durante 36 horas.

La desecación a 110°C se realizó también en estufa, durante 24 horas. Las muestras de mejillón cocido se prepararon, por cocción al vapor, del animal completo (valvas y carne) durante 15 minutos a 96°C.

La desecación posterior a 70°C y a 110°C, se efectuó en idénticas condiciones que las antes expuestas para el mejillón que se desecó crudo.

Una vez desecado, el producto se pulverizó y homogenizó, procediéndose luego a su análisis.

Las distintas muestras se sometieron a determinaciones analíticas de humedad, proteína bruta ( $N \times 6.25$ ), grasa y minerales, según las técnicas de la AOAC (8).

#### *Estudio del Valor Nutritivo de la Proteína de las Diferentes Muestras del Mejillón*

Para establecer la calidad de la proteína se siguió la técnica de Thomas y Mitchell (9, 10), basada en el balance de nitrógeno en ratas en crecimiento.

Para cada experimento se emplearon 10 ratas raza Wistar, al destete (5 machos y 5 hembras) las que se alimentaron con una dieta semisintética adecuada para la especie y fase de crecimiento. Su composición teórica de nutrientes se expone en la Tabla 1.

Como puede apreciarse, las dietas utilizadas en todos los experimentos eran isocalóricas e isoproteínicas, variando exclusivamente en la naturaleza de la fuente de proteína.

Durante un período experimental de 16 días, seis de los cuales se destinaron al cálculo del nitrógeno endógeno (3 de adaptación y 3 de balance) y los otros 10 días en que ingirieron las distintas dietas experimentales (3 de adaptación y 7 de balance), los animales se mantuvieron en cámaras termostreguladas, a  $22 \pm 1^\circ\text{C}$ , y en células de metabolismo. Los sistemas de alimentación y bebida se mantuvieron *ad libitum*, y diariamente se les recolectó heces y orina.

Durante el balance de siete días se determinó el nitrógeno total de la dieta ingerida, así como el nitrógeno total presente en heces y orina, balance al que se descontó el nitrógeno endógeno. Se calcularon los siguientes parámetros nutricionales: coeficiente de digestibilidad real (DC), valor biológico (BV) y coeficiente de utilización proteínica neta (NPU).

Los resultados se analizaron estadísticamente mediante la prueba "t" de Student.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### *Utilización Nutricional del Mejillón Crudo, Desecado a 70°C y a 110°C*

Como se muestra en la Tabla 2, el mejillón acusa un alto contenido proteínico que, juntamente con su elevado valor nutritivo (Tabla 3), habla por sí solo del interés nutricional que este molusco puede tener.

Cuando el molusco se sometió al proceso de desecación a 70°C y a 110°C y se introdujo en la dieta de las ratas, aún con pequeñas variaciones entre ellas, no se observaron diferencias apreciables en el consumo

TABLA 1

## COMPOSICION DE LAS DIETAS EN SUSTANCIA SECA (g/100 g)

Fuente proteínica	Caseína +DL-metionina	Mejillón crudo desecado a 70°C	Mejillón crudo desecado a 110°C	Mejillón cocido desecado a 70°C	Mejillón cocido desecado a 110°C
Proteína	12 <sup>a</sup>	12	12	12	12
Grasa	4	4	4	4	4
Fibra	8	8	8	8	8
Complejo mineral <sup>b</sup>	5	5	5	5	5
Complejo vitamínico <sup>c</sup>	5	5	5	5	5
Vitaminas A y D <sup>d</sup>					
Almidón y azúcar <sup>e</sup>					

a Caseína, 11.8 g; DL-metionina, 0.2 g.

b Complejo mineral: ClNa, 507 g; PO<sub>4</sub>HK<sub>2</sub>, 501 g; CO<sub>3</sub>HK, 327 g; PO<sub>4</sub>H<sub>2</sub>K, 108 g; CO<sub>3</sub>Mg, 57 g; SO<sub>4</sub>Fe, 13.65 g; SO<sub>4</sub>Mn, 1.77 g; SO<sub>4</sub>Cu, 0.24 g; (SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>AlK, 0.12 g; Cl<sub>2</sub>Ca, 0.16 g; IK, 0.06 g; CO<sub>3</sub>Zn, 0.06 g; FNa, 0.012 g.

c Complejo vitamínico hidrosoluble: aneurina, 1.5 g; lactoflavina, 0.2 g; nicotinamida, 2 g; pirodoxina, 0.2 g; pantotenato cálcico, 0.3 g; almidón (como excipiente), 1 g.

d Las vitaminas liposolubles se añadieron a la dieta en la proporción de 30 mg de vitamina A y 3.6 mg de vitamina D por kg de dieta.

e Ambos se emplearon a partes iguales para completar los 100 g.

TABLA 2

## COMPOSICION DEL MEJILLON DESECADO Y MOLIDO\*

	Proteína	Grasa	Cenizas	Materias extractivas libres de nitrógeno
Crudo, desecado a 70°C	65	9	9	17
Crudo, desecado a 110°C	66	9	9	16
Cocido, desecado a 70°C	70	10	8	11
Cocido, desecado a 110°C	74	12	7	8

\* Los resultados expresan g/100 g de sustancia seca.

alimentario (Tabla 3). Pero en ambos grupos, sí se constató una disminución significativa respecto al patrón caseína + DL-metionina, que se tradujo en un incremento de peso diario inferior, y, al final del ensayo, en una merma importante del peso final en estos dos grupos de ratas, respecto de las alimentadas con caseína (Tabla 4). Entre sí, las ratas alimentadas con mejillones desecados a 70°C ó a 110°C, fueron incrementando sus pesos de forma paralela, hasta alcanzar valores finales similares.

TABLA 3

UTILIZACION NUTRICIONAL DE LA PROTEINA DE LAS DIFERENTES PREPARACIONES DE MEJILLON

	N ingerido (mg/día)	N fecal (mg/día)	N absorbido (mg/día)	DC	N urinario (mg/día)	N retenido (mg/día)	BV	NPU
Crudo, desecado a 70°C	138 ± 7 <sup>ae</sup>	17 ± 1 <sup>a</sup>	120 ± 7 <sup>a</sup>	87 ± 1 <sup>a</sup>	24 ± 2 <sup>a</sup>	97 ± 6 <sup>a</sup>	80 ± 1 <sup>a</sup>	70 ± 1 <sup>a</sup>
Crudo, desecado a 110°C	130 ± 8 <sup>a</sup>	23 ± 2 <sup>b</sup>	107 ± 6 <sup>b</sup>	82 ± 1 <sup>b</sup>	27 ± 1 <sup>b</sup>	80 ± 6 <sup>b</sup>	74 ± 1 <sup>b</sup>	62 ± 1 <sup>b</sup>
Cocido, desecado a 70°C	159 ± 8 <sup>b</sup>	9 ± 1 <sup>c</sup>	150 ± 8 <sup>c</sup>	94 ± 1 <sup>c</sup>	15 ± 2 <sup>c</sup>	134 ± 8 <sup>c</sup>	90 ± 1 <sup>c</sup>	84 ± 1 <sup>c</sup>
Cocido, desecado a 110°C	144 ± 6 <sup>ce</sup>	8 ± 1 <sup>c</sup>	135 ± 6 <sup>d</sup>	94 ± 1 <sup>c</sup>	13 ± 2 <sup>c</sup>	122 ± 6 <sup>d</sup>	90 ± 2 <sup>c</sup>	85 ± 2 <sup>ce</sup>
Caseína + DL-metionina	212 ± 6 <sup>d</sup>	2 ± 0 <sup>d</sup>	210 ± 2 <sup>e</sup>	99 ± 0 <sup>d</sup>	27 ± 3 <sup>ba</sup>	183 ± 4 <sup>e</sup>	87 ± 1 <sup>d</sup>	86 ± 1 <sup>de</sup>

Medias de 10 ratas ± SEM.

Las letras indican diferencias significativas (P <0.01).

TABLA 4

## VARIACION DE PESO DE LAS RATAS

Fuente proteínica de la dieta	Peso inicial (g)	Peso tras la adaptación (g)	Peso final (g)	Incremento de peso (g/día)
Mejillón crudo, desecado a 70°C	38 ± 2	43 ± 2	55 ± 3 <sup>a</sup>	1.6 ± 0.2 <sup>a</sup>
Mejillón crudo, desecado a 110°C	38 ± 2	43 ± 2	52 ± 3 <sup>a</sup>	1.3 ± 0.2 <sup>b</sup>
Mejillón cocido, desecado a 70°C	39 ± 3	47 ± 3	66 ± 3 <sup>b</sup>	2.6 ± 0.2 <sup>c</sup>
Mejillón cocido, desecado a 110°C	38 ± 1	46 ± 3	63 ± 2 <sup>b</sup>	2.4 ± 0.2 <sup>c</sup>
Caseína + DL-metionina	42 ± 1	49 ± 2	82 ± 1 <sup>c</sup>	4.6 ± 0.1 <sup>d</sup>

Medias de 10 ratas ± SEM.

Las letras distintas indican diferencias significativas ( $P < 0.01$ ).

Aún sin diferencias apreciables en la ingesta de nitrógeno, las ratas que consumieron algo menos de comida, o sea las alimentadas con el mejillón desecado a 110°C, eliminaron significativamente mayor cantidad de este nutriente vía fecal (Tabla 3). Ello indica una menor absorción y, por lo tanto, una utilización digestiva menos eficiente de la proteína del mejillón desecado a mayor temperatura, reflejada en el descenso significativo de su coeficiente de digestibilidad,  $87 \pm 1$  para el desecado a 70°C, y  $82 \pm 1$  para el de 110°C.

Estas cifras, aunque inferiores a la del patrón (Tabla 3), fueron lo bastante elevadas como para considerar buena la digestibilidad de esta proteína. Dichos valores fueron similares a los obtenidos también para mejillón por Rodríguez (11) y Joyanes (12), y comparables a otras fuentes proteínicas de pescado consideradas de excelente calidad (7, 13, 14).

A este respecto, los datos recogidos de la bibliografía parecen apuntar que el calor a 70°C no daña la calidad nutricional de la proteína (2, 3). Ahora bien, si se tiene en cuenta que no se trata de proteína pura, sino de un animal completo, los distintos componentes de los tejidos del mejillón, con la aplicación de calor seco, pueden reaccionar con la proteína aún a temperaturas suaves y formar compuestos tipo Maillard (15-18) que afectarían principalmente a la lisina. No obstante, con temperaturas relativamente fuertes, alrededor de 115°C, en opinión de Bjarnason y Carpenter (19) y Mauron (20), puede ocurrir además una serie de reacciones intra e intermoleculares (18-22). Estas últimas pueden disminuir la digestibilidad global de las proteínas y entre otros, podrían afectar a los aminoácidos azufrados, que como es conocido, son limitantes en las proteínas de origen animal. Esto justificaría la menor digestibilidad de la proteína de mejillón que se desecó a 110°C.

Con relación a la utilización metabólica, los resultados obtenidos de

la eliminación urinaria de nitrógeno revelaron que ésta fue próxima para los animales alimentados con ambas dietas a base de mejillón, aunque significativamente superior en los animales que comieron incluso el desecado a 110°C (Tabla 3). Como el nitrógeno absorbido en el caso de este mejillón desecado a 110°C, fue significativamente inferior (Tabla 3), como consecuencia se obtuvo una diferencia significativa en su retención y por lo tanto, el valor biológico descendió significativamente, comparado con el mejillón desecado a 70°C (Tabla 3). Esto hace suponer que los productos proteínicos nitrogenados que pasaron la barrera intestinal fueron distintos, eliminándose en mayor proporción por vía renal los que sufrieron la desecación a 110°C (19, 23-25).

Como resultado de las diferentes utilizaciones digestivas y metabólicas, se obtuvieron valores de NPU significativamente distintos para el mejillón desecado a 70°C y a 110°C (Tabla 3).

Al igual de lo que ocurrió con la DC, el BV de la proteína de ambos mejillones fue inferior al del patrón caseína + DL-metionina (Tabla 3). Sin embargo, fue próximo al de las especies marinas más aceptadas en el mercado, superando incluso a muchas de ellas (7, 11, 13, 14).

#### *Utilización Nutricional del Mejillón Cocido, Desecado a 70°C y a 110°C*

En las dietas preparadas con mejillón cocido al vapor y posteriormente desecado a 70°C y a 110°C, los niveles de ingesta de las ratas que consumieron ambas dietas fueron próximos, a pesar de observarse un descenso significativo (Tabla 3) en la ingesta de los animales que comieron el mejillón desecado a 110°C. Los incrementos de peso (Tabla 4) fueron iguales a lo largo del ensayo, y como consecuencia se obtuvieron unos pesos finales del mismo orden. Estos, a su vez, resultaron ser significativamente inferiores a los alcanzados por las ratas alimentadas con la dieta patrón, porque también respecto a ellas el consumo alimentario (Tabla 3) fue menor en ambos grupos.

La excreción fecal de nitrógeno en las ratas que comieron los dos tipos de mejillones fue prácticamente igual, aun cuando ligeramente inferior la de los alimentados con el desecado a 110°C. Puesto que la ingesta de estos últimos, como ya se indicó, también fue inferior, los valores de los coeficientes de digestibilidad (Tabla 3) resultaron ser idénticos para las dos proteínas, a diferencia de lo que ocurrió en el caso del mejillón que se desecó en estado crudo. Lo mismo sucedió a nivel metabólico (Tabla 3), donde los valores biológicos resultaron ser idénticos y del mismo orden que los del patrón.

Así, puede concluirse, que tras la cocción al vapor, la desecación a 70°C ó 110°C incide de forma idéntica y positiva en la proteína de mejillón, hasta el punto de que comparados con los desecados crudos a las mismas temperaturas, se observa una mejora significativa a nivel digestivo y metabólico, incluso respecto al crudo que se desecó a 70°C y que tuvo el valor nutritivo más alto (Tabla 3). Estas diferencias se manifiestan también a nivel ponderal (Tabla 4), de forma que los pesos finales alcanzados por los animales que comieron los mejillones cocidos y desecados, fueron superiores a los que los consumieron crudos y desecados.

El hecho de que la cocción, por una parte, mejore el valor nutricional y, por la otra, haga que se igualen los efectos de las dos temperaturas de

deseccación, podría entenderse a la luz de diversos razonamientos. Según Bender (2) la cocción ejerce un efecto beneficioso, desde el punto de vista nutricional, al desnaturalizar e hidrolizar las proteínas alimenticias, facilitando la degradación proteínica y el ataque proteolítico digestivo. Además, la eliminación en el agua de cocción, de constituyentes corporales del mejillón (nitrogenados o no, y glucógeno entre ellos), cuya presencia contribuiría al deterioro proteínico, al producir con la proteína interacciones no deseadas durante el proceso de desecación, evitaría estas interacciones que, según se dijo previamente, serían diferentes de acuerdo a la intensidad del calor. En este sentido y con relación al glucógeno, cabe señalar que en los análisis de los componentes mayoritarios de las diferentes preparaciones de mejillón (Tabla 2), se observó que los hidratos de carbono disminuyen con la cocción al vapor, resultados que concuerdan con los obtenidos también para mejillón por otros investigadores (26, 27).

Por otra parte, la disolución en el agua de cocción de ciertos compuestos nitrogenados no aminoacídicos, evitaría el posible error que en determinaciones de nitrógeno puede suponer el valorar como proteínico, nitrógeno que no lo sea, y cuya eliminación, independientemente del efecto térmico, haría que el porcentaje de proteína calculado se ajuste más a la realidad. Por lo tanto, de modo indirecto podría contribuir a mejorar el valor nutritivo del producto cocido en relación con el crudo. De hecho, en la bibliografía se encuentran datos acerca de la mayor cantidad de nitrógeno no proteínico que contiene el tejido muscular de pescados y mariscos (moluscos y crustáceos) en comparación con la carne de maníferos. Este nitrógeno no proteínico no sólo lo constituyen aminoácidos libres, sino también urea, creatina y oxitrimetilamina (11, 28, 29).

Lo cierto es que por tratarse de un alimento completo, y no de una proteína aislada, todas o algunas de estas reacciones pueden ocurrir, justificando en conjunto los hallazgos obtenidos en estas experiencias.

## SUMMARY

### INFLUENCE OF THE COOKING AND DRYING PROCESSES AT DIFFERENT TEMPERATURES ON THE NUTRITIVE VALUE OF THE MUSSEL'S (*Mytilus edulis*) PROTEIN

The effect of steam cooking (96°C for 15 minutes) and drying at two temperatures, 70°C and 110°C, on nutritive value of mussel protein was studied.

The measurements were carried out by nitrogen balance techniques in growing rats, and the nutritional parameters studied were: CD, BV and NPU.

The crude digestibility (CD) values were:  $87 \pm 1$  and  $82 \pm 1$ , and the biological values (BV),  $80 \pm 1$  and  $74 \pm 1$  for raw mussels, dried at 70°C and at 110°C respectively. This implies a significant decrease in the protein nutritive values of the mussel dried at a higher temperature.

Cooking prior to drying significantly improved the digestibility and the biological value of the mussel's protein. In effect, improvement was so great, that the different drying temperatures did not affect the previously cooked product in a different way; therefore, the CD ( $94 \pm 1$  and  $94 \pm 1$ ) and the BV ( $90 \pm 1$  and  $90 \pm 2$ ) were the same for the mussel's protein, cooked and dried at 70°C or at 110°C.

## BIBLIOGRAFIA

1. Aitken, A. & J.J. Connell. Fish. En: **Chemical and Physical Effects of Heating on Foodstuffs**. R. Priestley (Ed.). London, Applied Science Publishers, 1977. (Original no consultado; compendiado en Connell, J. J. R. and D need for fish and fish products. En: **Food Quality and Nutrition**. W. K. Downey (Ed.). London, Applied Science Publishers, 1977, p. 107-118).
2. Bender, A. E. **Food Processing and Nutrition**. London and New York, N. Y., Academic Press, 1978.
3. Frontier-Abou, R., R. Rivière, J. P. Favier & J. Abraham. Valeur alimentaire de farines fabriquées en laboratoire a partir de poissons de la région de Nosy-Bé; **Ann. Nutr. Alim.**, **32**: 819-842, 1978.
4. Evans, E., S. C. Carruthers & R. Witty. Effects of cooking methods on the protein quality of meats as determined using a *Tetrahymena pyriformis* W. growth assay. **J. Fd. Sci.**, **44**: 1678-1680, 1979.
5. Escher, F. & B. Blanc. Quality and nutritional aspects of food dehydration. En: **Food Quality and Nutrition**. W. K. Downey (Ed.). London, Applied Science Publishers, 1977, p. 297-322.
6. Leniger, H. A. & S. Bruin. The state of the art of food dehydration. En: **Food Quality and Nutrition**. W. K. Downey (Ed.). London, Applied Science Publishers, 1977, p. 265-295.
7. Pujol, A. & G. Varela. Valor biológico de la proteína de algunos pescados de consumo en España. **Ann. Brom.**, **10**: 437-478, 1958.
8. Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis of the AOAC**. 12th ed. W. Horwitz (Ed.). Washington, D. C., The Association, 1975.
9. Thomas K. Arch. Anat. Physiol., Lpz., Physiol. Abstrac., 219, 1909. (Original no consultado; compendiado en: **Nutritional Evaluation of Protein Foods**. Peter L. Pellett and Vernon R. Young (Eds.). Tokyo, Japan, The United Nations University, World Hunger Programme, Food and Nutrition Supplement 4, 1980, p. 125. (WHTR-3/UNUP-129).
10. Mitchell, H. H. A method for determining the biological value of protein. **J. Biol. Chem.**, **58**: 873-903, 1923.
11. Rodríguez, C. **Estudio del Valor Biológico de Algunas Especies Marinas Españolas**. Tesis Doctoral. Facultad de Farmacia, Santiago de Compostela, 1964.
12. Joyanes, M. G. **Valor Nutritivo de la Proteína del Mejillón (*Mytilus edulis*) y de su Concentrado Proteico, con y sin Contaminación y Variación Estacional del Mismo**. Tesis Doctoral. Facultad de Farmacia, Madrid, 1978.
13. Varela, G. Sobre el valor biológico de las proteínas del abadejo ahumado y del camarón. **Ann. Brom.**, **7**: 127-140, 1955.
14. Varela, G. El valor nutritivo del "patexo" (*Polybius henslowi*, Leach). **Ann. Brom.**, **8**: 249-254, 1956.
15. Carpenter, K. J. & V. H. Booth. Damage to lysine in food processing; its measurement and significance. **Nutr. Abstr. Rev.**, **43**: 423-451, 1973.
16. Finot, P. A. Non-enzymic browning. En: **Proteins in Human Nutrition**. J. W. G. Porter and B. A. Rolls (Eds.). London and New York, N. Y., Academic Press, 1973, p. 501-514.
17. Hurrell, R. F. & K. J. Carpenter. Maillard reactions in foods. En: **Physical, Chemical and Biological Changes in Food Caused by Thermal Processing**. T. Hoyem and O. Kvale (Eds.). London, Applied Science Publishers, 1977, p. 168-184.

18. Finot, P. A., E. Magnenat, F. Mottu & E. Bujard. Disponibilité biologique et transit métabolique des acides aminés par les traitements technologiques. *Ann. Nutr. Alimen.*, **32**: 325-338, 1978.
19. Bjarnason, J. & K. J. Carpenter. Mechanisms of heat damage in proteins: Chemical changes in pure proteins. *Br. J. Nutr.*, **24**: 313-329, 1970.
20. Mauron, J. Le comportement chimique des proteíns loss de la préparation des aliments et ses incidences biologiques. *J. Int. Z. Vitam. Forsch.*, **40**: 209-227, 1970.
21. Mauron, J. The analytical, nutritional and toxicological implications of protein food processing. En: *Proc. 4 th. Internat. Cong. Fd. Sci. Technol.* Vol. 1. Madrid, 1976. (Original no consultado, compendiado en *Food Processing and Nutrition*. Bender, A. E. (Ed.). London and New York, N. Y., Academic Press, 1978).
22. Piemiazek, D., M. Rakowska & H. Kunachowicz. The participation of methionine and cystine in the formation of bonds resistant to the action of proteolytic enzymes in heated casein. *Br. J. Nutr.*, **34**: 163-173, 1975.
23. Bjarnason, J. & K. J. Carpenter. Mechanisms of heat damage in proteins: models with acylated lysine units. *Br. J. Nutr.*, **23**: 859-868, 1969.
24. Ford, J. E. & C. Shorrock. Metabolism of heat damaged protein in the rat. *Br. J. Nutr.*, **26**: 311-322, 1971.
25. Erbersdobler, H. The normal course of digestion of food proteins. En: *Proteins in Human Nutrition*. J. W. Porter and B. A. Rolls (Eds.). London, New York, N. Y., Academic Press, 1973, p. 453-467.
26. Andreu, B. El mejillón como primera materia para la conserva. *Inf. Conservera Valenciana*, **119-120**: 404-410, 1963.
27. Slabyj, B. M. & P. N. Carpenter. Processing effect on proximate composition and mineral content of meats of blue mussels (*Mytilus edulis*). *J. Fd. Sci.*, **42**: 1153-1155, 1977.
28. Duchâteau, G. & M. Florkin. Datos no publicados, 1951. En: Florkin, M. Nitrogen Metabolism. En: *Physiology of Mollusca*. II. K. M. Wilbur and C. M. Yonge (Eds.). New York and London, Academic Press, 1966, p. 309-351.
29. Velankar, N. K. & T. K. Govindan. Preliminary study of the distribution of non-protein nitrogen in some marine fishes and invertebrates. *Proc. Indian. Acad. Sci.*, **47B**: 202-209, 1958.

# DESCASCARADO DE SORGO POR VIA SECA: METODOS CONTINUO Y DISCONTINUO

*Rubén R. Gutiérrez<sup>1</sup> y Marta H. Gómez<sup>2</sup>*

Instituto de Investigaciones para la Industria Química-INIQUI  
(CONICET), Universidad Nacional de Salta  
Salta, República Argentina

## RESUMEN

Se realizó un estudio en el que dos métodos de descascarado del grano de sorgo por vía seca, uno continuo y otro discontinuo, se compararon cuantitativamente en un equipo descascarador abrasivo de laboratorio. Los valores de reflexión fueron evaluados, expresándose éstos como porcentaje de descascarado, porcentaje eliminado y rotura de granos.

Las gráficas de porcentaje descascarado y eliminado versus tiempo de contacto para cada método demostraron que la operación más eficiente es la continua. El análisis de los granos rotos señaló un comportamiento similar en ambos métodos.

Con el método continuo se determinó la variación de los macrocomponentes y taninos con el avance del descascarado, así como las medidas de reflexión.

Se constató que para un grado de extracción de 85<sup>0</sup>/o, la mayor proporción de taninos, fibras y cenizas ya han sido eliminados. Así, resulta antieconómico desgastar el grano por encima de 65<sup>0</sup>/o de extracción, dado que se produce una pérdida excesiva de nutrientes, sin observarse una reducción importante de pigmentos polifenólicos y de aquellos que imparten color a los productos de la molienda.

## INTRODUCCION

El sorgo bicolor (L) Moench es un cereal cuya composición en cuanto a proteínas, grasas, hidratos de carbono y otros nutrientes, equivale a la

---

Manuscrito modificado recibido: 20-8-86.

<sup>1</sup> Ingeniero en Industrias de la Alimentación y Becario de iniciación, CONICET, Universidad Nacional de Salta.

<sup>2</sup> Ingeniera en Industrias de Alimentación y Profesora Adjunta en Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Instituto de Investigaciones para la Industria Química (INIQUI), Universidad Nacional de Salta, (4400), Salta, Argentina.

composición del maíz. Dada su capacidad de tolerar sequías y suelos con alto contenido en sales, puede ser producido en zonas áridas y marginales (1).

Los granos de sorgo son frutos cariopses, en los que la pared del fruto o pericarpio está fuertemente adherida a la semilla encerrada.

La calidad del sorgo se define en relación a aquellas propiedades del grano que lo hacen desechable para consumo humano. Por ello es que en muchos países el sorgo ha sido mejorado genéticamente reduciendo la pigmentación del pericarpio y eliminando parcial o totalmente la testa (2).

En la Argentina, la mayor parte del sorgo producido se destina a forraje, y en la actualidad la cantidad que se usa para industrialización y consumo humano es aún relativamente baja. Los granos de híbridos y variedades disponibles en este país no son los más adecuados para obtener una harina de buena calidad. Presentan varios inconvenientes tales como la presencia de alto contenido de taninos, en su mayoría del tipo condensados, que disminuyen considerablemente la digestibilidad de su proteína (3). Otros son la presencia de testa, fuertemente pigmentada que en el proceso de molienda se incorpora a la harina, dándole un aspecto moteado; la textura total o parcialmente córnea, que dificulta su molienda, dando como resultado un producto áspero al tacto y de una granulometría más bien gruesa (4).

Ante estas dificultades es que se enfrentó el estudio tecnológico del descascarado del grano de sorgo, con el objeto de incorporarlo a mezclas extruidas de cereales oleaginosos.

Hoy día existen dos formas de descascarado: por vía húmeda y por vía seca, siendo esta última la que da un producto más aceptable (5).

Dentro del proceso en seco, la abrasión con piedras de carborundum y con superficies resinoides son las más aplicadas (6).

A causa de la forma del grano de sorgo, durante el descascarado por abrasión se elimina principalmente salvado, así como parte de germen y endospermo, productos, los tres, que constituyen la fracción denominada finos. El salvado es un término industrial no referido a la estructura del grano; el que se expende comercialmente no sólo está formado por el pericarpio, sino también por fracciones de la capa de aleurona y parte del endospermo periférico (7).

Estas capas tienden a adherirse unas a otras y pueden separarse en piezas relativamente grandes (8).

En varios países se han desarrollado procesos de molienda seca de sorgo que conducen a productos degerminados con un bajo contenido de grasa, fibra y cenizas (9). Para nuestros propósitos (nutricionales y económicos) que es incorporar el sorgo a mezclas con oleaginosas para extruir, no se requiere la eliminación total del germen del grano.

El presente trabajo concierne al estudio comparativo de dos métodos de descascarado por vía seca: continuo y discontinuo. En una segunda etapa, y en base a un análisis más a fondo de la operación continua, se definió un valor aceptable de descascarado del producto a incorporar a mezclas.

## MATERIAL Y METODOS

El sorgo granífero producido en la Provincia de Salta (Argentina), cosecha 1983-84, fue descascarado en un equipo diseñado en nuestro Instituto para esa finalidad. Este consiste en un molino de abrasión que posee dos piedras de carborundum, las que rotan a velocidades controlables. Las piedras tienen un diámetro de 15.2 cm, y 3.1 cm de espesor, y están montadas sobre un eje horizontal. Su capacidad máxima es de 1,150 gramos. El equipo puede operarse en forma continua y discontinua.

*Descascarado por Método Continuo*

Se agregó 10 kg de sorgo por la tolva de alimentación, regulando el caudal por medio de la descarga (1,130 - 1,550 g/min). Al finalizar la primera etapa, abrasión sobre los 10 kg, se recicló en forma continua el material recuperado, y se separaron los finos mediante una malla 14 (Serie ASTM) ubicada en la descarga. Finalmente, se determinó el tiempo (minutos) efectivo de contacto de los granos en cada etapa.

*Descascarado por Método Discontinuo*

Se cargó el descascarador con 0.800 kg de sorgo, y se puso en marcha por un minuto. Luego se separaron los finos y se cargó nuevamente con el material recuperado.

En los dos métodos se completaron ocho minutos de tiempo de contacto de los granos con las piedras abrasivas, rotando a una velocidad de 2,370 rpm.

*Métodos Analíticos*

El contenido de humedad, proteína (N x 6.25), grasa, fibra y cenizas se determinó por el método de la AOAC (10). En cuanto al extracto libre de nitrógeno, éste fue expresado como Nifex y calculado a partir de 100-(% proteínas + % grasas + % fibra + % cenizas) según recomienda el Instituto de Brewing (11).

El porcentaje de grano eliminado o granos finos/100 g de muestra se determinó en la fracción que pasó la malla 14, y el porcentaje de granos rotos fue calculado a partir de la fracción que pasó la malla 10 (serie ATSM).

Las evaluaciones de reflexión (color) se efectuaron en el colorímetro Hunter Lab D 25-2 utilizando la escala L (calibrado L = 93.1), y para la lectura los granos se colocaron en cápsulas de vidrio de 16 x 50 mm de diámetro hasta el borde (26 cc). Los finos y el material recuperado pasados por la malla 40 (serie ATSM) se colocaron en cápsula de vidrio de iguales dimensiones (19 g).

El contenido de taninos, expresado como unidades de catequina equivalente en base seca, fue determinado de acuerdo al método de vainillina ácido clorhídrico (v - HCl) de Burns (12) según la modificación del método (MV - HCl) de Maxson y Rooney (13) con la utilización de blancos. Para esta evaluación se determinó una curva patrón de mg de catequina por ml de extracto (y) vs absorbancia a 500 nm (x) cuya ecuación

es la siguiente:

$$y = 1.9504 \times 0.02154 \quad (r = 0.9996)$$

Cabe indicar que el reactivo de vainilla es específico para un grupo funcional de monómeros de los taninos condensados (catequinas).

### RESULTADOS Y DISCUSION

Para los ensayos de descascarado se utilizó sorgo granífero, cuya composición es: 11.36<sup>o</sup>/o de agua; proteínas (N x 6.25), 11.27<sup>o</sup>/o; grasa, 3.61<sup>o</sup>/o; fibra, 2.89<sup>o</sup>/o, y cenizas, 1.72<sup>o</sup>/o, con 5.71 de catequina equivalente.

En el trabajo aquí descrito, y según se dijo, el propósito fue comparar los métodos de descascarado continuo y discontinuo y, posteriormente, analizar más a fondo la operación continua de descascarado.

#### I. *Estudio Comparativo: Métodos de Descascarado Continuo y Discontinuo*

El criterio utilizado para determinar la eficiencia de cada método de descascarado, incluyó los siguientes ítems:

1. Porcentaje de grano eliminado (°/o E)
2. Rotura de granos (°/o GR)
3. Porcentaje descascarado (°/o D)

##### *Porcentaje de Grano Eliminado*

Se determinaron los °/o E para los dos métodos de descascarado a una velocidad de rotación de 2,370 rpm. En la Figura 1 se indica la relación °/o E versus tiempo de contacto. Según se observa, el método discontinuo registra valores mayores y prácticamente es lineal el desgaste del grano con el avance del tiempo. Esta linearidad lo explica el contacto efectivo del producto con la superficie abrasiva. En el caso del método continuo, se aprecia un desgaste diferencial entre las capas externas del grano y el endosperma. A partir de esta Figura, se determinó el índice de dureza abrasivo (I.D.A.) definido por Oomah, Reichert y Youngs (14) como el tiempo, en segundos, necesario para desgastar por rozamiento 1<sup>o</sup>/o en peso de los granos. Este índice puede ser calculado como la inversa de la pendiente de las rectas graficadas multiplicadas por 60.

Para el método discontinuo, valiéndose del método de mínimos cuadrados, se obtuvo la siguiente ecuación:

$$\hat{Y} = -1.13 + 7.66 x \quad (r = 0.9972)$$

Luego, el I.D.A. = 7.83

En el caso del método continuo se puede observar que se tienen distintas pendientes a medida que el tiempo de contacto aumenta, por lo que, en consecuencia, se obtuvieron distintos I.D.A.

Para establecer las ecuaciones (método continuo), se consideraron distintos períodos de tiempo:

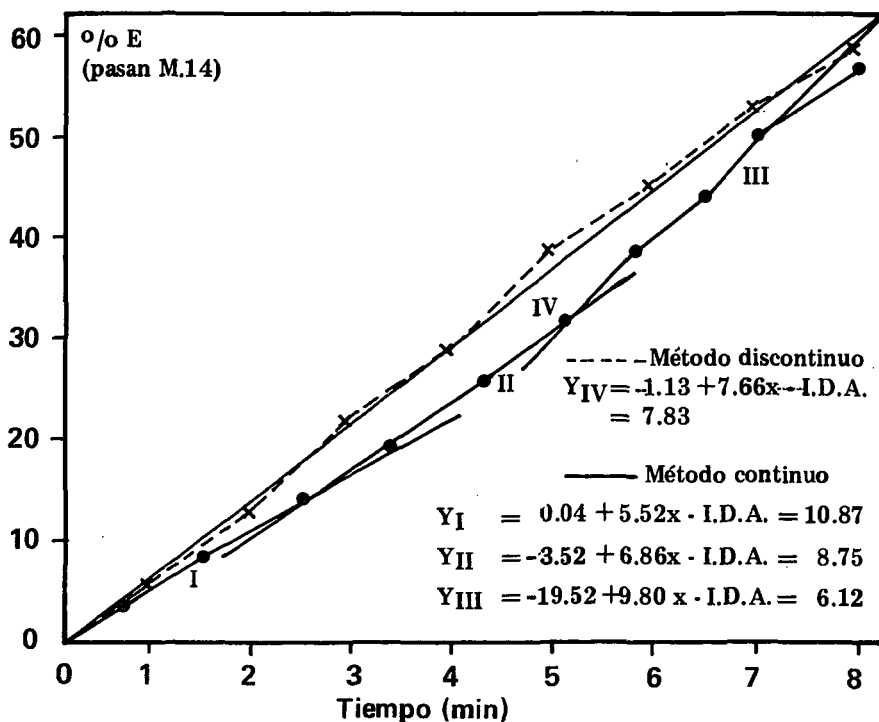


FIGURA 1

Porcentaje eliminado versus tiempo de contacto

I. De 0 a 2.57 min:

$$\hat{Y}_I = 0.04 + 5.52x \quad (= 0.9995); I.D.A. = 10.87$$

II. De 2.57 a 5.16 min:

$$\hat{Y}_{II} = -3.52 + 6.86x \quad (= 0.9993); I.D.A. = 8.75$$

III. De 5.16 a 8.08 min:

$$\hat{Y}_{III} = -19.52 + 9.80x \quad (= 0.9727); I.D.A. = 6.12$$

El descenso de los valores de I.D.A., desde 10.87 hasta 6.12 se debe a la mayor resistencia al desgaste que presenta el pericarpio con respecto a las capas internas del grano (endosperma).

Se puede observar también la relación entre los I.D.A. y los o/o E en los dos métodos sometidos a ensayo. Dentro de los cinco minutos de contacto se presentan mayores I.D.A. para el método continuo (10.87 y 8.75) que para el discontinuo (7.83); luego se elimina un mayor porcenta-

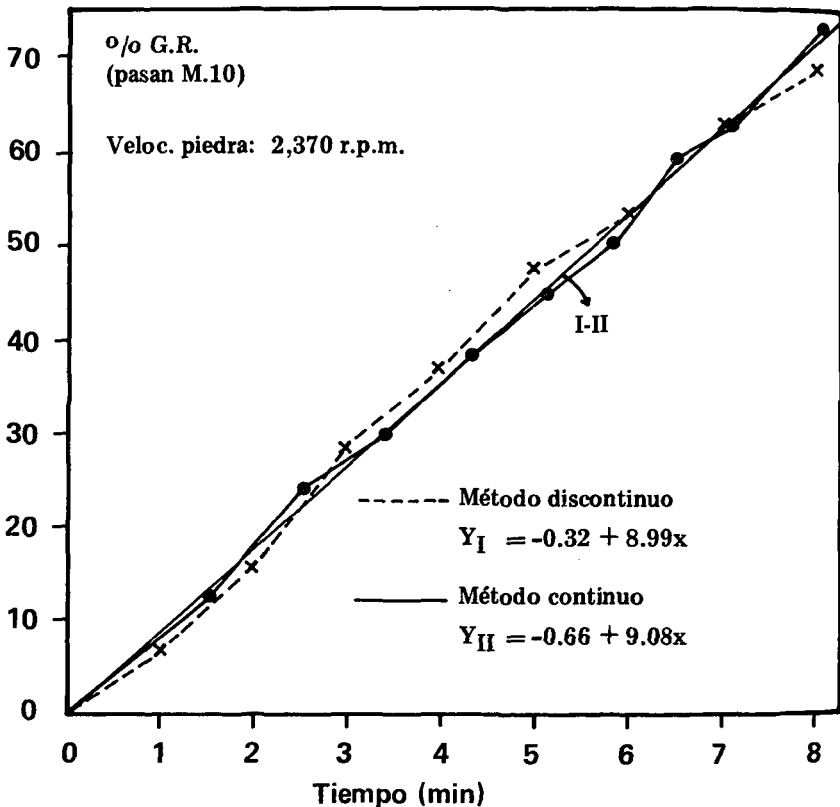


FIGURA 2

Porcentaje de granos rotos versus tiempo de contacto

je de grano (pasando la malla 14) con este último método (37.17<sup>o/o</sup>) que en el método continuo (30.78<sup>o/o</sup>).

### Rotura de Granos

Al trabajar con los dos métodos a la misma velocidad de rotación (2,370 rpm), se observó un comportamiento similar en cuanto a la rotura de granos. El o/o de granos rotos (GR) versus tiempo de contacto (Figura 2) confirma esta observación. Las ecuaciones correspondientes a las relaciones o/o GR tiempo, son aproximadamente iguales:

Método Discontinuo —

$$\hat{Y} = -0.32 + 8.9936 x \quad (r = 0.9932)$$

*Método Continuo*

$$\hat{Y} = -0.66 + 9.0785 x \quad (r = 0.9981)$$

A consecuencia del comportamiento similar, salta a la vista que a los cinco minutos de contacto, por ejemplo, los  $\circ/\circ$  GR son aproximadamente iguales: 44.65 y 44.730  $\circ/\circ$ , aplicando los métodos discontinuo y continuo, respectivamente.

*Porcentaje de Descascarado*

Esta evaluación se realizó en base a medidas de reflexión (MR) de la fracción retenida en malla 10 (grano entero). Se formaron varias mezclas a partir de distintas proporciones de grano de sorgo descascarado manualmente y granos sin descascarar (0, 10, 20, ..., 100  $\circ/\circ$ ). Luego se midió la reflexión de estas mezclas, y los resultados se expresaron gráficamente, relacionando el porcentaje de descascarado (y) y MR(x). La ecuación correspondiente es:

$$\hat{Y} = 1.9135 x - 28.28 \quad (r = 0.9971)$$

Las MR de los productos de los dos métodos sometidos a ensayo fueron convertidos a  $\circ/\circ$  D en base a la relación anterior. El avance del descascarado fue así evaluado en función de los  $\circ/\circ$  D vs grado de extracción (100 -  $\circ/\circ$ E) (Figura 3). En base a estos resultados se aprecia que el descascarado aplicando el régimen continuo es mayor aproximadamente un 5  $\circ/\circ$  más a lo largo de toda la curva. Alrededor del 85  $\circ/\circ$  de grado de extracción, ambas curvas (método continuo y discontinuo) acusan un cambio de pendientes debido a la eliminación de las capas externas más coloreadas.

Se puede concluir así, que en el molino por abrasión diseñado, trabajando a 2,370 rpm, se tiene un  $\circ/\circ$  de GR aproximadamente igual para los dos métodos; con un menor  $\circ/\circ$  E y mayor  $\circ/\circ$  D al usar la operación continua. En base a lo expresado y dada la posibilidad de su aplicación industrial, se sugiere colocar superficies abrasivas en serie para realizar el descascarado de sorgo.

*II. Método de Descascarado Continuo*

A fin de establecer un valor aceptable de descascarado de sorgo empleando este procedimiento, se estimó necesario un análisis más a fondo de la operación. Así el descascarado se llevó a cabo en la forma ya descrita, y para juzgar el avance del descascarado, se analizaron los siguientes items:

1. MR sobre finos y sobre material recuperado (los g. de material recuperado/100 g de muestra es definido como grado de extracción).
2. Porcentajes residuales de macrocomponentes: proteína, grasa, fibra, ceniza e hidratos de carbono.
3. Contenido de taninos remanentes; expresado como catequina equivalente (CE).

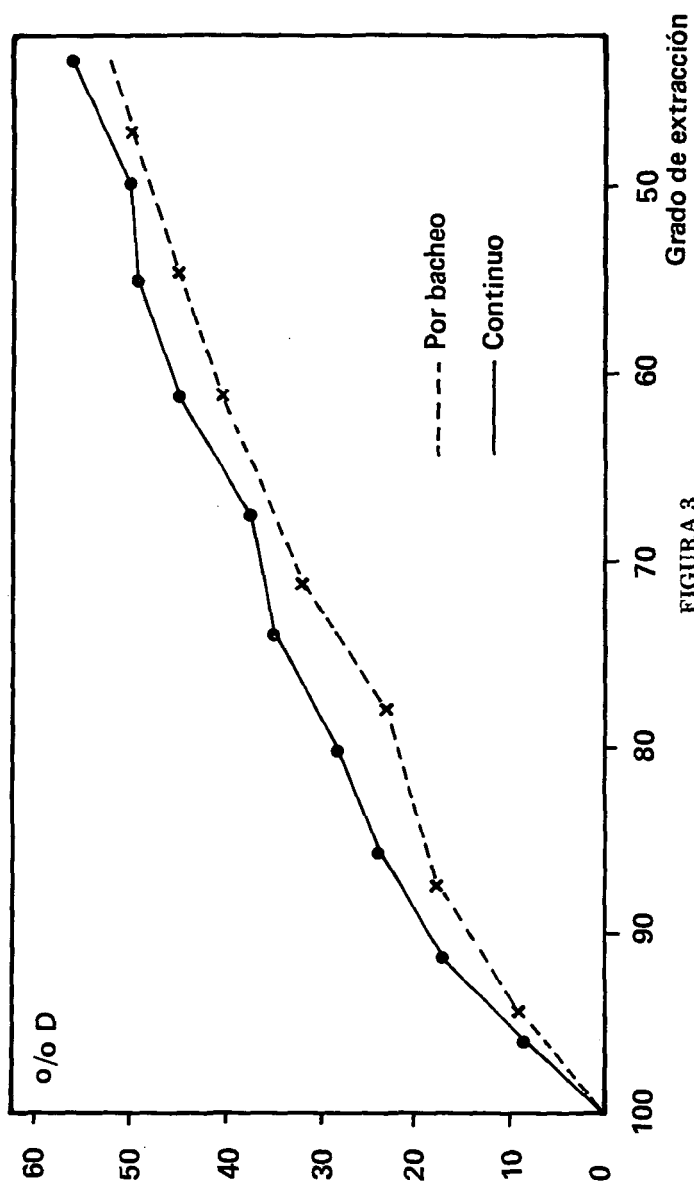


FIGURA 3

Porcentaje descascarado versus grado de extracción

*Medidas de Reflexión*

Las MR fueron realizadas en fracciones de material recuperado y finos acumulados de las distintas etapas del descascarado. Ambas fracciones fueron molidas para pasar la malla 40. La Figura 4 muestra la relación entre las MR y el grado de extracción, así como entre las MR y el  $\circ/\circ$ E. Según revelan los datos, a medida que el grado de extracción disminuye, la reflexión de los productos obtenidos aumenta. Existe una diferencia para las MR de la primera y última etapa (12.3 y 13.7 unidades en la escala L) en el recuperado y los finos, respectivamente. Los valores son muy cercanos, y ello se debe a que en el comienzo del descascarado, hasta aproximadamente un valor cercano al 85 $\circ/\circ$  de grado de extracción, se elimina la mayor parte del tegumento de color marrón, y esto pasa a los finos. Luego, al proseguir el descascarado, la reflexión de los finos aumenta, ya que el endosperma se comienza a desgastar.

En la misma Figura 4 se representan las MR de los finos entre etapas, observándose mejor el punto de inflexión o aumento de reflexión cuando los finos van recibiendo el aporte de material amiláceo. Tal y como se dijo anteriormente, esta fracción tiene un menor índice de dureza, lo que conduce a un rápido desgaste.

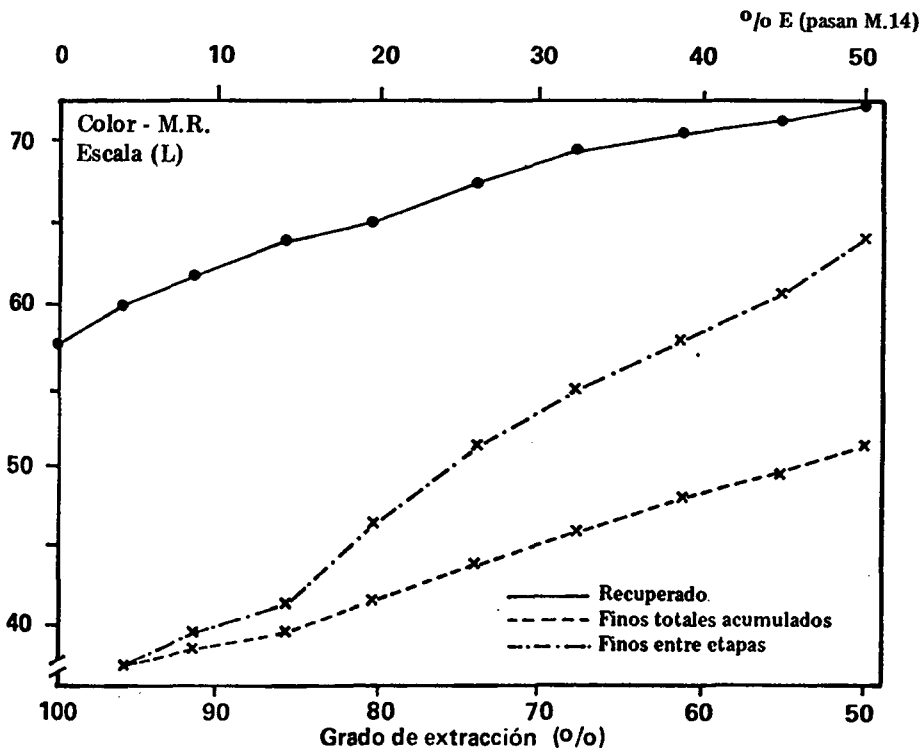


FIGURA 4

Efectos del descascarado sobre la reflexión del material recuperado y los finos

*Porcentaje Residual de Macrocomponentes*

Se realizaron análisis de macrocomponentes en fracciones de finos acumulados de las distintas etapas, con los resultados que se muestran en la Tabla 1. Las etapas están expresadas como grado de extracción = 100 - 0/o E. La fibra, según se aprecia, disminuye el valor en un 550/o desde la primera etapa hasta la última, y el porcentaje de cenizas y grasas también se reduce en 49 y 230/o, respectivamente.

Tanto las proteínas como el Nifex incrementan su valor a medida que disminuye el grado de extracción.

La composición de los finos se determinó después de cada etapa, con los valores que se expresan en la Figura 5. El porcentaje de fibra, como los datos lo atestiguan, desciende rápidamente hasta un grado de extracción de 800/o, tiempo de contacto de 3.42 minutos. A partir de este punto el descenso en el contenido de fibra es bajo, lo que sugiere que la mayor parte del tegumento de los granos, rico en fibra, se pierde en las primeras etapas.

El contenido de cenizas disminuye 340/o en las dos primeras etapas, siendo luego el descenso, menos pronunciado.

En cuanto a la materia grasa, ésta se mantiene aproximadamente constante durante las primeras etapas, registrándose el mayor descenso después de 850/o de extracción.

Las proteínas en los finos se mantienen sin variaciones significativas, y el contenido de extracto libre de nitrógeno en la primera etapa es 690/o, aumentando a 840/o en la novena etapa. Esto lo explica el aporte que hace el endosperma una vez eliminada la mayor parte del tegumento durante el descascarado.

Los resultados anteriores fueron entonces comparados con la composición del material recuperado con los mismos grados de extracción (o tiempos de contacto). La Tabla 2 exhibe estos datos. Para una extracción del 960/o existen diferencias significativas entre ambos, pero por debajo del 650/o los valores se acercan e, inclusive, para una extracción del 500/o, el 0/o de fibra es menor y el de Nifex mayor en los finos. Esto indicaría que resulta antieconómico desgastar el grano para una extracción inferior al 650/o, con la consiguiente pérdida de hidratos de carbono, sin mejorar sensiblemente la eliminación del tegumento del grano. Es importante subrayar que dada la forma del grano de sorgo, el germen no se desprende fácilmente. Así, éste se va desgastando junto con las demás partes del grano (salvado y endosperma).

Por último, la influencia del avance del descascarado en los macrocomponentes se explica mejor, graficando la concentración relativa de los macrocomponentes respecto al grano entero versus el grado de extracción (Figura 6). Teniendo en cuenta la composición de las distintas partes del grano informada por Hubbard, Hall y Earle (15), se observa que el salvado tiene un bajo contenido proteínico y el germen, el más alto. Al eliminar el salvado del grano y parte del germen no se aprecian grandes fluctuaciones en el contenido de proteínas del material recuperado.

En cuanto a grasa y cenizas, de acuerdo a Hubbard, Hall y Earle (15), están presentes en el salvado y en el germen en mayor proporción que en el grano entero. Luego, al avanzar el descascarado, los valores de grasa y cenizas disminuyen sensiblemente en el producto resultante.

TABLA 1

VARIACION DE LOS MACROCOMPONENTES EN LOS FINOS OBTENIDOS CON EL  
DESCASCARADO CONTINUO DE SORGO

Componente <sup>1</sup> (o/o)	Etapa/grado de extracción <sup>2</sup>								
	1/95.85	2/91.51	3/85.78	4/80.14	5/73.94	6/67.60	7/61.12	8/55.51	9/49.73
Cenizas	4.95	4.08	3.65	3.39	3.17	2.99	2.83	2.70	2.54
Fibra	8.85	7.91	7.13	6.33	5.66	5.10	4.63	4.29	3.99
Proteína (N x 6.25)	10.13	9.52	9.54	9.46	9.62	9.72	9.80	9.89	9.91
Grasa	6.84	6.84	6.73	6.58	6.36	6.06	5.83	5.59	5.27
Nifex <sup>3</sup>	69.23	71.65	72.95	74.25	75.19	76.13	76.92	77.54	78.29

1 Resultados expresados en base seca.

2 Expresado como 100 - o/o eliminado.

3 Expresado como 100 - (o/o proteína + o/o grasa + o/o fibra + o/o cenizas).

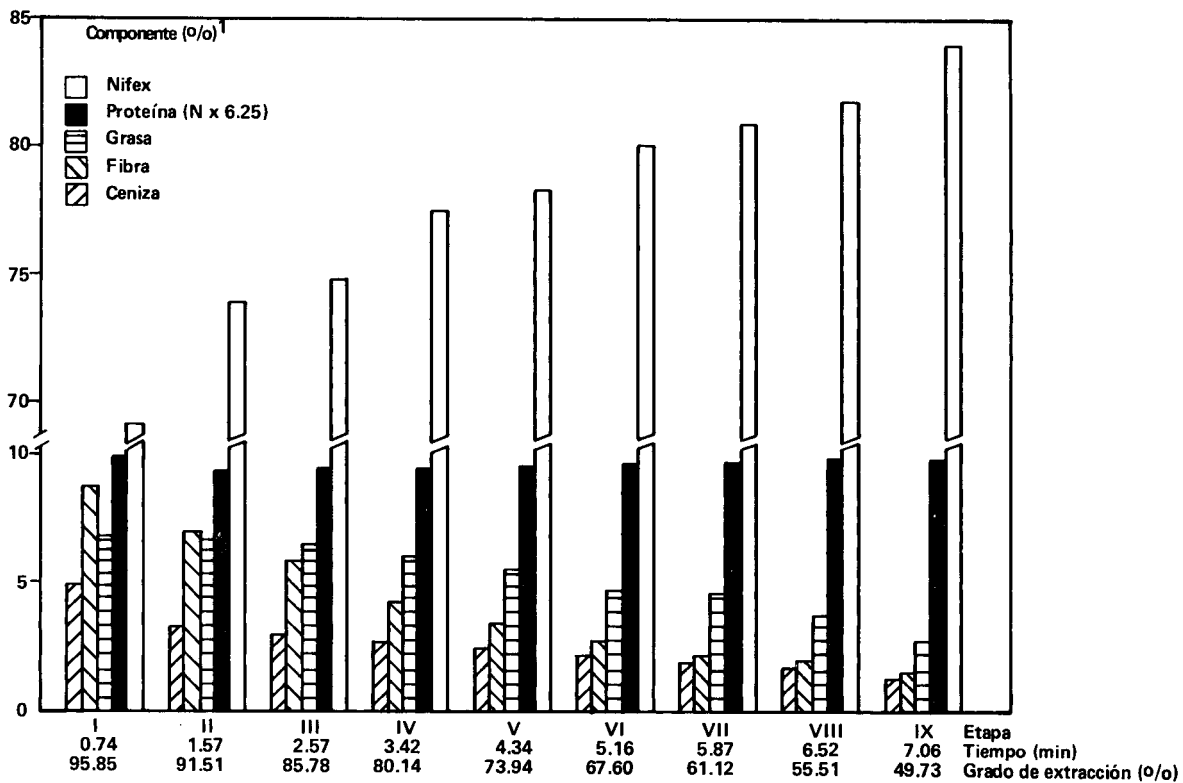


FIGURA 5

Variación de los macrocomponentes en los finos, a intervalos de tiempos, al avanzar el descascarado

TABLA 2

ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS FINOS Y MATERIAL RECUPERADO A MEDIDA QUE DISMINUYE  
EL GRADO DE EXTRACCION EN EL DESCASCARADO CONTINUO DE SORGO

Componente <sup>1</sup> ( <sup>o</sup> /o)	Material	Etapa/Grado de extracción <sup>2</sup>								
		1/95.85	2/91.51	3/85.78	4/80.14	5/73.94	6/67.60	7/61.12	8/55.51	9/49.73
Cenizas	Finos	4.95	3.25	3.01	2.74	2.48	2.22	2.03	1.81	1.36
	Recuperados	1.57	1.50	1.40	1.30	1.21	1.13	1.01	0.93	0.83
Fibra	Finos	8.85	7.01	5.97	4.30	3.55	2.78	2.26	1.97	1.57
	Recuperados	2.64	2.43	2.19	2.04	1.92	1.86	1.79	1.77	1.78
Proteína (N x 6.25)	Finos	10.13	8.94	9.57	9.24	10.13	10.14	10.19	10.49	10.13
	Recuperados	11.31	11.43	11.65	11.71	11.85	12.06	12.20	12.37	12.63
Grasa	Finos	6.84	6.83	6.57	6.20	5.66	4.84	4.68	3.89	2.87
	Recuperados	3.47	3.31	3.09	2.87	2.64	2.47	2.20	2.02	1.93
Nifex <sup>3</sup>	Finos	69.23	73.97	74.87	77.53	78.19	80.03	80.85	81.84	84.07
	Recuperados	81.00	81.34	81.77	82.07	82.39	82.49	82.80	82.90	82.81

1 Resultados expresados en base seca.

2 Expresado como 100 - <sup>o</sup>/o eliminado.

3 Expresado como 100 - (<sup>o</sup>/o proteína + <sup>o</sup>/o grasa + <sup>o</sup>/o fibra + <sup>o</sup>/o cenizas).

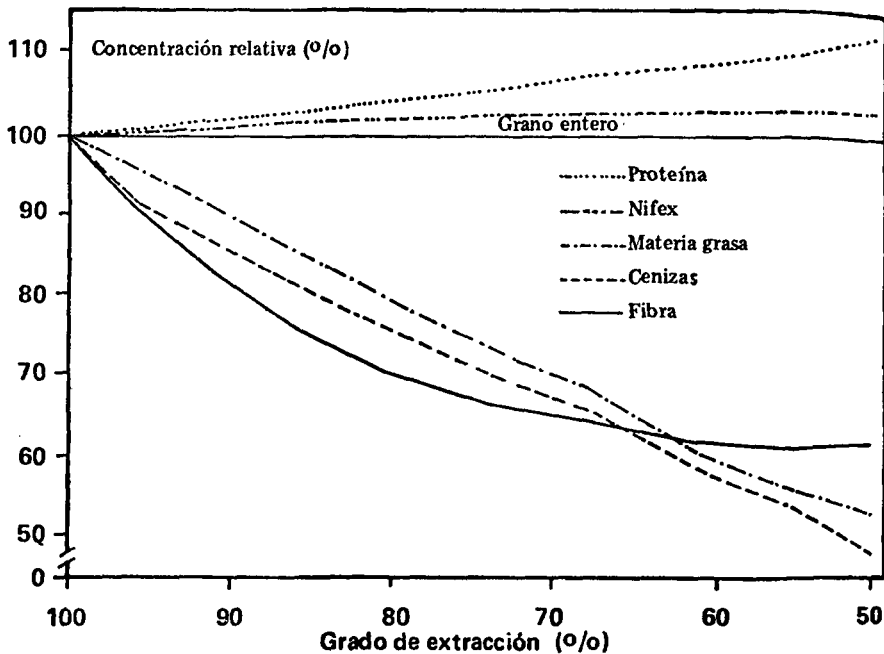


FIGURA 6

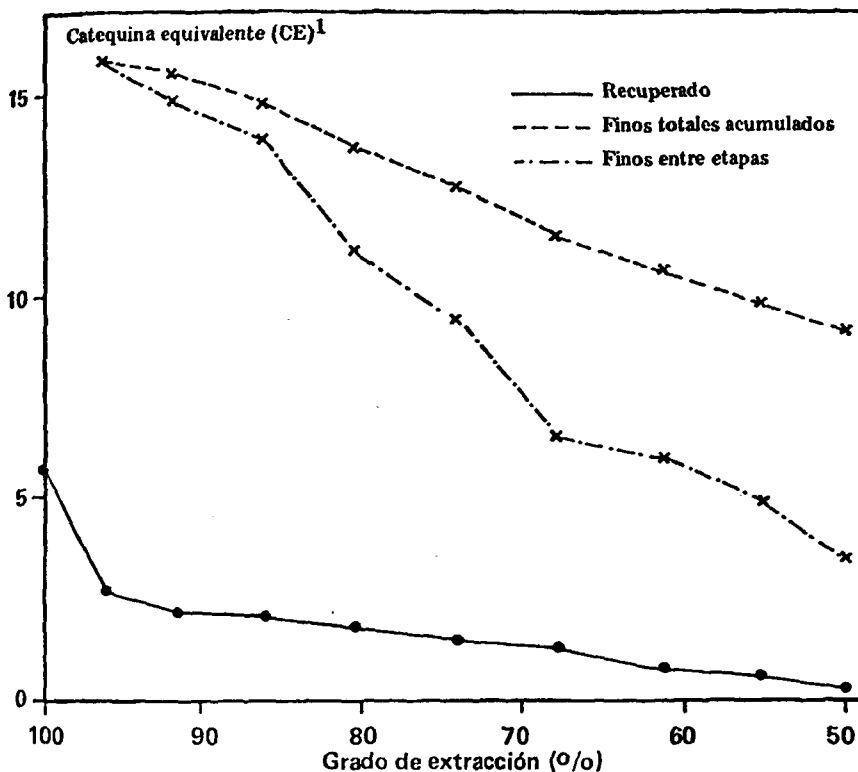
Variaciones de los macrocomponentes del material recuperado con respecto al grano entero, para distintos grados de extracción

La fibra, que se encuentra principalmente en el tegumento, al descascarar se elimina rápidamente en las primeras etapas, alcanzando un valor prácticamente invariable por debajo del 65% de extracción.

#### *Contenido de Taninos Remanentes*

Se realizaron análisis del contenido de taninos, expresados como catequina equivalente (CE) en base seca (miligramos de catequina por 100 mg de muestra seca) en las fracciones de finos acumulados de las distintas etapas. Las etapas se expresan como grados de extracción = 100 = 0/o E, con los valores que se observan en la Figura 7. El contenido de taninos (CE), según se aprecia, disminuye linealmente con el grado de extracción, desde la primera a la última etapa, alcanzando la reducción el 42%.

Se determinó el contenido de taninos (CE) de los finos después de cada etapa. En las tres primeras etapas hasta 85% de extracción, los valores fueron de 15.82, 14.85 y 13.90 que son sumamente altos. Se observa luego un punto de inflexión en la curva teniendo una pendiente negativa más pronunciada hasta llegar al valor de 3.54 en la última etapa. Esto indica que la mayor eliminación de taninos se registra al inicio



1 Expresado en base seca.

FIGURA 7

Variación del contenido de taninos vs grado de extracción

del descascarado, coincidiendo con la eliminación del tegumento del grano.

El contenido de polifenoles (CE) en el grano entero es de 5.71, y a medida que el descascarado avanza este porcentaje disminuye. Así, en la misma Figura 7 se aprecia que ya en la primera etapa se manifiesta una reducción importante de taninos a un valor de 2.67 (47%). Luego la disminución es gradual hasta la última etapa, donde el contenido de taninos es de 0.34, manteniendo luego un 6% del contenido original. Para un grado de extracción de 65%, el contenido de taninos (CE) es cercano a la unidad, con lo que se podría considerar como aceptable para consumo humano, si se tiene en cuenta que el consumo de sorgo se propone en mezclas.

Es, pues, factible concluir que utilizando el molino descascarador, diseñado en este Instituto, y operando en forma continua a 2,370 rpm, para un grado de extracción del 85%, la mayor proporción de cenizas, fibra y taninos ha sido eliminada.

Cabe señalar, de nuevo, que un grado de extracción menor de 65% resultaría antieconómico por la excesiva pérdidas de nutrientes, sin que ello se traduzca en una reducción apreciable en el contenido de taninos y pigmentos coloreados.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento al Ing. R. Corimayo por su valiosa colaboración en la determinación de taninos en las muestras de sorgo analizadas, así como al Tec. Qco. V. Trejo, por su decidido apoyo en los análisis cuantitativos de rutina.

A la empresa E.E.A. Manfredi CORDOBA agradecen, asimismo su inestimable aporte a nuestro estudio, por el suministro de material para la realización de este trabajo de investigación.

#### SUMMARY

##### DRY DEHULLING OF SORGHUM GRAIN: CONTINUOUS AND DISCONTINUOUS METHODS

A study was carried out wherein two dry dehulling sorghum grain methods, the continuous and discontinuous types, were quantitatively compared in a laboratory abrasive dehulling device. Reflectance values, expressed as dehulling percentage, the percentage of kernels removed, and of kernel cracking were evaluated.

Graphs of the dehulled and removed percentages as function of the contact time for each method, revealed that the continuous process was the most efficient of both procedures. Analysis of the broken kernels indicated a similar behavior for both methods.

The macrocomponent and tannin variations as dehulling advanced, as well as the reflectance values were determined with the continuous method.

Findings showed that the greater proportion of tannin, fiber and ashes has been removed at the 85% extraction rate. Thus, abrasion of grains above the 65% extraction rate is not convenient, since an excessive loss of nutrients is produced without any important decrease in polyphenolic pigments and of those imparting color to the sorghum grain milling products.

#### BIBLIOGRAFIA

1. Carámbula, M. *Producción y Manejo de Pasturas Sembradas*. Montevideo, Uruguay, Ed. Hemisferio Sur, 1976, p. 243-253.
2. Earp, C. F. & L. W. Rooney. Scanning electron microscopy of the pericarp and testa of several sorghum varieties. *Food Microstructure*, 1: 125-134, 1982.
3. Featherston, W. & J. Rogler. Influence of tannins on the utilization of sorghum grain by rats and chicks. *Nutr. Reps. Internat.*, 11: 491-497, 1975.
4. Domanski, C. Ensayo preliminar sobre la calidad panadera de harinas compuestas de trigo y sorgos graníferos. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Manfredi - Córdoba, 1975. (Información Técnica No. 67).

5. Freeman, J. F. & S. A. Watson. Peeling sorghum grain for wet milling. *Cereal Sci. Today*, **14**: 10-15, 1969.
6. Reichert, R. D. Sorghum dry milling. In: *Sorghum in the Eighties: Proceedings of the International Symposium in Sorghum*. Vol. 2. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, Patancheru, A.P., India, 1982, p. 547.
7. Bedolla, S. & L. W. Rooney. Dry milling properties of *Sorghum bicolor* (L) Moench. *Cereal Quality Lab., Texas A&M University*, 1982.
8. De Francisco, A., A. D. Shepherd, R. C. Hosney & E. Varriano-Marston. Decorticating pearl millet and grain sorghum in a laboratory abrasive mill. *Cereal Chem.*, **59**: 1-5, 1982.
9. Hahn, R. R. Dry milling of grain sorghum. *Cereal Sci. Today*, **14**: 234-237, 1969.
10. Association of Official Agricultural Chemists. *Official Methods of Analysis of the AOAC*. 12th ed. Washington, D. C., The Association, 1975, p. 30.
11. Institute of Brewing Analysis Committee. Recommended methods of analysis. *J. Inst. Brew.*, **77**: 181, 1971.
12. Burns, R. E. Method for estimation of tannin in grain sorghum. *Agron. J.*, **63**: 511, 1971.
13. Maxson, E. D. & L. W. Rooney. Evaluation of methods for tannin analysis in sorghum grain. *Cereal Chem.*, **49**: 719-728, 1972.
14. Oomah, B. D., R. D. Richert & C. G. Youngs. A novel multisample, tangential abrasive dehulling device (TADD). *Cereal Chem.*, **58**: 392-395, 1981.
15. Hubbard, J. E., H. N. Hall & F. R. Earle. Composition of the component part of the sorghum kernel. *Cereal Chem.*, **27**: 415-420, 1950.

# PROCESAMIENTO Y EVALUACION DE ENSILADO DE PESCADO A PARTIR DE LA FAUNA DE ACOMPAÑAMIENTO DEL CAMARON

*Efrem Córdova<sup>1</sup> y Rafael Bello<sup>2</sup>*

Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos  
Universidad Central de Venezuela  
Caracas, Venezuela

## RESUMEN

Se obtuvo ensilado de pescado para alimentación animal a partir de una mezcla de especies de pescado pertenecientes a la fauna de acompañamiento del camarón. Después de molidos íntegramente, éstos se mezclaron con ácido fórmico-sulfúrico al 3.50/o en peso, en una relación de 1:2, 1:3 y 1:4, respectivamente, dejándose a temperatura ambiente por un período de 15 días como mínimo hasta completar la licuefacción. Luego se evaluó el pH, líquido exudado, consistencia, nitrógeno soluble, bases volátiles totales, trimetilamina, cambios en oxidación de grasas mediante el ensayo de ácido tiobarbitúrico, y recuento de microorganismos durante su almacenamiento a temperatura ambiente por el término de 60 días.

El producto obtenido se sometió a secado y fue utilizado en ensayos biológicos efectuados en pollos de engorde, en una dieta donde el 60/o de harina de pescado se sustituyó por el ensilado en cuestión.

Los resultados del análisis proximal, perfil de aminoácidos y contenido de minerales del producto deshidratado, juntamente con los resultados del ensayo en pollos, indicaron la factibilidad de utilizarlo en sustitución de la harina de pescado tradicional en los animales de ensayo. Por otra parte, hay que tener en cuenta su facilidad de elaboración, lo que lo hace adecuado y factible de aprovechar en alimentación animal.

---

Manuscrito modificado recibido: 24-8-86.

- 1 Miembro del Grupo de Investigación de Tecnología de Productos del Mar, Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela.
- 2 Coordinador Académico y Jefe de Investigación de Tecnología de Productos del Mar, Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela, Apartado Postal 47097 - Caracas 1041-A, Venezuela.

## INTRODUCCION

El ensilado de pescado puede ser definido como un producto líquido preparado mediante la adición de ácido al pescado entero o a porciones de éste. La licuefacción es causada por enzimas proteolíticas del pescado y en gran parte es acelerada por el ácido, el que, además, ayuda a desintegrar los huesos y previene el deterioro bacteriano (1).

El ensilado de pescado ha sido elaborado en diferentes regiones del mundo a partir de diversas especies de pescado (1-4). Sin embargo, es necesario definir las condiciones de procesamiento para cada especie de pescado, al igual que conocer las condiciones de la materia prima, a fin de establecer el esquema tecnológico apropiado y asegurar la estabilidad del producto durante su almacenamiento.

Después de la captura del camarón, los barcos arrastreros desechan al mar una gran cantidad de especies de pescado que, por diversas causas, están limitadas para el consumo humano y su comercialización. Se han citado cifras que estiman la producción mundial de "broza" a nivel mundial de 5 a 20 x 10<sup>6</sup> toneladas anuales (5). Este potencial recurso se ofrece como una alternativa para la producción de alimentos por su elevado contenido proteínico, recuperando una porción de la misma para consumo humano y otra para consumo animal.

Estudios preliminares de uno de los autores de este trabajo (6) demostraron la conveniencia de utilizar una mezcla de las especies que conforman la fauna de acompañamiento del camarón para la elaboración de ensilado, siendo conveniente la utilización del pescado lo más fresco posible. La presencia de vísceras en los mismos, el uso de una mezcla de ácido fórmico y sulfúrico, y la adición de 3.50/o en peso de ácido en relación al pescado, exigen de agitación frecuente y almacenamiento a temperatura ambiente. Bajo estas condiciones, el ensilado puede ser obtenido en pocos días con resultados satisfactorios. No obstante, se requiere conocer el comportamiento de un ensilado en el que las proporciones de los ácidos utilizados se varían.

El objetivo de este trabajo fue la elaboración de ensilado a partir de una mezcla de pescados que conforman la fauna de acompañamiento del camarón que no son adecuados para consumo humano, considerando la variación en la proporción de ácidos usados. Un segundo propósito fue definir las condiciones de procesamiento y evaluar dicho producto.

## MATERIALES Y METODOS

### *Materiales:*

Se obtuvieron directamente de las embarcaciones arrastreras que desembarcan tanto en la región oriental como central del país, especies de pescado (Tabla 1) pertenecientes a la porción que se captura juntamente con el camarón, y que los pescadores desechan al mar (broza). Estas especies fueron trasladadas recubiertas con hielo a Caracas, donde después de seleccionarlas, se utilizaron aquellas que no podían aprovecharse para consumo humano por estar dañadas físicamente, o ser muy pequeñas, o no mostrar aceptabilidad por el consumidor y carecer de valor comercial

TABLA 1

COMPOSICION POR ESPECIES DE LA FAUNA DE ACOMPAÑAMIENTO  
DEL CAMARON CAPTURADO EN LA REGION NOR-ORIENTAL DE  
VENEZUELA

Nombre común	Nombre científico	o/o
Bagre	<i>Arius spixii</i>	17.2
Gallineta	<i>Bellator spp</i>	13.1
Lenguados	<b>Pleuronectiformes*</b>	10.9
Salomonete	<i>Upeneus parvus</i>	8.9
Cachorreta	<i>Scomber japonicus</i>	7.6
Boquita e' huevo	<i>Haemulon</i>	7.6
Cataco	<i>Trachurus tathani</i>	5.4
Cherechere	<i>Haemulon steindachneri</i>	4.9
Panchito	<i>Pristipomoides spp</i>	4.4
Yuqueta o bobo	<i>Diplectrum formosum</i>	3.0
Mojarra	<i>Eugerres plumieri</i>	2.6
Sardina	<i>Sardinella spp</i>	1.9
Morena	<i>Gymthorax spp</i>	1.9
Perla	<i>Lepophidium profundorum</i>	1.8
Concha	<i>Pecten paptracius</i>	1.7
Corocoro	<i>Arthropristis ruber</i>	1.5
Catalana	<i>Priacantus spp</i>	1.3
Sapo cadena	<i>Porichthys porosissimus</i>	1.0
Calamar	<i>Loligo spp</i>	0.6
Roncador	<i>Micropogon furnieri</i>	0.5
Cachama	<i>Holacanthus ciliaris</i>	0.5
Guaripete	<i>Saurida spp</i>	0.5
Tahali	<i>Trichuris lepturus</i>	0.4
Curvina	<i>Cynoscion spp</i>	0.3
Torito	<i>Acanthostracion quadricornis</i>	0.3
Paleta	<i>Lolicaria spp</i>	0.1
Trompetero	<i>Fistularia serrata</i>	0.1

\* Orden del grupo lenguados.

De estas 27 especies las primeras 11 representan más del 85% de la fauna de acompañamiento (basura); las otras especies sólo se presentan ocasionalmente y en proporciones insignificantes.

en el mercado nacional.

El material seleccionado y lavado se pasó a través de una moledora marca BOIA H.D., Modelo 08122, y el pescado molido obtenido se mezcló con ácido fórmico-sulfúrico al 3.5% en peso, en una relación de 1:2, 1:3 y 1:4 respectivamente, estando el ácido sulfúrico previamente diluido (2 partes del ácido por 1 parte de agua). Luego se almacenaron a temperatura ambiente en envases plásticos cerrados herméticamente, de 5 a 50 litros de capacidad (6). La mezcla de pescado y ácidos en los envases de dejó a temperatura ambiente con agitación frecuente, quedando elaborado

de esta forma el ensilado a partir de los 15 días. Después de obtenido, este último se evaluó hasta los 60 días de almacenado. Una porción del mismo se deshidrató en un deshidratador de tambores marca Sterling, Modelo 20.

### *Métodos*

Se realizaron análisis proximal de humedad, cenizas, proteínas y grasas según los métodos de la AOAC (7). Además, se determinó nitrógeno soluble (8); oxidación de grasas, según el método del ácido tiobarbitúrico (9); trimetilamina y gases volátiles, de acuerdo al procedimiento de microdifusión de Conway (10); el pH, mediante el uso de un potenciómetro; líquido exudado, por centrifugación del material a 7,000 rpm durante 10 minutos y midiendo el volumen del sobrenadante; la consistencia, mediante el uso de un consistómetro de Bostwick; el perfil de aminoácidos por cromatografía gas-líquido, y el contenido de minerales (Ca, Na, K, Mg, Zn, Fe, Cu, Cr), por espectrofotometría de absorción atómica.

Se hizo una numeración total de microorganismos en "Plate Count Agar" (DIFCO), incubando por 48 horas a 30°C (11). Adicionalmente, se efectuó un ensayo biológico de evaluación de la sustitución de harina de pescado por ensilado de pescado en pollos en crecimiento, valiéndose de un experimento aleatorio en 48 pollos de la raza Cobb, de 24 horas de nacidos, con un peso promedio de 42.5 g. Estos fueron distribuidos al azar en ocho jaulas, con seis pollos cada una, y en ellos se determinó la ganancia de peso, consumo de alimento y eficiencia de conversión del alimento, durante cuatro semanas de experimento, realizándose análisis de varianza en el tratamiento de los resultados. Las dietas utilizadas constan en la Tabla 2, donde se observa la sustitución de harina de pescado por ensilado, a un nivel de 60/o.

El análisis proximal de la materia prima utilizada rindió los siguientes resultados: humedad, 75.50/o; cenizas, 4.80/o; grasa cruda, 1.30/o; y proteínas, 16.70/o. El bajo contenido de grasa resulta ser beneficioso, ya que los ensilados elaborados con materia prima que contenga un porcentaje elevado de la misma requieren extracción previa, a fin de evitar el deterioro por oxidación durante el almacenamiento (12, 13).

Los resultados de los análisis de que fueron objeto los ensilados obtenidos bajo las condiciones descritas, indican que el líquido exudado (Figura 1), aumenta progresivamente con el tiempo como consecuencia del proceso de hidrólisis. Los tres ensilados mostraron un comportamiento similar, notándose un rápido incremento en los primeros 15 días del proceso, y un aumento posterior pero a una menor tasa, lo que demuestra que el proceso de licuefacción es independiente de las concentraciones de ácidos utilizados.

En cuanto a cambios en la consistencia, los resultados se ilustran en la misma Figura 1, donse se observa un comportamiento similar para las tres muestras. La medida de este parámetro se hace casi imposible después de los 30 días de proceso, ya que el elevado grado de licuefacción impide que se pueda cronometrar el tiempo que tarda la muestra en recorrer el espacio correspondiente en el consistómetro de Bostwick. Según se aprecia, el grado de consistencia disminuye con el tiempo, siendo la tasa de disminución mayor en los primeros 15 días. Esto se debe a la

**TABLA 2**  
**COMPOSICION DE DIETAS PARA ENSAYOS ALIMENTICIOS**

Ingredientes	Dieta control o/o	Dieta problema o/o	Proteína o/o
Harina de maíz	58	58	5.34
Harina de ajonjolí	15	15	7.13
Harina de algodón	3.5	3.5	1.45
Harina de soya	3.0	3.0	1.34
Harina de pescado (anchoveta)	6.0	—	3.71
Ensilado de pescado	—	6.0	3.65
Harina de carne	4.75	4.75	2.33
Harina de sangre	2.0	2.0	1.68
Alfalfa	2.0	2.0	0.42
Hueso	0.5	0.5	0.0325
Grasa	0.5	0.5	—
Melaza	3.5	3.5	0.09
Carbonato de calcio	1.0	1.0	—
Sal y minerales	0.25	0.25	—
Vitaminas	0.5	0.5	—
Lisina	0.15	0.15	—

hidrólisis que ocurre en el músculo del pescado, ocasionando como consecuencia, un aumento en el grado de licuefacción. La tasa de autólisis está determinada por la actividad de las enzimas autolíticas presentes en la materia prima, y la misma se hace más lenta a medida que transcurre el proceso.

Los cambios relacionados con el valor de pH, se aprecian en la Figura 2, notándose cierto incremento al inicio del proceso, para luego permanecer más o menos estable a los 50-55 días. Es evidente que los valores más bajos de pH corresponden a las muestras tratadas con mayor proporción de ácido. Los cambios en el valor de pH nos dan una buena idea de la calidad deteriorativa del producto (4). Si los valores de pH son muy bajos, surge el inconveniente, por una parte, de haber utilizado mayor cantidad de ácido que la requerida, lo cual incide en problema de costo, y por la otra, que el producto debe ser neutralizado antes de suministrarse como alimento al animal, acarreando problemas que son obvios. Por otro lado, si el pH es mayor de 3.5-4.0, el ensilado no está del todo protegido contra el desarrollo de microorganismos, particularmente los hongos del género *Aspergillus flavus* (14).

La Figura 2 presenta en forma gráfica los resultados de las determinaciones de nitrógeno soluble, notándose un incremento progresivo del mismo con el transcurso del tiempo, al extremo de que al cabo de los primeros 15 días del proceso, alrededor de 75% del nitrógeno total se encuentra en forma de nitrógeno soluble, obteniéndose posteriormente un aumento, pero más moderado. Algunos investigadores han notificado que cerca del

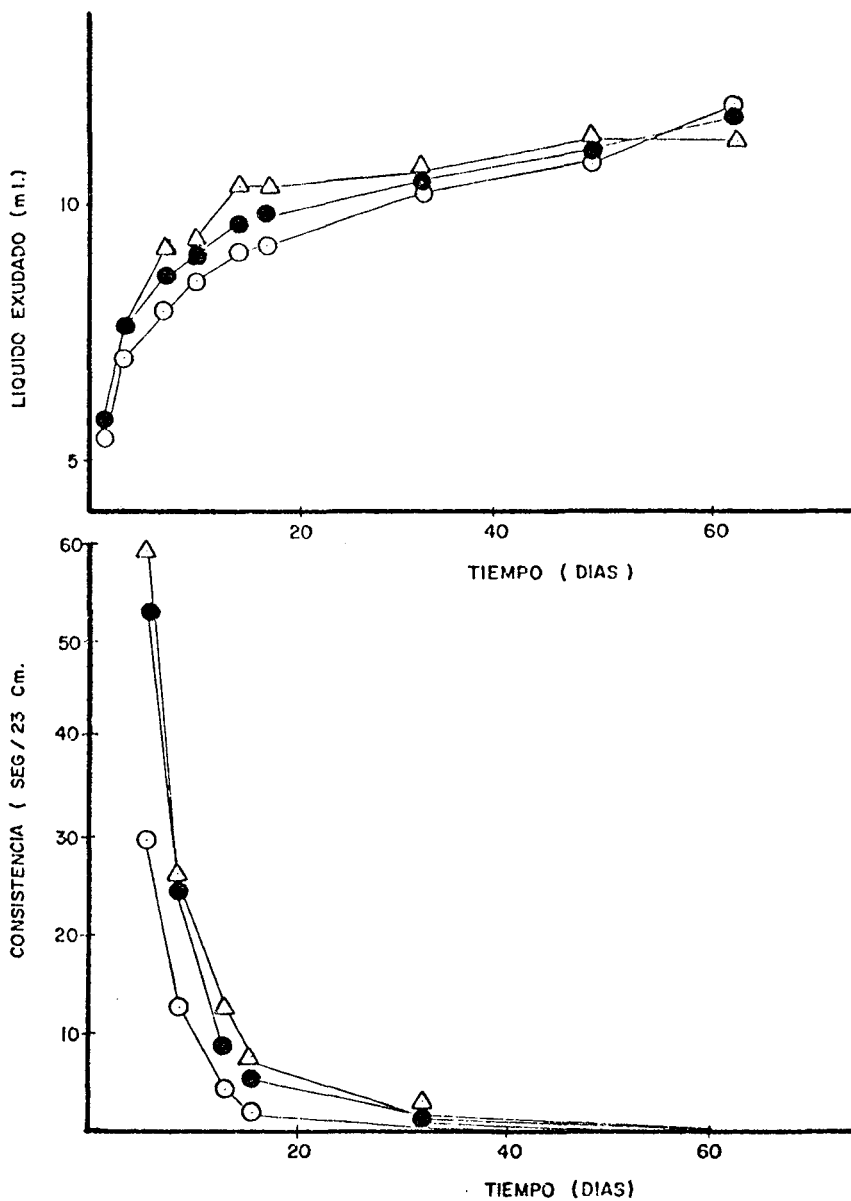


FIGURA 1

Medidas de la consistencia y del líquido exudado del ensilado de pescado preparado con una mezcla de ácido fórmico-sulfúrico en las siguientes proporciones: △ 1:2; ● 1:3; ○ 1:4, respectivamente

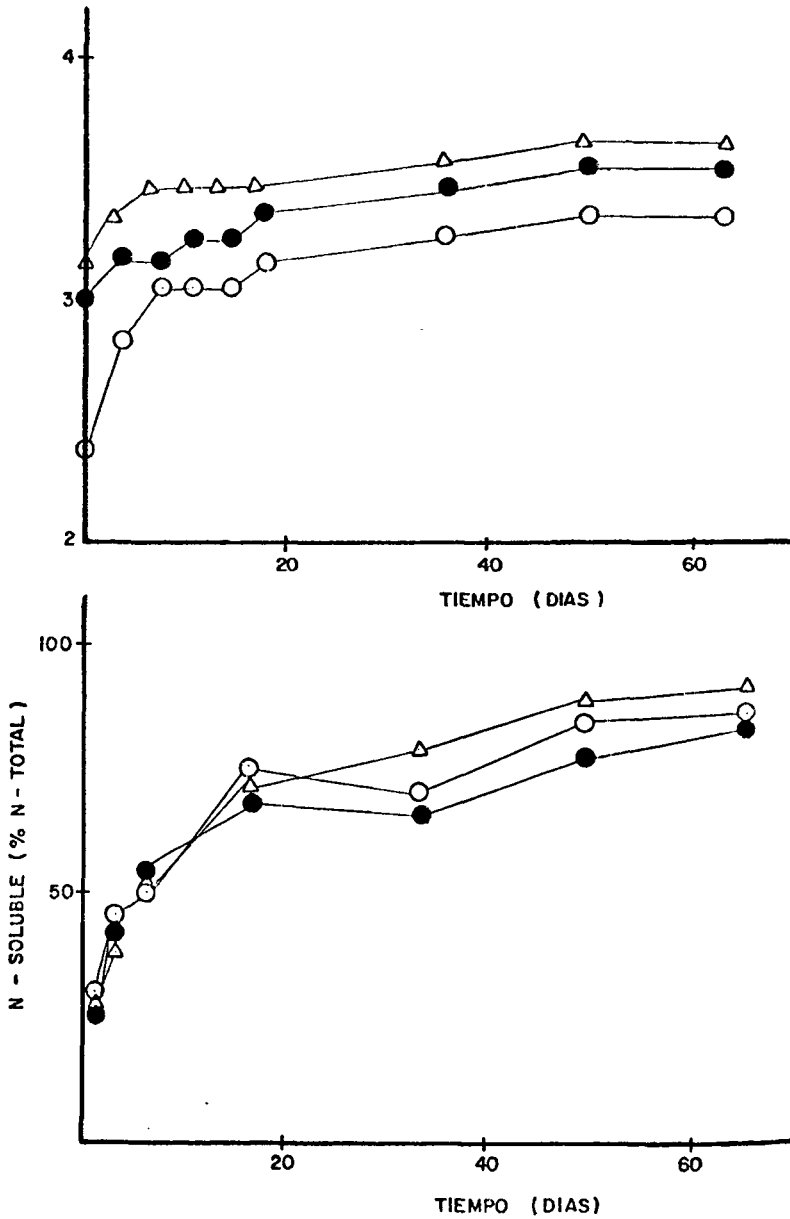


FIGURA 2

Medidas del nitrógeno soluble y del pH en ensilado de pescado preparado con una mezcla de ácido fórmico-sulfúrico en las siguientes proporciones: △ 1:2; ● 1:3; ○ 1:4, respectivamente

800/o del nitrógeno total se solubiliza después de una semana a temperaturas cercanas a 23 - 30°C, en ensilado ácido (1, 2, 15).

Estas tres determinaciones anteriores (líquido exudado, consistencia y nitrógeno soluble), muestran que existe un alto grado de licuefacción en las primeras etapas del proceso para luego notarse una tendencia de disminución en la tasa de la misma.

Las determinaciones correspondientes a las bases volátiles totales (BVT) se visualizan en la Figura 3. Se obtuvieron, según revelan los datos, valores comprendidos entre 56 y 170 mg N/100 g de muestra, a los 60 días del proceso, notándose un aumento en la fase inicial para luego estabilizarse; se incluyen algunas fluctuaciones propias de esta metodología. Los ensayos realizados en ensilado de pescado por vía fermentativa, acusaron valores de BVT comprendidos entre 150-280 mg de N/100 g de muestra, al cabo de 32 días de proceso (3).

En relación a la determinación de trimetilamina (TMA), los valores correspondientes también se observan en la Figura 3. Los valores obtenidos estuvieron comprendidos en el rango de 20-55 mg de N/100 g de muestra, a los 60 días del proceso, existiendo cierta tendencia a permanecer más o menos constantes en el tiempo, aún con variaciones propias de la metodología y la muestra. Se han informado valores de TMA de 18.4 a 4.30 mg de N/100 g de muestra, en ensilado de pescado obtenido por vía microbial, al cabo de 32 días (3).

En cuanto al recuento total de microorganismos, éstos se muestran en la Figura 4, donde se observa que los mismos permanecen bastante bajos ( $0.8-10 \times 10^2$  m.o./g). Esto era de esperarse, ya que en nuestro caso, la mezcla de ácidos inorgánico y orgánico permite que el primero baje lo suficientemente el pH para que el segundo ejerza su efecto antimicrobial (13).

En general, se puede decir que tanto las determinaciones de pH, BVT, TMA, así como el recuento total de microorganismos, demuestran la poca alteración deteriorativa que sufren estos ensilados durante el tiempo de proceso, lo cual indica la estabilidad de los mismos.

En relación a los cambios oxidativos en las grasas (densidad óptica), estos se presentan en la Figura 4, donde podemos observar que los tres ensilados tienen un comportamiento similar, indicativo de que la concentración de ácidos utilizada no afecta mayormente este parámetro. Se aprecia en forma general un leve aumento en la oxidación de las grasas, debido primeramente a la formación de hidroperóxidos como productos primarios de la oxidación, los cuales se descomponen a través de una reacción en cadena vía radical libre para convertirse en productos secundarios estables (13).

Con miras a estudiar el perfil de aminoácidos y determinación de minerales, así como de hacer una evaluación biológica en pollos, se procedió a la obtención de un ensilado deshidratado a partir del cual se elaboró en la proporción de ácido fórmico-sulfúrico 1:3.

El producto así obtenido se sometió a análisis proximal, determinándose que el contenido de humedad era de 8.40/o; proteína, 63.20/o; grasa, 5.00/o, y cenizas, 19.240/o. Es de resaltar tanto el bajo contenido en grasa como en humedad; esto resulta ser beneficioso, ya que tanto el problema de rancidez como el desarrollo de hongos podrá minimizarse. Asimismo, se observa un porcentaje considerable de proteínas (63.20/o).

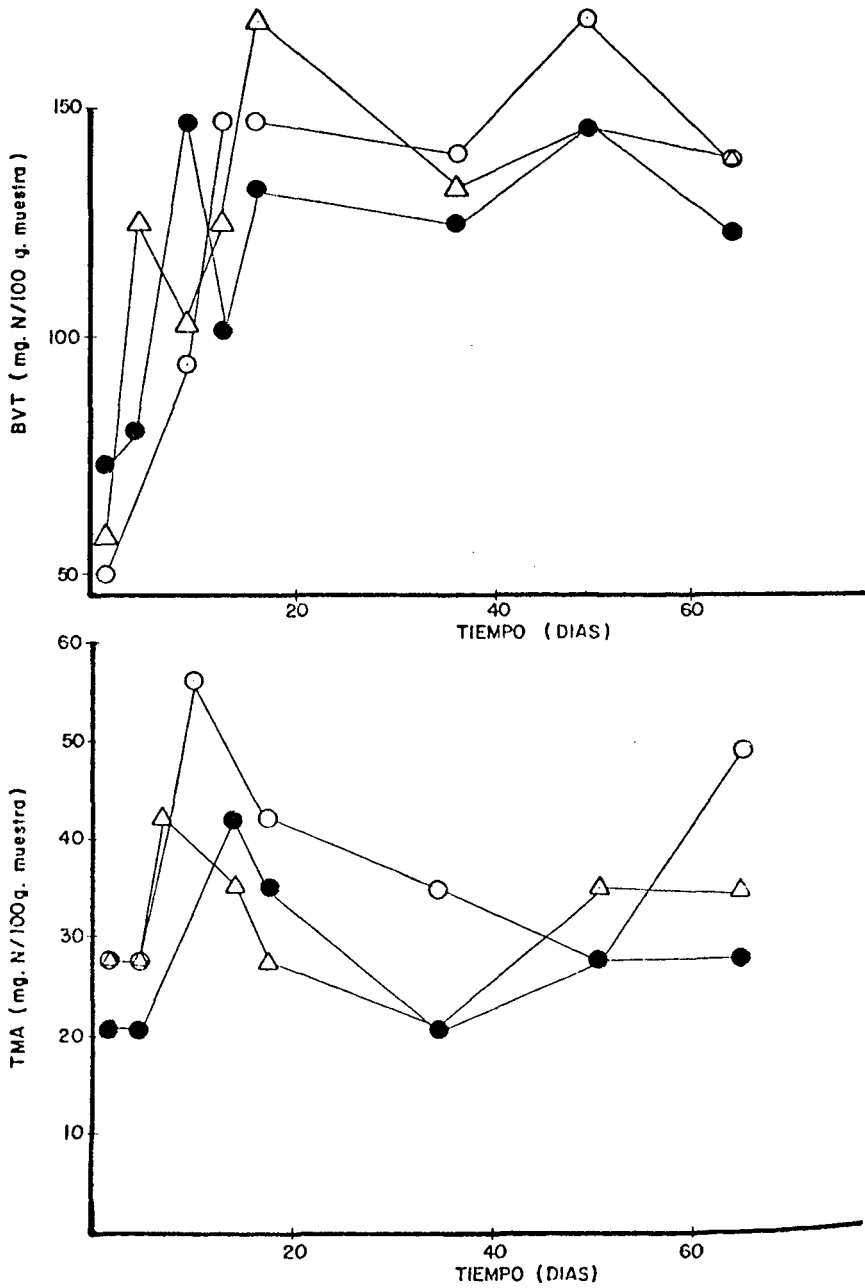


FIGURA 3

Medidas de las BVT y de TMA en ensilado de pescado preparado con una mezcla de ácido fórmico-sulfúrico en las siguientes proporciones: △ 1:2; ● 1.3; ○ 1.4, respectivamente

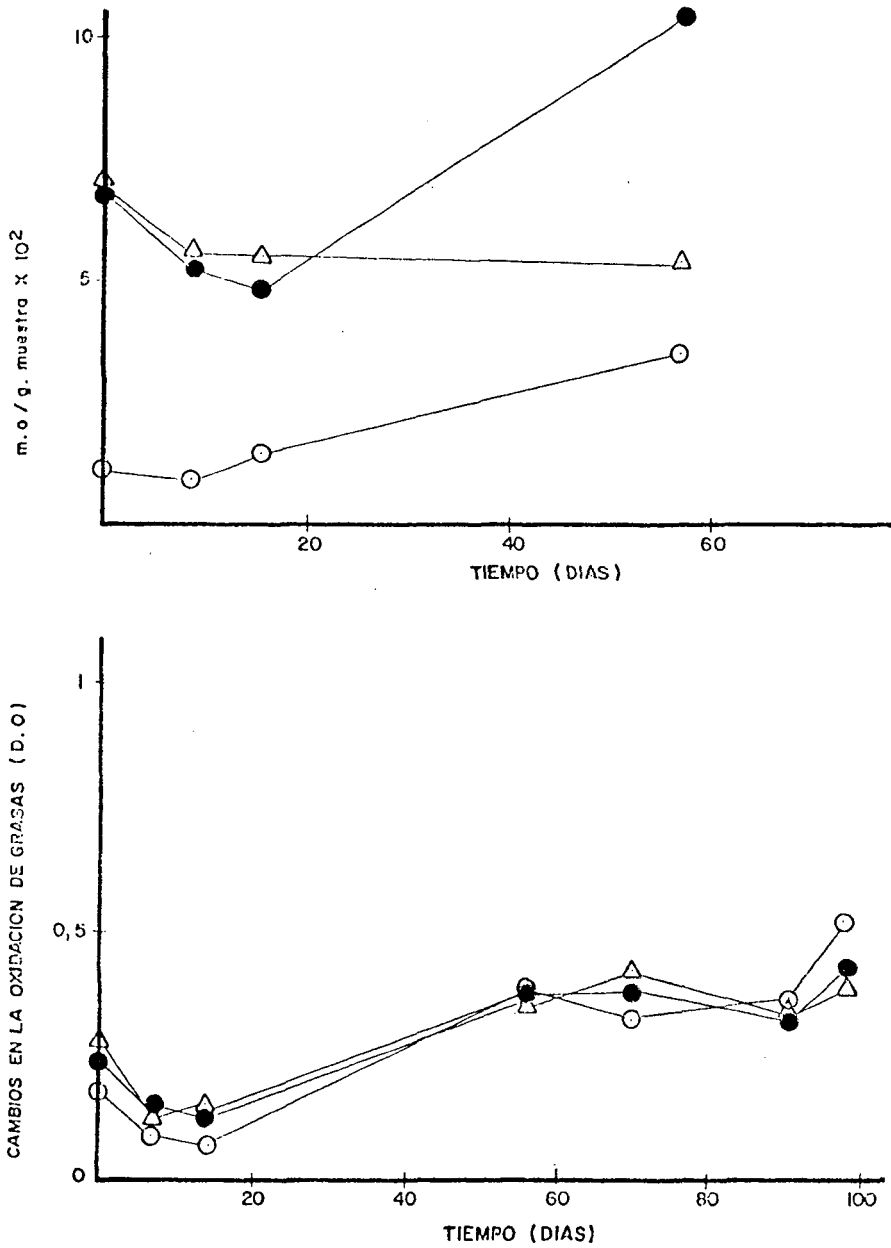


FIGURA 4

Cambios en la oxidación de grasas y recuento de microorganismos en ensilado de pescado preparado con una mezcla de ácido fórmico-sulfúrico, en las siguientes proporciones: △ 1:2; ● 1:3; ○ 1:4, respectivamente

El perfil de aminoácidos del ensilado deshidratado del pescado, se aprecia en la Tabla 3, notándose un bajo nivel, tanto en el contenido de metionina, como en el de triptofano. Asimismo, los aminoácidos histidina, arginina y cistina no fueron detectados.

TABLA 3

## PERFIL DE AMINOACIDOS EN ENSILADO DESHIDRATADO DE PESCADO\*

Aminoácido	o/o Peso a peso (base seca)	mg/100 g de muestra
Alanina	3.63	3630
Valina	2.76	2760
Glicina	4.30	4300
Isoleucina	3.75	3750
Leucina	7.31	7310
Prolina	2.56	2560
Treonina	2.44	2440
Serina	1.83	1830
Metionina	1.03	1030
Fenilalanina + ácido aspartico	4.91	4910
Acido glutámico	6.76	6760
Tirosina	1.33	1330
Lisina	3.62	3620
Triptofano	0.004	4,000

\* Usando ácido fórmico-sulfúrico (1:3).

NOTA: No se detectaron histidina, arginina ni cistina.

Trabajos previos (15-16) informan pérdida de triptofano, metionina e histidina en ensilado ácido de pescado.

En relación a la determinación de minerales, la misma se muestra en la Tabla 4, donde se observa un alto contenido de calcio, sodio y potasio, lo cual era de prever, ya que el pescado fue procesado entero. Las otras determinaciones muestran valores menores, indicativos de una baja concentración por parte de los mismos en los tejidos de los pescados utilizados.

En cuanto a la evaluación biológica del ensilado deshidratado de pescado, en la Tabla 2 se detallan las dietas suministradas a los pollos, apreciándose que existe una sustitución del orden de 60/o de la harina de pescado por ensilado deshidratado.

Los resultados correspondientes al análisis de varianza para la eficiencia alimenticia demostraron que no existe diferencia significativa ( $P < 0.01$ ) entre los dos tratamientos sometidos a ensayo. A partir de estos resultados podemos concluir que la harina de pescado usada normalmente en dietas de alimentación para pollos, puede ser sustituida a nivel de 60/o por el ensilado deshidratado de pescado. Los resultados de la experiencia demuestran que no existe diferencia significativa entre la ganancia

TABLA 4

## CONTENIDO DE MINERALES EN ENSILADO DESHIDRATADO DE PESCADO\*

Determinación	o/o
Calcio	4,352
Sodio	1.25
Potasio	0.74
Magnesio	0.43
Zinc	0.139
Hierro	0.02
Cobre	0.0007
Cromo	0.0004

\* Usando ácido fórmico-sulfúrico (1:3).

ponderal, en relación con la ingesta de alimentos, en el caso de usar las dos fuentes de alimentos indistintamente (Tabla 5), siendo la eficiencia de conversión del alimento, tanto para el grupo control que recibió harina de pescado, como para el ensilado de pescado, de 2.25 y 2.45, respectivamente, a las cuatro semanas del ensayo. Dichos valores se estimaron satisfactorios, ya que los valores por encima de 2.5 se consideran inadecuados. En tal sentido existen algunas experiencias que demuestran la posibilidad de sustituir la harina de pescado por ensilado de pescado en las dietas para pollos (3, 13, 16).

TABLA 5

CONSUMO DE ALIMENTO EN POLLOS, UTILIZANDO ENSILADO  
Y HARINA DE PESCADO EN LAS DIETAS DURANTE CUATRO SEMANAS  
DE ENSAYO

Tratamientos	Tiempo (semanas)			
	0 - 1	0 - 2	0 - 3	0 - 4
	Incremento de peso (g)			
Control en harina de pescado	50	128	267	423
Ensilado de pescado	42	114	221	354
	Consumo de alimento (g)			
Control en harina de pescado	80	208	534	952
Ensilado de pescado	71	210	489	863

Las diferentes proporciones de ácido, según se aprecia, tienen muy poco efecto en el proceso de elaboración del producto y en las características del mismo. Por ello, cualquiera de las formulaciones presentadas, satisface el esquema de procesamiento propuesto para la obtención de ensilado a partir de una mezcla de especies de pescado que conforman la fauna de acompañamiento del camarón.

### SUMMARY

#### PROCESSING AND EVALUATION OF FISH SILAGE PRODUCED FROM SHRIMP BY-CATCH

Fish silage for animal feed was produced from a mixture of several fish species belonging to the shrimp by-catch. All of them were ground and mixed with formic and sulfuric acids, 3.50/o w/w at 1:2; 1:3 and 1:4, respectively, and stored at room temperature for 15 days, to complete liquefaction. The pH, exuded liquid, consistency, soluble nitrogen, total volatile bases, trimethylamine, lipid oxidation by thio-barbituric acid test and microbial count were measured during the 60 days of the storage period. Fish silage was dried and used for biological tests in chicken fed a diet with 60/o of silage as a substitute of fish meal.

Results of proximal analysis, amino acid profile and mineral content, as well as of the biological test with the dried product, indicated the feasibility of using fish silage as a substitute of traditional fish meal for the chicks included in the trial. This fact, coupled to its simple processing technology, make fish silage adequate for utilization as animal feed.

### BIBLIOGRAFIA

1. Tatterson, I. N. & M. Windsor. Fish silage. *J. Sci. Food Agr.*, **25**: 369, 1974.
2. Gilberg, A. & J. Raa. Properties of a propionic acid/formic acid preserved silage of cod viscera. *J. Sci. Food Agr.*, **28**: 647, 1977.
3. Rattagool, P. P. & S. Niracha Saifon. Studies on the nutritive value of fish silage for broiler chickens. En: *Proc. I.P.F.C. Workshop Fish Silage*. FAO. *Fish Rep. No. 230,27*, 1980.
4. Javawardena, K. M. & R. G. Poulter. Studies on the preparation of fish silage. Effect of quality of raw material and type of acids. En: *Proc. I.P.F.C. Workshop Fish Silage*. FAO, *Fish Rep. No. 230, 34, 35*, 1980.
5. Penchaszadeh, P., J. Salaya, R. Guzmán & R. Molinet. Estructura de la pesquería de arrastre del Golfo Triste, región Centro-Occidental de Venezuela, con especial referencia al material de descarte o broza. Universidad "Simón Bolívar". Instituto de Tecnología y Ciencias Marinas (INTECMAR). Caracas, Venezuela, 1984.
6. Córdova, E. *Elaboración de Ensilado de Pescado a partir de la Fauna de Acompañamiento del Camarón*. Tesis de Postgrado, Facultad de Ciencias, Escuela de Biología, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela, 1984.
7. Association of Official Analytical Chemists. *Official Methods of Analysis of the AOAC*. Washington, D. C., The Association, 1980.
8. Stanby, M. E., R. Harrison, J. Dassow & M. Sater. Determining volatile bases in fish. Comparison of precision of certain methods. *Industrial and Engineering Chemistry*, **16**: 593, 1944.

9. Tarladgis, B., B. Watts & M. Younathan. A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid foods. **The Journal of the American Oil Chemists Society**, **37**: 44, 1960.
10. Conway, E. D. **Microdiffusion Analysis and Volumetric Error**. New York, N. Y., The Mac Millan Co., 1958.
11. Gilliland, S. E., F. F. Busta, J. J. Brinda & J. E. Campbell. **Aerobic Plate Count. Compendium of Methods for Microbiological Examination of Food**. M. L. Speck (Ed.). Washington, D. C., American Public Health Association (APHA), 1976.
12. Wingnall, J. & I. Tatterson. Fish silage. **Process Biochemistry**, December, p. 17-19, 1967.
13. Raa, J. & A. Gildberg. Fish silage. A Review. **C.R.C. Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, April, 383, 1982.
14. Gaiger, P. J. Fish silage trials in Hong Kong. **Proc. I.P.F.C.**, **18**(3): 527, 1978.
15. Backhoff, H. P. Some chemical changes in fish silage. **J. Food Technol.**, **11**: 353, 1978.
16. Kompiang, I. P., A. Darwanto & R. Arifundin. Nutritional value of fish silage. En: **Proc. I.P.F.C. Workshop Fish Silage**. **FAO Fish Rep. No. 230,44**, 1980.

## FOOD AND NUTRITION KNOWLEDGE IN CHILEAN HIGH SCHOOL GRADUATES<sup>1,2</sup>

*Daniza Ivanović<sup>3</sup>, María de la Luz Alvarez<sup>3</sup>, Irene Trufello<sup>3</sup>, Marcela Aguayo<sup>3</sup>, Enrique Yáñez<sup>3</sup> and Isabel Zacarías<sup>3</sup>*

Institute of Nutrition and Food Technology (INTA),  
University of Chile  
Santiago, Chile

### SUMMARY

The purpose of this study was to determine the degree of knowledge on food and nutrition in students graduating from high school in the Metropolitan Area of Santiago. The sample included 272 students of both sexes and type of school (public and private) and from high, medium and low socioeconomic level (SEL), measured through the Graffar Modified Scale. The degree of knowledge on food and nutrition was measured through a test of 48 items based on curriculum program objectives. The test covered three areas: Area 1, Food and Requirements; Area 2, Food, Personal and Environmental Hygiene, and Area 3, Nutritional Physiology.

Students showed a good achievement of the food and nutrition objectives that are considered essential for obtaining and adequate nutrition and health status. Students from high SEL registered a significantly higher degree of knowledge on food and nutrition than students from other strata ( $p < 0.001$ ). However, sex and type of school had no effect on the degree of food and nutrition knowledge.

This study is a contribution to the better understanding of factors affecting the food and nutrition knowledge, and provides good foundations for further studies.

---

Manuscrito modificado recibido: 22-8-86.

- 1 This research was supported by the Departamento de Desarrollo de la Investigación, Universidad de Chile, under Grant S 1505-8433.
- 2 Presented at the XXI Reunion Anual de la Sociedad Latinoamericana de Investigación Pediátrica (SLAIP), held November 28th, 1983.
- 3 Members of the Institute of Nutrition and Food Technology (INTA), University of Chile, P. O. Box 15138, Santiago 11, Chile.

## INTRODUCTION

The goals that Chile's educational system sustains are, among others, to form people responsible to their family group, their national community, and the cultural development of the world. To achieve these goals, it is imperative that students obtain the fundamental knowledge that will enable them to continue into higher education (1, 2).

In this context, food and nutrition knowledge in students becomes of major importance insofar as it allows them and their families —by means of a permanent educational process— to obtain an adequate nutrition and health status according to their genetic potential.

Reciprocal effect of the school-family dyad has already been emphasized in several studies. Nutrition programs aimed at students have had significant results both in his/her as well as in his/her family group's food culture (3-5). On the other hand, nutrition education programs with parental involvement have a positive effect on the food behavior of students (5, 6).

As in other populations, the food and nutrition situation of the school population is mainly determined by genetic and environmental factors. The degree of knowledge on food and nutrition plays an important role in food consumption, biological utilization of nutrients, diet quality and, consequently, in the health status (7-10). This acquires great importance, as health status of the students is also reflected on educational achievement (11, 12).

Nutrition diseases have for a long time affected an important part of the world's population, and because of their magnitude, at present these have become collective nutrition problems. The high incidence of malnutrition, anemia, goiter and hypovitaminosis in developing countries, contrasts with an increase in obesity, diabetes and atherosclerosis in developed countries. In recent years, a significant decrease in undernutrition and an important increase in obesity has been registered (13). Many of these problems could be prevented through an adequate nutrition education program inserted in the formal education process. Education constitutes an important vehicle in the improvement of nutritional status, both in individuals as well as in the population as a whole (14, 15).

The Programs of Studies prepared by the Ministry of Education of Chile, for both elementary and high school include a series of objectives in the area of nutrition that cover a great variety of contents. In spite of this, there has been insufficient research to measure the degree of food and nutrition knowledge both in students as well as in the general population (16, 17).

Considering the objectives of the Chilean Educational System in the area of food and nutrition, the aims of this study were to measure the degree of knowledge on food and nutrition in students graduating from high school in the Metropolitan Area of Santiago. A second purpose was to determine the effect of the socioeconomic level, sex, and dependency of the educational establishment on what concerns the degree of knowledge on food and nutrition on the part of students.

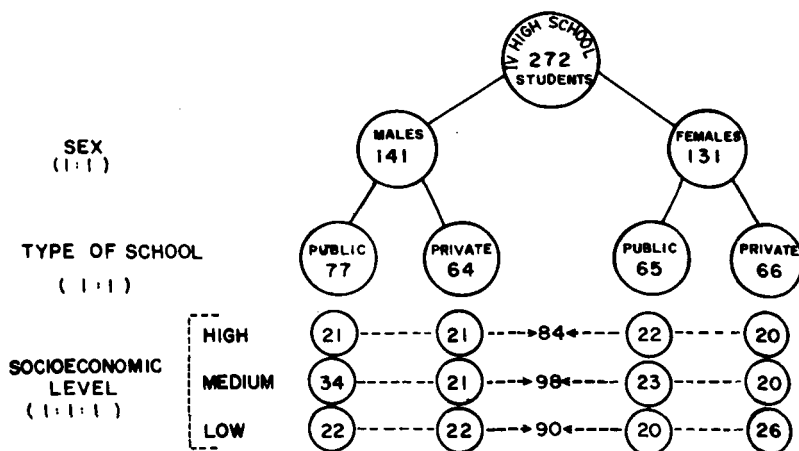


FIGURA 1

Description of the sample

## MATERIAL AND METHODS

*Sample*

A random sample of 272 students from the Metropolitan Area of Santiago, was selected (Figure 1). The sample included the same number of students of both sexes, dependency (public and private schools) and of high, medium and low socioeconomic level (SEL). They belonged to IV Grade, last year of High School. The field study was carried out during the second semester of 1982.

*Socioeconomic Survey*

SEL of the students was measured through the Graffar Modified Scale (18,19) which included schooling, occupation of the household head and housing conditions (property, water supply, sanitation and goods).

*Food and Nutrition Knowledge Test*

The degree of food and nutrition knowledge was measured through a test of 48 items and the degree of difficulty of the test and of each question, was determined by the percentage of correct responses. Question homogeneity was measured relating the variable measured by the

question and overall point of the test. Estimation was carried out through point-biserial correlation, and all questions registering biserials of less than 0.30 in the pilot test, were eliminated.

The test was designed on the basis of the objectives pursued by the basic and high school curriculum program of the Ministry of Education of Chile, for which purpose a table of specifications was prepared (1,2). This table considered, on the one hand, the objectives of the area of nutrition, that the student to graduate from high school, should have acquired during his school life and, on the other, the contents contemplated by these objectives (Table 1). From the table of specifications, it became evident that the test was divided into three main areas:

- Area 1: Food and Requirements
- Area 2: Food, Personal and Environmental Hygiene
- Area 3: Nutritional Physiology

#### *Statistical Analysis*

Data were analyzed by chi-square procedures (20). For each variable it compared students who obtained less than 50% of correct responses with those who obtained equal to or more than 50% of correct responses.

### RESULTS AND DISCUSSION

The degree of knowledge on food and nutrition in students to graduate from high school by percentage of correct responses, is shown in Table 2. As the data show, only 4.4% and 6.2% of students registered optimum and very insufficient food and nutrition knowledge, respectively. Due to the fact that these extreme groups represented such few students, the very insufficient group was merged with the insufficient one, and the optimum group with the sufficient group. Thus, the degree of knowledge on food and nutrition was expressed in two classes: sufficient food and nutrition knowledge (equal to or more than 50% of correct responses), and insufficient food and nutrition knowledge (less than 50% of correct responses). Therefore, students who obtained sufficient food and nutrition knowledge—in fact to approve the test which constitutes the minimum degree for them to have a positive food behavior—have an acceptable nutrition and health status, considering that an optimum food and nutrition knowledge degree was obtained only by a reduced number of students. In this context, students that registered 50% of correct responses did not pass the test, and their degree of knowledge on food and nutrition was estimated as insufficient.

The degree of knowledge on food and nutrition on what concerns the overall results as well as the different areas of the test, are shown in Figure 2. In relation to the overall results we can say that 21% of the students obtained a score showing sufficient knowledge. In Areas 1, 2 and 3, 60.7, 83.1 and 7.0% of the students obtained sufficient knowledge scores, respectively. Low achievement in Area 3 could be explained in the light of its being a selective subject, of great importance to university studies in the area of biology, which is not of interest to all students. For this reason, the overall results of the test do not include Area 3. In

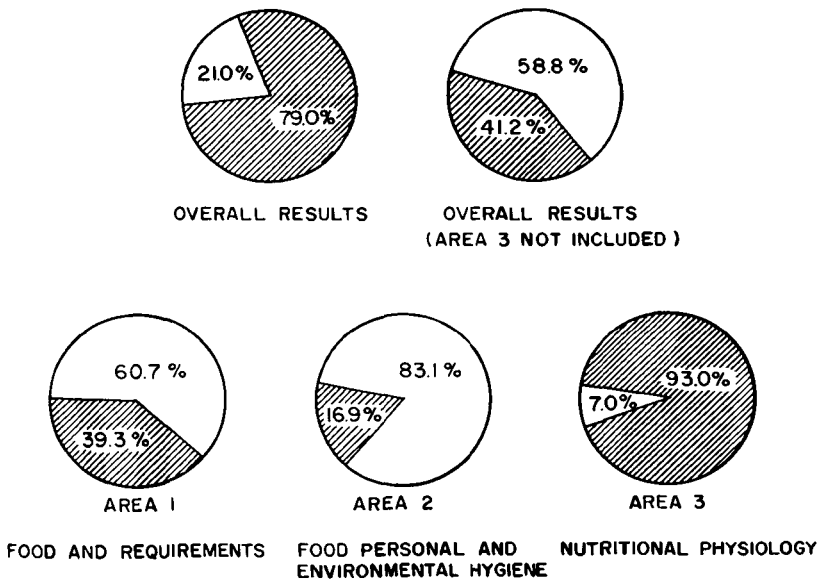
TABLE 1

SPECIFICATION TABLE OF OBJECTIVES AND CONTENTS FROM BASIC AND HIGH SCHOOL CURRICULUM PROGRAMS																
Area of measurement	Contents	Specific objectives											Total questions			
		1) Identify the foods necessary to normal growth of man & classify them by their composition and function	2) Knowledge of nutrients & their function in the human organism	3) Characterize & appreciate the consequences of some status & common deficiency diseases	4) Describe the characteristics of the balanced diet & establish its contribution to health preservation	5) Knowledge of the variations of the model allowance & its adjustment to family budget	6) Appreciate the effect of limiting factors of man's defensive capacity	7) Know and value the importance of satisfying the mother & lactating food needs	8) Establish & apply basic goals of food hygiene in storage, distribution, handling, preparation & consumption of foods	9) Apply basic hygiene goals to practical situations to provide for postural & nutritional troubles	10) Identify the structural & functional characteristics of the human digestive system	11) Explain the blood functions	12) Describe the energy-releasing process of Krebs cycle	13) Explain the physiological processes of the endocrine glands	By contents	By area
AREA 1 Food and Requirements	1. Classification of foods	6													6	
	2. Nutrients and their function in the human organism		3	4											7	
	3. Balanced diet				2										2	2
	4. Nutritional requirements in the human being				2										2	
	5. Model allowance and its budget					2									2	
	6. Food preparation and budget					1									1	
	7. Alcoholism, drugs and undernutrition							2							2	
	8. Pregnancy and lactation								3						3	
AREA 2 Food, Personal and Environmental Hygiene	1. Food, hygiene goals								7						7	
	2. Personal and environmental hygiene goals												2		2	9
AREA 3 Nutritional Physiology	1. Foods, nutrients and digestion											4			4	
	2. Anatomy and physiology of the digestive system											1			1	
	3. Absorption of nutrients											1			1	
	4. Blood functions												1		1	14
	5. Anatomy and physiology of blood cells													3	3	
	6. Cell and energetic metabolism												2		2	
	7. Endocrine glands and hormones													2	2	
Total questions (by objectives)		6	3	4	4	3	2	3	7	2	6	4	2	2		48

**TABLE 2**  
**DISTRIBUTION OF THE SAMPLE BY PERCENTAGE OF CORRECT RESPONSES\***

Conceptual evaluation	Percentage of Responses		Total sample	
	Correct	Responses	N	Percentage
Optimum	>74		12	4.4
Sufficient	50	74	45	16.6
Insufficient	25	49	198	72.8
Very insufficient	<25		17	6.2
<b>Total</b>			<b>272</b>	<b>100.0</b>

\* Mean  $\pm$  SD of correct responses =  $41.5 \pm 12.2\%$ .



**FIGURE 2**

Food and nutrition knowledge degree of Chilean high school graduates. Blank and shaded areas represent students who obtained sufficient and insufficient degree of knowledge on food and nutrition, respectively

these conditions, 58.8% of the students obtained sufficient knowledge scores in the test, an overall result which adjusts to reality, since the objectives of Areas 1 and 2 are very important for the personal and family life of the students. This acquires special significance, as a large percentage of students do not continue their studies into higher education (21).

On the basis of 48 test items, the total score of students to be graduated from high school ranged from 6 to 42, with a mean of  $19.94 \pm 5.86$ , such as expressed in Table 3. According to the areas measured, the lowest mean score was registered in Area 3, with a mean of  $2.60 \pm 2.24$  and a percentage score of 18.6, the reason being that, as explained previously, this is a selective area. Thus, in overall results (Area 3 not included) the total score ranged from 6 to 32, with a mean of  $17.33 \pm 4.33$  and with a percentage score of 51.0, higher than the registered value yielded by the students in the overall results, which was 41.5.

The answers of Chilean high school graduates to food and nutrition knowledge items are presented in Table 4. As data reveal, in Area 1, more than 80% of students recognized the importance that calcium and phosphorus have for the formation of bones (item 9), related physical activity and caloric intake (item 17), and knew the frequency of vegetables and fruit consumption (item 20). About three-fourths identified a meat substitute (item 3), the characteristics of a balanced diet (item 14) and selected the most nutritious meal (item 16). However, less than one-third of students knew the major nutrients present in milk (item 4), the function of carbohydrates and lipids (item 8) and the results of iron deficiency (item 12). Fewer than one-fourth of them identified major food sources of iron (item 7), the results of vitamin A and iron deficiency (item 10 and 12, respectively), the cheaper meal (item 21), and optimum maternal lactation length (item 25). Nevertheless, almost half could differentiate food from nutrient; identified the four food groups, named major food sources of vitamin A, recognized nutrient requirements during pregnancy; the characteristics of undernutrition, and the benefits of maternal lactation (items 1,2,6,18,23 and 24). Only 39% knew the consequences of alcohol consumption (item 22).

In Area 2, about three-fourths identified typhoid fever and dental caries causes (items 27 and 33, respectively) and the importance of garbage elimination (item 34). Approximately half of the students could identify an adequate process to kill meat parasites (item 26); knew the consequences of intestinal parasites (item 28), and the importance of washing leaf vegetables and milk pasteurization (items 29 and 30, respectively). A total of 40.8% identified fresh fish (item 31) and only 35.3% a canned food in good conditions (item 32).

In Area 3, about one-fourth of students responded correctly to items dealing with basic concepts about digestion (item 35), functions of liver (item 39), characteristics of nutritional anemia (item 41), function of vitamin K (item 43), importance of plasmatic transport of nutrients (item 44), and energy-releasing process (item 46). Less than 15% of them were able to identify the characteristics and functions of monosaccharides, amino acids, triglycerides and proteins (items 36, 37 and 38). Only 7.7% knew the factors that affect nutrient absorption (item 40), and 10.3% defined correctly a calorie (item 45). In regard to com-

TABLE 3

**NUTRITION KNOWLEDGE TEST SCORES OF CHILEAN STUDENTS  
GRADUATING FROM HIGH SCHOOL BY AREA OF MEASUREMENT**

Area of measurement	Highest possible score	Range	Mean score
Area 1	25	3-23	12.21 ± 3.27*
Area 2	9	1-9	5.13 ± 1.67
Area 3	14	0-11	2.60 ± 2.24
Overall results (Area 3 not included)	34	6-32	17.33 ± 4.33
Overall results	48	6-42	19.94 ± 5.86

\* Mean ± SD.

munity nutritional problems related to an excess in nutrient consumption, only 19.5% identified the characteristics of diabetes (item 47), and one third knew the causes for atherosclerosis, considering that, in this sample, high SEL females aged over 16 years presented a lipoproteic pattern of possible atherogenic risk (item 42) (22).

The effect of SEL on the knowledge on food and nutrition in the students is shown in Figure 3. Students belonging to high SEL registered a degree of knowledge on food and nutrition that was significantly higher in comparison to students from others levels. This was observed in the overall results in general, in the overall results not including Area 3, in Area 1 and also in Area 3 ( $p < 0.01$ ). In Area 2, SEL had no significant effect on the degree of knowledge on food and nutrition, since a student to graduate from high school has acquired basic norms on food, and on personal and environmental hygiene.

The significant effect of SEL on the degree of knowledge on food and nutrition has been underlined in some studies, wherein students from high SEL obtained a degree of knowledge on these topics significantly higher than that acquired by students belonging to other social strata (23,24). On the other hand, it has been described that the complexity of an adolescent's diet increases significantly with an increase in parents' sociocultural levels (25).

Figure 4 shows the effect of sex on knowledge on food and nutrition, knowledge which was higher in females than males, but differences were significant in Areas 1 ( $p < 0.001$ ) and 2 ( $p < 0.02$ ). Results of other studies concerning the effect of sex on the degree of knowledge on food and nutrition and food habits did not point at any relationship between both variables (25-27). Other investigators, however, have confirmed that females had nutrition-related attitudes significantly higher than males (28).

The type of school had no effect on the degree of knowledge on food and nutrition on the part the students. This fact must be explained because the same number of students by socioeconomic level was selected

TABLE 4

RESPONSES OF CHILEAN HIGH SCHOOL GRADUATES ON ITEMS OF  
KNOWLEDGE DOMAIN BY AREA OF MEASUREMENT

Item number by area of measurement	Question content	Correct responses %
<i>Area 1: Food and Requirements</i>		
1	Diferentiation of food from nutrient	59.6
2	Identification of four food groups	57.0
3	Identification of meat substitute	72.1
4	Major nutrients present in milk	32.0
5	Nutrients and balanced diet	45.2
6	Major food sources of vitamin A	54.8
7	Major food sources of iron	20.6
8	Function of carbohydrates and lipids	30.9
9	Importance of calcium and phosphorus	85.7
10	Results of vitamin A deficiency	22.4
11	Identification of food source of iodine	37.9
12	Results of iron deficiency	12.5
13	Results of vitamin B deficiency	27.6
14	Characteristics of a balanced diet	77.2
15	Selection of factors to consider in balanced diet planning	63.6
16	Selection of the most nutritious meal	70.2
17	Relate physical activity and caloric intake	89.7
18	Identification of pregnant nutrient requirements	54.8
19	Knowledge of the frequency of consumption of meat	40.8
20	Knowledge of the frequency of consumption of vegetables and fruits	87.9
21	Identification of the cheaper meal	19.9
22	Consequences of alcohol consumption	39.0
23	Characteristics of undernutrition	50.0
24	Benefits of maternal lactation	46.7
25	Identification of maternal lactation length	23.5
<i>Area 2: Food, Personal and Environmental Hygiene</i>		
26	Identification of an adequate process to kill meat parasites	58.5
27	Identification of typhoid fever cause	78.7
28	Consequences of intestinal parasites	48.5
29	Importance of washing leaf vegetables	51.1
30	Importance of milk pasteurization	56.2
31	Characteristics of fresh fish	40.8
32	Identification of canned food in good conditions	35.3
33	Causes of dental caries	70.6

34

## Benefits of garbage elimination

72.8

## Area 3: Nutritional Physiology

35	Importance of food digestion	22.8
36	Characteristics of monosaccharides and amino acids	8.1
37	Characteristics of triglycerides	12.5
38	Protein structure	14.3
39	Functions of liver	26.1
40	Factors that affect nutrient absorption	7.7
41	Characteristics of nutritional anemia	22.8
42	Atherosclerosis causes	33.5
43	Function of vitamin K	20.2
44	Importance of plasma in nutrient transport	21.0
45	Definition of calorie	10.3
46	Importance of mitochondrias	29.0
47	Characteristics of diabetes	19.5
48	Function of tyrosine in basal metabolism	12.5

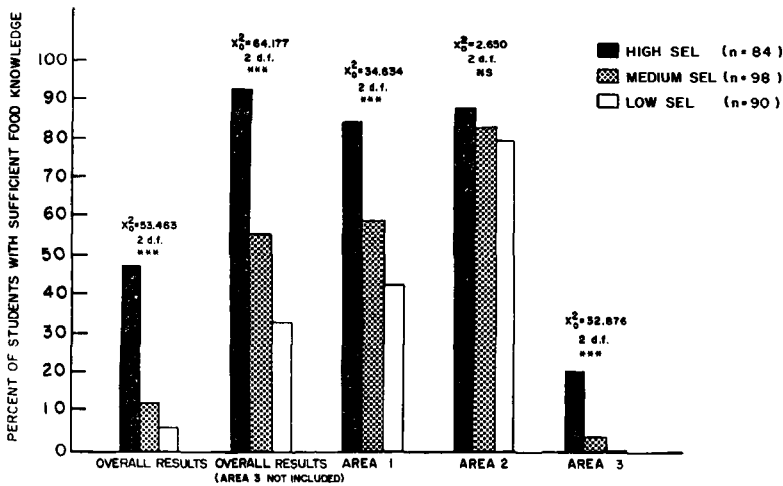


FIGURE 3

Effect of socioeconomic level on the degree of knowledge on food and nutrition of Chilean high school graduates (\*\*\*)  $p < 0.001$

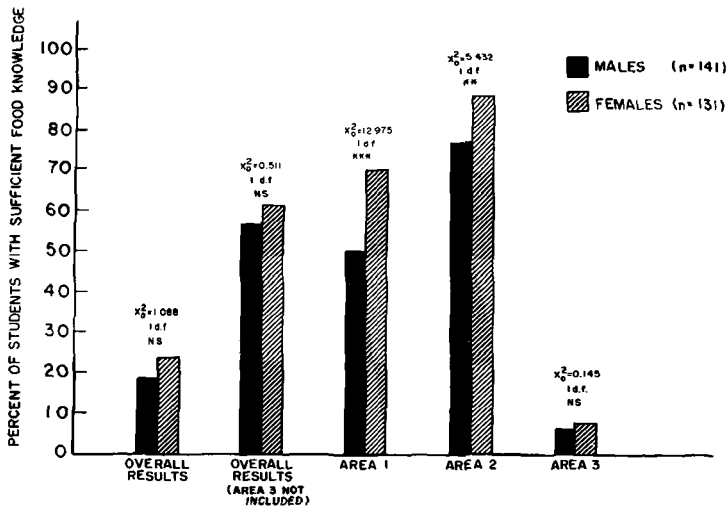


FIGURE 4

Effect of sex on the degree of knowledge on food and nutrition of Chilean high school graduates (\*\*  $p < 0.02$ ; \*\*\*  $p < 0.001$ )

both in public as well as in private schools. In fact, private schools mainly concentrate students from high socioeconomic level and, under real conditions, we would expect that knowledge would be higher in these establishments. However, the cause of these differences is not dependency, but rather the socioeconomic level. On the other hand, it has been reported that students enrolled in private schools score higher than those enrolled in public schools, mainly because the former have specific admission policies of an academic nature (27).

- From the results of this study we can conclude that in this sample:
- Fifty-eight per cent (58%) of the students had sufficient knowledge, indicating a good achievement of essential educational objectives, to obtain an adequate nutrition and health status.
  - Twenty-one per cent (21%) of the students registered sound knowledge on food and nutrition, which is of major importance so as to go on to higher studies.
  - The effect of the socioeconomic level was a significant factor on the degree of knowledge on food and nutrition acquired by the students.

- Sex had no significant effect on the degree of knowledge on the aforementioned subjects, although it was higher in females.
- The type of school had no significant effect over the degree of knowledge on food and nutrition.

### *Significance of the Study*

This study increases the understanding of factors affecting knowledge on food and nutrition, and can be of value in planning nutrition education as part of the curriculum programs by the Ministry of Education. Information concerning knowledge on food and nutrition by the school population in Chile, is practically nonexistent.

### ACKNOWLEDGEMENTS

The authors gratefully acknowledge the cooperation of Mrs. Viola Lyon in typing the manuscript and her excellent secretarial work, and express their appreciation to Mrs. Eugenia Orrego and Mrs. Silvia Benavente, for their valuable collaboration in the development of this study.

### RESUMEN

#### CONOCIMIENTOS ALIMENTARIOS Y NUTRICIONALES DE ESTUDIANTES CHILENOS QUE EGRESAN DE EDUCACION MEDIA

La finalidad de este estudio fue determinar el nivel de conocimientos alimentarios y nutricionales de estudiantes que egresan de Educación Media, en el Area Metropolitana de Santiago. La muestra incluyó 272 estudiantes de ambos sexos y tipo de colegio (públicos y privados) y de nivel socioeconómico (NSE) alto, medio y bajo, medido a través de la escala de Graffar Modificada. El nivel de conocimientos alimentarios y nutricionales se midió a través de un test que incluía 48 ítems, basados en los objetivos que contemplan los programas oficiales de estudio. El test se estructuró en base a tres áreas: Area 1, Alimentación y Requerimientos; Area 2, Higiene Alimentaria, Personal y Ambiental y Area 3, Fisiología Nutricional. Los estudiantes registraron un buen logro de los objetivos del área alimentaria y nutricional, que se consideran esenciales para alcanzar un estado nutricional y de salud adecuado. Los estudiantes de NSE alto registraron un nivel de conocimientos alimentarios y nutricionales, significativamente mayor que los estudiantes pertenecientes a otros estratos ( $P < 0.001$ ). Sin embargo, el sexo y la dependencia del establecimiento educacional no ejercieron efecto significativo en el nivel de conocimientos de los estudiantes. Este estudio es una contribución al campo de la nutrición, que persigue una mejor comprensión de los factores que afectan los conocimientos alimentarios y nutricionales de los estudiantes.

### BIBLIOGRAPHY

1. Ministerio de Educación. Programa de Estudios de Educación General Básica. Santiago, Chile, Revista de Educación No. 12, 1968.

2. Ministerio de Educación. **Programas de Estudio de Enseñanza Media**. Santiago, Chile, 1978.
3. Devadas, R. Impact of nutrition education in an applied nutrition programme on nutritionally-vulnerable groups of people. *Arch. Latinoamer. Nutr.*, **23**(4): 435-444, 1973.
4. Bowering, J., R. Lowenberg, M. Morrison, S. Parker & N. Tirado. Influence of nutrition education program (EFNEP) on infant nutrition in East Harlem. *J. Am. Dietet. Assoc.*, **72**: 392-397, 1978.
5. Kirks, B., D. Hendricks & B. Wyse. Parent involvement in nutrition education for primary grade students. *J. Nutr. Educ.*, **14**: 137-140, 1982.
6. Shannon, B., K. Graves & M. Hart. Food behavior of elementary school students after receiving nutrition education. *J. Am. Dietet. Assoc.*, **81**: 428-434, 1982.
7. The United Nations University. Rethinking food and nutrition education under changing socioeconomic conditions. *Food Nutr. Bull.*, **2**: 23-28, 1980.
8. Cospser, B., D. Hoyslip & Sch. Fore. The effect of nutrition education on dietary habits of fifth graders. *J. Schl Hlth.*, **47**: 475-477, 1977.
9. Schwartz, N. E. Nutrition knowledge, attitudes and practices of high school graduates. *J. Am. Dietet. Assoc.*, **66**: 28-31, 1975.
10. Sims, L. S. Dietary status of lactating women. II. Relation of nutritional knowledge and attitudes to nutrient intake. *J. Am. Dietet. Assoc.*, **73**: 147-154, 1978.
11. Pollit, E. & N. Lewis. Nutrition and educational achievement. Part I. Malnutrition and behavioural test indicators. *Food Nutr. Bull.*, **2**(3): 32-35, 1980.
12. Pollit, E. & N. Lewis. Nutrition and educational achievement. Part II. Correlations between nutritional and behavioural test indicators within populations where malnutrition is not a major public health problem. *Food Nutr. Bull.*, **2**(4): 33-37, 1980.
13. Ivanović, D., M. L. Alvarez, G. Barrera & S. Muzzo. Influence of the socioeconomic level on nutritional status of students graduated from Basic and High School. *Rev. Méd. Chile*, **112**: 1165-1171, 1984.
14. Jelliffe, D. **Nutrición Infantil en Países en Desarrollo**. 2a ed. México D. F., México, Centro Regional de Ayuda Técnica, AID, 1972.
15. Graves, K., B. Shannon, L. Sims & S. Johnson. Nutrition knowledge and attitudes of elementary school students after receiving nutrition education. *J. Am. Dietet. Assoc.*, **81**: 422-427, 1982.
16. Rebolledo, A. & G. de Pujadas. Feeding habits and nutrition education of Chilean population. *Rev. Méd. Chile*, **104**: 391-395, 1976.
17. Atalaha, E., E. Díaz, J. Araya, A. Arteaga, S. Cabello, A. Campos, E. Díaz, M. Espinoza, M. Fernández, W. Vásquez, L. Cabrera, R. Godoy, E. Rosales, C. Urteaga, J. Barja, V. Gallardo, E. Gómez, A. Hurtado, C. Micheli, A. Pacheco, E. Durán, N. Luengo, A. Mateluna, E. Parra, A. Rebolledo, H. Araya, N. Pak, S. Avila, P. Camus, E. Miranda & F. San Martín. Evaluación nutricional de una población infanto-juvenil del Area Norte de Santiago. *Pediatría*, **22**: 227-249, 1979.
18. Alvarez, M. L., S. Muzzo & D. Ivanović. Escala para medición del nivel socioeconómico en el área de salud. *Rev. Méd. Chile*, **113**: 243-249, 1985.
19. Alvarez, M. L., F. Wurgaft & M. E. Salazar. Mediciones del nivel socioeconómico bajo urbano en familias con lactante desnutrido. *Arch. Latinoamer. Nutr.*, **32**: 650-662, 1982.
19. Guilford, J. P. & B. Fruschter. **Fundamental Statistics in Psychology and Education**. 6th ed. New York, N. Y., McGraw-Hill Book Co. Inc., 1978.

21. Universidad de Chile. Postulantes y postulaciones. Proceso de admisión a la educación superior año académico 1983, Dirección General Académica, Servicio de Selección y Registro de Estudiantes. Santiago, Chile. **Informativo Estadístico No. 2**, 1983.
22. Saitúa, M. T. & D. Ivanovič. Serum transport of cholesterol in adolescents from different socioeconomic levels. **Nutr. Repts. Internat.**, **31**: 943-954, 1985.
23. Olivares, S., E. Biolley, J. Lerou & S. Valiente. Conocimientos alimentarios y nutricionales de alumnos que ingresan a la Universidad de Chile. **Rev. Chil. Nutr.**, **9**: 27-40, 1981.
24. Ivanović, D., M. L. Alvarez & I. Trufello. Conocimientos alimentarios y nutricionales de estudiantes que egresan de Educación Básica en el Area Metropolitana de Santiago, Chile. **Arch. Latinoamer. Nutr.**, **36**(1): 152-165, 1986.
25. Schorr, B., D. Sanjur & E. Erickson. Teen-age food habits. **J. Am. Dietet. Assoc.**, **61**: 415-420, 1972.
26. Bender, A. Food preferences of males and females. **Proc. Nutr. Soc.**, **31**: 181-189, 1976.
27. Singleton, N. & D. Rheads. An assessment of the nutrition education of students in grades 3 to 12. **J. Am. Dietet. Assoc.**, **84**(1): 59-63, 1984.
28. Foley, C. S., A. G. Vaden, G. K. Nervell & A. D. Dayton. Establishing the need for nutrition education. III. Elementary students nutrition knowledge; attitudes and practices. **J. Am. Dietet. Assoc.**, **84**(5): 564-568, 1983.



## NUEVOS LIBROS

**Prevención y Lucha contra las Enfermedades Cardiovasculares en la Comunidad.** — Informe de un Comité de Expertos de la OMS. Ginebra, Organización Mundial de la Salud, 1986, 71 p. (Español). ISBN 92 4 320732 6. (Serie de Informes Técnicos de la OMS, No. 732).

El documento que nos ocupa es el resultado de una reunión del Comité de Expertos de la OMS sobre Prevención y Lucha contra las Enfermedades Cardiovasculares que se celebró en Ginebra, del 10 al 17 de diciembre de 1984.

Según se establece en la introducción del Informe, "Las enfermedades cardiovasculares son la principal causa de defunción en muchos países desarrollados y su importancia va en aumento en los países en desarrollo donde se empiezan a obtener resultados en la lucha contra las enfermedades transmisibles. En el presente informe se fijan los principios aplicables en la prevención y lucha contra las primeras en la comunidad".

En términos muy breves, se trata la aplicación de las estrategias de lucha contra las enfermedades cardiovasculares en el plano de la comunidad, e incluye la lucha contra la hipertensión arterial, los accidentes cardíacos, la fiebre reumática y la cardiopatía reumática. Asimismo, el informe se refiere a las medidas preventivas y terapéuticas especiales y su importancia para personas sujetas a alto riesgo o enfermas, aun cuando se señala que el valor de tales medidas es limitado en lo que atañe a la lucha contra las enfermedades cardiovasculares en el plano de la comunidad.

El Comité de Expertos subraya, en su informe, la necesidad de que en muchos países se emprendan actividades dirigidas contra determinadas enfermedades cardiovasculares a causa de: a) la magnitud del problema, b) la inquietud que esas enfermedades suscitan entre los médicos y el público, y c) la índole de algunas de las principales medidas preventivas, que son específicas para las distintas enfermedades. Evidentemente, esas actividades deben combinarse con los programas de prevención de otras entidades nosológicas. La acción preventiva concertada permitiría reducir no sólo las enfermedades de esa naturaleza, sino también otras grandes enfermedades no transmisibles, con el consiguiente mejoramiento general de la salud y de la duración de la vida.

El libro consta de 10 capítulos intitulados: 1. El problema. 2. Principios de prevención. 3. Intervenciones específicas para la cardiopatía coronaria y la hipertensión. 4. Fiebre reumática y cardiopatía reumática. 5. Ejecución de programas de prevención de las enfermedades cardiovasculares en la comunidad. 6. La función del gobierno. 7. Función de las organizaciones no gubernamentales. 8. Evaluación de

los progresos. 9. Repercusiones económicas de las enfermedades cardiovasculares y su prevención, y 10. Conclusiones y recomendaciones.

Para mayores detalles en cuanto a esta publicación se sugiere a los interesados dirigirse a las Oficinas Centrales de la OMS en la siguiente dirección: Organización Mundial de la Salud, 1211 Ginebra 27, Suiza.

*Ricardo Bressani*  
*Editor General*

# NOTAS

## 8º SIMPOSIO BRASILEIRO DE ALIMENTAÇÃO E NUTRIÇÃO Joao Pessoa — Paraíba, Junho, 1987

El 8º Simposio Brasileiro de Alimentação e Nutrição (SIBAN) promete ser una interesante reunión multidisciplinaria y multisectorial. El tema de discusión central será el de “Planeamiento Agrícola-Alimentario en Función de las Necesidades Nutricionales de la Población”.

Dicho evento se desarrollará en dos etapas, la primera de investigación y documentación sobre los asuntos propuestos en el Temario, el cual fue elaborado por equipos multiprofesionales y multiinstitucionales, presididos por técnicos de las Comisiones Estatales de Planeamiento Agrícola, u otras similares. La segunda etapa incluye una reunión a nivel nacional que se llevará a cabo en la ciudad de João Pessoa, Paraíba, en la que —de acuerdo con un programa pre-establecido— los delegados presentarán, en plenaria, los resultados de sus trabajos, con sus propuestas y recomendaciones. Una Comisión *ad hoc* elaborará las conclusiones y recomendaciones finales, que serán sujetas a consideración y estudio en Sesión Plenaria, y sus resultados se harán llegar a los sectores gubernamentales competentes.

Brevemente, el temario incluye tres grandes rubros que incluyen los aspectos concernientes a cada uno de ellos. Los temas son: 1) Población, mano de obra e ingresos. 2) Producción y disponibilidad de alimentos y nutrientes, en base a 1986, para los años 1987, 1990 y 2000, y 3) Necesidades nutricionales, en base a 1986, para los años 1987, 1990 y 2000; metas y medidas para cubrirlas.

La Comisión Ejecutiva Nacional del 8º SIBAN, la preside el Dr. Freddy Rivera, y está integrada por destacados elementos de reconocido prestigio en sus respectivos campos. Su misión ha consistido en organizar, a nivel nacional, los trabajos de investigación, documentación y discusiones relativas al evento que nos ocupa, cuyo tema central identificamos previamente.

Las personas interesadas en obtener mayor información al respecto, pueden solicitarla directamente de la Dra. Rita de Cássia Gomez, CEPA-Pb (Secretaría), Rua Capitão Jossão Pessoa 89 - Jaguaribe, Paraíba, Brasil.

### LA EMPRESA MULTINACIONAL ANDINA (EMA) Instrumento Legal y Características

Por cortesía del Sr. Mario Barturén Dueñas, Director-Secretario de la Junta del Acuerdo de Cartagena, con sede en Lima, Perú, ha llegado a nuestras manos el docu-

mento en cuestión. Lo damos a conocer a grandes rasgos en esta Sección de ALAN, cumpliendo con la solicitud que sobre el particular tuviese a bien formular la Junta en cuestión.

La Junta del Acuerdo de Cartagena está desarrollando una serie de actividades orientadas a la promoción del establecimiento de Empresas Multinacionales Andinas que se rigen por la Decisión 169 de la Comisión del Acuerdo de Cartagena, y que tiene plena vigencia y aplicación en el ordenamiento legal de los Países Miembros. Ha iniciado así un amplio programa de difusión del instrumento legal y de las características de estas empresas, a fin de que sea conocido por los empresarios e interesados en general.

Brevemente, EMA es una figura de sociedad que puede desarrollarse en cualquier sector de actividad económica, al amparo de la legislación a que se alude arriba, con el propósito de vincular a los empresarios y los capitales de dos o más países de la Subregión, tal como se detalla en el documento. La Junta del Acuerdo de Cartagena, como órgano técnico del Proceso de Integración del Grupo Andino, está empeñada en apoyar todas aquellas iniciativas que resulten en una asociación de capitales entre empresas de la Subregión, según se dijo, y, especialmente en la conversión o establecimiento de Empresas Multinacionales Andinas (EMAS).

La EMA es un instrumento que facilita la interrelación empresarial, cuya sede debe estar situada en el territorio de uno de los Países Miembros del Acuerdo de Cartagena, con inversionistas de dos o más de estos países. El capital subregional, para el que no se fija un monto mínimo, debe estar representado en más del 80% del total, con el propósito de que esta mayoría se refleje en la dirección técnica, administrativa, financiera y comercial de la empresa. El capital extranjero podrá participar con menos del 20% del total.

La Decisión 169 prevé no sólo la constitución de nuevas empresas, sino también la transformación de cualquier compañía existente en EMA, con sujeción a sus normas. Dicho cambio no implica la disolución y liquidación de una sociedad, sino el acto jurídico por el cual un establecimiento adopta una forma legal distinta.

En el documento en referencia se detallan las características que deben tener estas empresas, sus incentivos, tanto para la empresa propiamente dicha, como para los inversionistas, así como la forma de constituir una EMA. Se señalan también los resultados alcanzados en el establecimiento de EMAS, gracias a las actividades de promoción para su formación y a la favorable acogida que la Decisión 169 ha tenido entre los empresarios de la Subregión. A título ilustrativo, el documento incluye un cuadro en el que se detalla el establecimiento de EMAS en los sectores industria, comercio, agroindustria y construcción.

Los interesados en adquirir el documento en cuestión pueden obtenerlo del Director-Secretario de la Junta del Acuerdo de Cartagena, Señor Barturén Dueñas, dirigiendo su correspondencia a: Casilla de Correo 548 - Lima 18, Perú.



# TURRIALBA

REVISTA INTERAMERICANA DE CIENCIAS AGRICOLAS

VOLUMEN 35

TRIMESTRE OCTUBRE—DICIEMBRE 1985

NUMERO 4

Editor Asociado: ROGER BOLAÑOS  
Asistente Editorial: FLOR ARAYA S.

## CONTENIDO

	Página
<i>Efecto de la trifluralina sobre la acumulación de materia seca, fósforo y potasio por la soya (en portugués).</i> C. A. Rosolem, J. R. Machado, M. M. Michan	311
<i>Análisis de crecimiento en soya (en portugués).</i> M. J. Pedro Júnior, H. A. A. Mascarenhas, O. Tisseli Filho, L. R. Angelocci	323
<i>Arboles de guayaba (Psidium guajava L.) en pastizales. II. Consumo de fruta y dispersión de semillas (en español).</i> E. Somarriba	329
<i>Arboles de guayaba (Psidium guajava L.) en pastizales. III. Producción de leña (en español).</i> E. Somarriba, J. Beer	333
<i>Variación estacional del sistema foliar de cinco clones de banano (en español).</i> E. M. Flores, M. Soto, R. Bolaños	339
<i>Sistemas agroforestales de café (Coffea arabica) con laurel (Cordia alliodora) y café con poró (Erythrina poeppigiana) en Turrialba, Costa Rica. II. Producción agrícola, maderable y de residuos vegetales (en español).</i> J. Heuvelod, L. Alpizar, H. W. Fassbender, G. Enríquez, H. Folster	347
<i>Efecto de varios métodos para la preparación del terreno sobre la resistencia a la penetración y sobre el rendimiento del maíz (Zea mays L.), yuca (Manihot esculenta Crantz) y camote (Ipomoea batatas L.) en asociación. I. Efecto en el suelo del sistema de cosecha y de preparación de la tierra (en inglés).</i> W. Forsythe, N. Tafur	357
<i>Efecto de varios métodos para la preparación del terreno sobre la resistencia a la penetración y sobre el rendimiento del maíz (Zea mays L.), yuca (Manihot esculenta Crantz) y camote (Ipomoea batatas L.) en asociación. II. Efecto sobre el rendimiento (en inglés).</i> N. Tafur, W. Forsythe	371
<i>Cambios en el patrón de proteínas en semillas en desarrollo de frijol (Phaseolus vulgaris L.) (en inglés).</i> T. S. G. Lee	377
<i>Flujo de nutrientes a través de aguas naturales en la floresta tipo "Terra Firme" en Amazonia Central (en inglés).</i> W. Franken, P. R. Leopoldo, H. Bergamin	383
<i>Análisis del crecimiento del chayote (Sechium edule Sw.) (en español).</i> E. Valverde, M. V. Sáenz	395
<i>Sistemas agroforestales de café (Coffea arabica) con laurel (Cordia alliodora) y café con poró (Erythrina poeppigiana) en Turrialba, Costa Rica. III. Modelos de la materia orgánica y los elementos nutritivos (en español).</i> H. W. Fassbender, L. Alpizar, J. Heuvelod, G. Enríquez, H. Folster	403
<i>Esterilidad de un clon de camote (en inglés).</i> J. S. Jos, K. Vijaya Bai	415
<i>Comunicaciones</i>	421
<i>Respuesta de genotipos de algodón a pretratamientos de hidratación y deshidratación bajo condiciones de envejecimiento natural y acelerado (en inglés).</i> K. V. Janardhan, B. S. Janagoudar, K. Venkata Subbaiah	421
<i>Tablas de volumen para Gmelina arborea Roxb. en Manila de Siquirres, Costa Rica (en español).</i> R. Salazar, H. J. Palmer	425
<i>Una dieta semisintética para adultos de Colaspis ostmarki (Coleoptera: Chrysomelidae) (en inglés).</i> G. V. Manley	433
<i>Reseña de libros</i>	328, 356, 376, 393, 420
<i>Notas y comentarios</i>	322, 382, 414

**Se agradece la valiosa ayuda que al mantenimiento de esta Revista prestan las siguientes instituciones y entidades comerciales:**

### **ENTIDADES PATROCINANTES**

**Asociación Americana de Soya (México D. F., México)**

**Asociación Venezolana de soya (SOYA) (Caracas, Venezuela)**

**Compañía Distribuidora Guatemalteca Shell (Guatemala, Guatemala)**

**Fundación CAVENDES (Caracas, Venezuela)**

**Fundación Polar (Caracas, Venezuela)**

**Gerber Products Company (GERBER) (Freemont, Michigan, USA)**

**F. Hoffman – La Roche & Co. (PRODUCTOS ROCHE) (Basilea, Suiza)**

**Instituto Costarricense de Investigación y Enseñanza en Nutrición y Salud (INCIENSA) (Tres Ríos, Costa Rica)**

**Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP) (Guatemala, Guatemala)**

**Instituto Nacional de Nutrición (INN) (Caracas, Venezuela)**

**Wyeth International Limited (Philadelphia, Pa., EUA)**

**Monsanto Guatemala, Inc. (Guatemala, Guatemala)**

## INFORMACION PARA LOS AUTORES

### A. CONTRIBUCIONES A LA REVISTA

La Revista publica Editoriales, Artículos Generales, Trabajos de Investigación y de Nutrición Aplicada, y Cartas al Editor. Para su aceptación, las diversas contribuciones deben tratar temas de nutrición humana o animal, ciencia y tecnología de alimentos, factores socioeconómicos, de orden antropológico o cultural, relacionados con la nutrición humana.

1. Los *Artículos Generales* son revisiones críticas sobre algún tema de interés en el campo de la nutrición y ciencias afines, o discusiones generales que contengan criterios propios o recomendaciones de aplicación práctica, debidamente respaldadas por argumentos válidos.
2. Los *Trabajos de Investigación* se refieren a los resultados de estudios de experimentación llevados a cabo hasta el punto que permite la deducción de conclusiones válidas.
3. Los trabajos de *Nutrición Aplicada* conciernen a la implementación de medidas basadas en la investigación, cuya finalidad es mejorar el estado nutricional de nuestras poblaciones.
4. Las *Cartas al Editor* son notas cortas, de un máximo de 3 páginas, sobre temas de interés general u observaciones o críticas sobre alguna contribución publicada en la Revista.

### B. NORMAS PARA LA ELABORACION DE MANUSCRITOS

1. Las diversas contribuciones deben ser originales, a máquina, a doble espacio y en triplicado.
2. Los trabajos serán remitidos al Editor General de la Revista después de haber sido cuidadosamente revisados por el autor.
3. Los manuscritos pueden ser redactados en español, inglés, portugués y francés, según la preferencia del autor.
4. No se aceptarán trabajos que, a juicio del Editor General, ocupen desproporcionado espacio.

### C. ORGANIZACION DEL MANUSCRITO

Se recomienda organizar cada manuscrito como sigue:

1. *Título*

La primera página del manuscrito debe contener el título completo del trabajo en

mayúsculas, nombre completo y apellido del autor, institución de origen con letras iniciales mayúsculas y el resto en minúscula. (En la página siguiente debe indicarse el cargo que cada autor desempeña, identificándolos debidamente).

## 2. *Resumen en el idioma original del artículo*

Este debe ser informativo, presentado en hoja separada del texto, y preparado en forma clara y concisa para el lector que no ha leído el texto del artículo. Debe especificar también el propósito, método, resultados importantes y principales conclusiones.

## 3. *Introducción*

Debe indicar claramente el objetivo o hipótesis de la investigación y sus relaciones con la nutrición y otros trabajos existentes, evitándose largas revisiones bibliográficas.

## 4. *Material y Métodos*

La descripción de los materiales debe hacerse en forma concisa. Cuando las técnicas o procedimientos utilizados hayan sido publicados, deberán mencionarse, e incluir sólo los detalles de técnica que representan modificaciones substanciales del procedimiento original. Cuando se utilicen términos locales o regionalismos, éstos deberán ser aclarados mediante su denominación científica o de uso general.

## 5. *Resultados*

Estos se presentarán en lo posible en *Tablas y/o Gráficas* que serán respaldadas por cálculos estadísticos, evitando la repetición de datos y seleccionando la forma que en cada caso resulte adecuada para la mejor interpretación de los resultados. Si hubiera subdivisiones ellas se encabezarán con un subtítulo.

a) Las gráficas e ilustraciones deberán ser presentadas en fotografías de papel brillante, no montadas, y llevar el nombre del autor y el número correspondiente en el dorso. Cuando sea necesario deberá señalarse la parte superior e inferior de la gráfica.

b) En caso de dibujos o esquemas, éstos serán realizados en tinta negra en papel de buena calidad. La ubicación de cada gráfica deberá indicarse, a lápiz, al margen del texto original. Los símbolos deberán especificarse en la propia gráfica.

c) Los ejes (coordenadas) de las ilustraciones deben tener una indicación clave del fenómeno que representan, así como de las unidades de medida.

d) Cada gráfica o ilustración deberá identificarse con la leyenda respectiva y contar con los datos imprescindibles para su interpretación.

e) Las tablas deben numerarse según su orden de presentación en el texto y se entregarán en hojas aparte.

f) Cada tabla debe contener un breve título que indique claramente su contenido. Las aclaraciones a las tablas deben hacerse mediante notas al pie, y se identificarán con letras minúsculas consecutivas colocadas como post-fijo superior en la cifra o valor correspondiente. Los encabezamientos de las columnas deben ser cortos o abreviados,

incluyéndose, en nota al pie, una aclaración en caso necesario. Las líneas horizontales deben reducirse al mínimo y nunca usar las verticales.

g) En cada columna se indicará claramente la medida usada, por ej., mg/g, etc. Para concentraciones no se debe usar la expresión  $\circ/o$  sino, por ej. g/100 g ó mg/100 ml. Se deben indicar con claridad todas las pruebas estadísticas usadas. Las tablas deben tener toda la información necesaria para su interpretación.

h) No debe presentarse simultáneamente el mismo material experimental en forma de tablas y gráficas.

## 6. *Discusión*

Debe ser breve y restringirse a los hechos significativos del trabajo. Es recomendable usar subtítulos en las diversas secciones del manuscrito, indicando las diferentes materias tratadas. En caso que, a juicio de los autores, la naturaleza del trabajo lo permita, puede hacerse una discusión de los resultados inmediatamente después de su expresión, bajo el título general de RESULTADOS Y DISCUSION. Lo expresado en los incisos a) a h) en la sección precedente, aplican igualmente a esta sección.

## 7. *Resumen en inglés*

Todo trabajo deberá acompañarse de un resumen en inglés, si el trabajo original fuese en español, francés o portugués. Si el trabajo es en inglés, este resumen debe presentarse en español. El título del trabajo también debe redactarse en inglés.

## 8. *Agradecimiento (si lo hubiere)*

## 9. *Citas bibliográficas y Bibliografía*

Las citas bibliográficas se indican con números arábigos en el texto, entre paréntesis y por orden de aparición, no por orden alfabético de autores.

Para la Sección *Bibliografía*, al final del trabajo, aplican las mismas normas y serán presentadas de acuerdo a los siguientes ejemplos:

### a) De revistas:

Liendo Coll, P. & J. M. Bengoa. Necesidades calóricas de la población venezolana. *Arch. Venez. Nutr.*, 5:39-50, 1954.

### b) De libros:

Gómez, P., F. Silvio & R. Gámora. *Los Aminoácidos en Alimentos*. Caracas, Ed. Futura, 1972, p. 30.

### c) De libros sin autor individual:

Asociacion of Official Agriculturas Chemist. *Official Methods of Analysis of the AOAC*. 12th ed. Washington, D. C., The Association, 1975, p. 30

d) De un artículo o capítulo de un autor (es) consignado en un libro publicado por casa editora:

Hoskins, W. G. & M. Charles. Macaroni production. En: *The Chemistry and Technology of Cereals as Food and Feed*. S. A. Matz (Ed.). Westport, Conn., The Avi Publishing Co., 1959, p. 274-320.

e) De citas de compendios:

Krebs, H.A. & K. Henseleit. Urea formation in animal body. *Z. Physiol. Chem.*, 210:33-66, 1932. (Original no consultado; compendiado en *Chem. Abst.*, 26:5624, 1923).

#### 10. Notas al pie de la página

Las notas al pie de la página deben ser reducidas al mínimo. Cuando su inclusión sea necesaria deberá indicarse su orden de aparición en el texto mediante números arábigos, consecutivos colocados como post-fijo superior. (Estas notas se redactan, debidamente identificadas, en la 2a. hoja del manuscrito, después de la identificación de los autores).

#### 11. Abreviaturas y siglas

Se deben usar las abreviaturas aceptadas internacionalmente (American Chemical Society, *Journal of Nutrition*, *British Journal of Nutrition*). En caso de utilizarse siglas poco comunes, que se repitan frecuentemente en el manuscrito, deberán indicarse completas la primera vez que se citan, seguidas de la sigla entre paréntesis. De preferencia, deberán usarse las siglas internacionales en vez de las del idioma original del artículo, por ej., DNA, RNA, PER, etc. Todas las abreviaciones y siglas se usan sin punto, g, b, m, etc.

#### 12. Nomenclaturas

Deberá usarse la nomenclatura de la Unión Internacional de Ciencias de la Nutrición (IUNS) para vitaminas y otros nutrientes. En las unidades de medición se empleará el Sistema Métrico Decimal. Para las unidades de energía se usarán caloría (Cal) o Joules (J) indiscriminadamente.

#### 13. Resultados numéricos

Al consignar números se usará el punto (.) para indicar decimales, p. ej. 35.7; 389.9, y la coma (,) para indicar miles, millones etc.

### D. SEPARATAS

A partir del primer número de la Revista para 1986 (Volumen 36), las separatas o sobretiros de los trabajos serán provistos libres de cargo, siempre que los autores cubran debidamente el costo de la publicación en sus respectivos artículos. Dichas separatas se proporcionarán al primer autor en un total de 25.

**E. CARGO POR PAGINA**

La revista es un órgano de divulgación científica sin fines de lucro y es mantenida fundamentalmente con donaciones. Sin embargo, a los efectos de contribuir con los gastos de publicación, la Asamblea General de la SLAN ha creado un cargo de US \$12.00 por página de trabajo publicado. La Oficina Editorial puede considerar una reducción por concepto de cargo por página previa solicitud expresa dirigida en ese sentido por el autor (es).



## SOCIEDAD LATINOAMERICANA DE NUTRICION (SLAN)

La Sociedad Latinoamericana de Nutrición (SLAN) fue creada el 10 de noviembre de 1965 en ocasión de celebrarse el Primer Congreso de Nutrición del Hemisferio Occidental. La actual Junta Directiva de la SLAN está constituida por los siguientes miembros:

Dr. Sergio Valiente – Presidente  
Dr. Jaime Ariza – Vicepresidente  
Srta. Betty Avila – Secretaria  
Dr. Eduardo Atalah – Tesorero  
Dr. Alfredo Lam-Sánchez – Presidente saliente – Vocal  
Dr. Cecilio Morón – Vocal  
Dr. Héctor Bourges – Vocal  
Dr. Luis Fajardo – Vocal  
Dr. José Dutra de Oliveira – Vocal  
Dra. Wilma Freire – Vocal  
Dr. Sunney D. Alexis – Vocal  
Dr. Jean-Pierre Habicht – Vocal  
(Consejo Directivo 1986-1988)

Dirección actual hasta el 31 de diciembre de 1988

Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos (INTA)  
Universidad de Chile  
Casilla de Correos 15138  
Santiago 11, Chile

## DIRECTORIO DE ARCHIVOS LATINOAMERICANOS DE NUTRICION

Integrado por miembros de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición  
Editor General: Dr. Ricardo Bressani  
Jefe, Oficina Editorial y de Publicación: Sra. Amalia G. de Ramírez  
Encargada de Asuntos Administrativos: Sra. María Eugenia de Martínez

## MIEMBROS DEL CUERPO EDITORIAL – PERIODO 1986-1988

Dr. Héctor Araya	Lic. Luis García
Dra. Julia Araya	Lic. Carolina de Godínez
Dr. Antonio Bacigalupo	Dr. Werner G. Jaffé
Lic. Adriana Blanco	Dr. Franco M. Lajolo
Dr. José Belizán	Dr. Alfredo Lam-Sánchez
Lic. Concha M. de Bosque	Dr. Reynaldo Martorell
Dr. Héctor Bourges	Dr. Leonardo Mata
Dr. Ricardo Bressani	Dr. Luis A. Mejía
Dr. Adolfo Chávez	Dra. Josefina Morales
Dr. José Félix Chávez	Dra. Nelly Pak
Dra. Rebeca Carlota De Angelis	Dra. Martha Pabón de Rozo
Dr. Hernán Delgado	Dr. Nelson de Souza
Dr. J. E. Dutra de Oliveira	Dr. Sergio Valiente
Dr. Luiz G. Elías	Dr. Emilio Vargas
Ing. Arnoldo García	Dr. Enrique Yáñez

# ARCHIVOS LATINOAMERICANOS DE NUTRICION

ORGANO OFICIAL DE LA  
SOCIEDAD LATINOAMERICANA DE NUTRICION

VOL. XXXVI

SEPTIEMBRE, 1986

No. 3

## CONTENIDO

EDITORIAL .....	369
TRABAJOS INVESTIGACION	
NUTRICION HUMANA	
Energy utilization of supplemented cereal diets in human volunteers. — <i>Abrar H. Gilani, Musadiq Asif and Saeed Ahmad Nagra</i> .....	373
Ingesta alimentaria de escolares que egresan de Educación Básica en el Area Metropolitana de Santiago, Chile. — <i>Daniza Ivanović, Marcela Aguayo, Magaly Vásquez, Irene Trufello, Digna Ballester e Isabel Zacarías</i> .....	379
BIOQUIMICA NUTRICIONAL	
Effect of dietary columbinic acid on the fatty acid composition and physical membrane properties of different tissues of EFA-deficient rats. — <i>Elisabet C. Mandon, Irma N. T. de Gómez Dummi y Rodolfo R. Brenner</i> .....	401
Efecto de la calidad y cantidad de proteína dietaria en la tasa de depleción de vitamina A, y disponibilidad biológica de precursores de vitamina A. — <i>Arlene Wolzak y Ricardo Bressani</i> .....	415
Efectos toxicológicos producidos por la ingesta crónica de aceites vegetales bromados. — <i>Claudio Bernal, María Z. Basílico y Yolanda B. Lombardo</i> .....	432
Nivel proteínico dietario durante la gestación. Su influencia sobre el reparto materno-fetal de sustratos. — <i>Ascención Marcos, Pilar Varela, María Teresa Unzaga, Emilia Muñoz Martínez, Berta Jiménez-Gancedo y Gregorio Varela</i> .....	443
CIENCIAS DE ALIMENTOS	
Composición química y valor biológico de tortillas y pan producidos a nivel industrial en Costa Rica. — <i>Emilio Vargas, Roberto Muñoz y Jesús Gómez</i> .....	456
Amino acid composition of some <i>Amaranthus</i> sp. grain proteins and of its fractions. — <i>Angelita Duarte Correa, Lieselotte Jöhl and Rolf Carlsson</i> .....	466
Contenido de sodio y potasio de algunos vegetales frescos, congelados y enlatados. — <i>María Teresa Zuccarelli y Leyla Faraj</i> .....	477
Estudo no concentrado proteico da folha de mandioca. Obtenção, análises químicas e suplementação com aminoácidos. — <i>Jocelem Mastrodi Salgado e Awany Correa Santos</i> .....	483
Influencia de los procesos de cocción y desecación a distinta temperatura sobre el valor nutritivo de la proteína del mejillón ( <i>Mytilus edulis</i> ). — <i>María Lourdes Lema, María del Pilar Navarro, Francisco José Mataix y Gregorio Varela</i> .....	495
TECNOLOGIA DE ALIMENTOS	
Descascarado de sorgo por vía seca: Métodos continuo y discontinuo. — <i>Rubén R. Gutiérrez y Marta H. Gómez</i> .....	505
Procesamiento y evaluación de ensilado de pescado a partir de la fauna de acompañamiento del camarón. — <i>Efrem Córdova y Rafael Bello</i> .....	522
EDUCACION NUTRICIONAL	
Food and nutrition knowledge in Chilean High School graduates. — <i>Daniza Ivanović, María de la Luz Alvarez, Irene Trufello, Marcela Aguayo, Enrique Yáñez e Isabel Zacarías</i> .....	536
NUEVOS LIBROS .....	551
NOTAS .....	553
CONTENIDO DE LA REVISTA TURRIALBA, Vol. 35, No. 4, 1985 .....	555
INFORMACION PARA LOS AUTORES .....	557